

# LES ANNALES DES TRAVAUX PUBLICS.

LES ANNALES DES TRAVAUX PUBLICS.  
REVUE UNIVERSELLE  
de  
L'OUTILLAGE DES TRAVAUX PUBLICS  
et des  
PROCÉDÉS DU GÉNIE CIVIL.  
Paraissent le 10 de chaque mois.



3<sup>e</sup> ANNÉE  
1<sup>re</sup> SÉRIE

1885

ABONNEMENT.

Paris 20<sup>f</sup>.  
Départements 24.  
Etranger 28.

Les Abonnements partent du 1<sup>er</sup> Janvier.

ABONNEMENT.

Paris 20<sup>f</sup>.  
Départements 24.  
Etranger 28.

A PARIS : Rue Le Peletier, N<sup>o</sup> 35.

**L. SAUTTER-LEMONNIER & C<sup>IE</sup>**  
 26, Avenue de Suffren, à Paris.

**Eclairage électrique** des chantiers de **Travaux publics.**  
**Compression d'air** (système Colladon) dispositions pour **Travaux publics.**  
**Treuil-grues** (système Mégy Echeverria Bazan) pour **Travaux publics**  
 (Les seuls ayant obtenu la médaille d'or à l'Exposition universelle de 1878)

**Moteurs hydrauliques,** à grande vitesse. Déchargement et **Travaux publics.**

Récompenses obtenues à l'Exposition universelle de 1878 :  
 2 médailles d'or  
 2 médailles d'argent.

**COMPAGNIE DU FER GALVANISÉ DE BIRKENHEAD**  
 BIRKENHEAD (ANGLETERRE)

Tôles ondulées galvanisées — Toitures en fer galvanisé



Magasin à foin et à blé, étables, écuries, halles, remises hangars de chemins de fer, quais de chargement, marchés couverts, chantiers, entrepôts, docks, etc. etc.

**COUVERTURES PRÉPARÉES SUR PLANS**  
 Réservoirs à liquides, galvanisés ou peints, ponts de chemins de fer, routes, canaux et passerelles.  
 Clôtures et haies en fer grillages, seaux d'usines.  
 Fourniture de tous objets galvanisés

**W. A. PARKS et C<sup>ie</sup>, 5, Bd Voltaire, PARIS**

**CORDÈRIE CENTRALE**  
 19, BOULEVARD DE SÉBASTOPOL, PARIS  
 Cordages blancs et goudronnés, torches résineuses.

**USINES MÉTALLURGIQUES DE MARQUISE**




Mines, Hauts-Fourneaux, Forges, Fonderies  
**ATELIERS DE CONSTRUCTION**  
**LEBLANC, GEORGI et C<sup>ie</sup>**  
 Paris — 52, rue du Rendez-Vous — Paris

Grands travaux publics. — Matériel de chemins de fer. — Tuyaux en fonte. — Fontes moulées. — Fontes de bâtiment et d'ornement — Grues. — Plaques tournantes. — Cuvelages en fonte pour les mines. — Ponts en fonte. — Coussinets, etc. — Spécialité de matériel pour usines à gaz.

Production journalière des usines :  
 150,000 kilogrammes.

**ATELIERS DE CONSTRUCTION DE MACHINES ET DE CHAUDRONNERIE**  
**JULES LEBLANC ET C<sup>ie</sup>**  
 52, rue du Rendez-Vous, Paris.

Machines et chaudières à vapeur. — Ponts et charpentes en fer. — Travaux métalliques. — Pompes pour les villes. — Affûts de canons. — Appareils pour sucrerie. — Grues. — Treuils. — Mécanique générale.

MAISON FONDÉE EN 1857 **A. SUC** 110 MÉDAILLES ET RÉCOMPENSES  
 INGÉNIEUR CONSTRUCTEUR  
 30, BOULEVARD DE LA VILLETTE, PARIS

**CONSTRUCTION GÉNÉRALE**  
 DES MACHINES, APPAREILS ET ENJINS SERVANT A LA MANUTENTION DES FARDEAUX ET DES MARCHANDISES

**GRUES ET APPAREILS DE TRAVAIL**  
 Treuils-appareils portatifs. Monte-charge à bras et à vapeur. Grues fixes ou mobiles sur le sol ou sur rails. Grues à pont roulant. Grues spéciales pour les caves et chais. Grues et monte-charge de magasins. Grues de déchargement pour quais et cales, etc.

**INSTRUMENTS DE PESAGE PERFECTIONNÉS**  
 Bascules portatives tout en fer. Bascules romaines métalliques. Poutres à bascule pour voitures et wagons. Bascules à charrettes et à bestiaux. Bascules spéciales sur commande, etc.

**MATÉRIEL D'ENTREPRENEURS ET DIVERS**  
 Locomotives. Voies diverses fixes et portatives. Wagons de terrassement et autres. Wagons à bariller les pierres. Plans inclinés à bras, à manège ou à vapeur. Malaxeurs, bétonnières, pompes, crues, verins, pelles, pioches, chariots à main et autres. Véhicules automobiles (système Vaucler). Hélices à sacs, charrettes, diables, bicyclettes, brouteuses en bois et en fer.

**MATÉRIEL COMPLET DE CHEMINS DE FER**  
 Voies de fer de toutes forces pour grandes moyennes et petites lignes, voie fixe et portative pour travaux publics, usines, exploitations agricoles, magasins, caves, parcs, etc. Wagons à caisse équilibrée en tôle, versant indifféremment des quatre côtés. Wagons en bois et en fer. Wagons plates-formes. Wagons spéciaux pour l'agriculture, chais, caves, etc. Chariots roulants. Arrivages et croisements de voie. Plaques tournantes, chariots transbordeurs, etc.

**LOCOMOTIVES ÉLECTRIQUES**  
 Système G. Dupuy, brevetées S. G. D. G.

**TRAMWAYS** pour toutes largeurs de voie et pour tous services : villes, routes, promenades, parcs, villes d'eau, etc., marchant par chevaux, vapeur ou électricité.

NOTA. — Le levage à onie à l'huile du Jardin d'acclimatation et du Bois de Boulogne à Paris, ainsi que les tramways électriques des Expositions d'Amsterdam et de l'An ont été construits dans les ateliers de la Maison A. SUC.

20 MÉDAILLES D'OR ET TOUS LES PREMIERS PRIX DANS L'EXPOSITION DEPUIS 1855. MÉDAILLE D'OR ET LEÇON D'HONNEUR À L'EXPOSITION UNIVERSELLE DE 1878.

**PORTEUR DECAUVILLE** SERVICE DÉTAILLÉ

TRANSPORT CHEMIN DE FER PORTATIF 20 MINUTES

CONSTRUIT DANS LES ATELIERS DECAUVILLE-ANNE PETIT-BOURG

CONSTRUIT DANS TOUT LES PAYS DU MONDE VOIR LA LISTE DES CLIENTS SUR LE PROSPECTUS ENVOYÉ FRANCO SUR DEMANDE

1870. GRAND PRIX, 2 méd. Or, 2 méd. Argent, 2 Bronze  
 Vienne, Philadelphie Londres, etc.



6, RUE DE PARADIS-POISSONNIÈRE  
 ENTREPOT, 63 BOULEVARD BESSIÈRES

Fournisseurs des Villes de Paris, Versailles, Blois, Rouen, etc. VYVAUX, RIVERS, PRUNOIRS, COUVERTS-HYDRAULIQUES, ETC.

**PORTLAND DE MOUTOT**  
 Par NOUVEAU-SUR-SÈREIN (YONNE)  
**DAVID et PAILLOT, propriétaires**  
 (Médailles d'or et d'argent)

Ce ciment est autorisé par le Service municipal de la ville de Paris les Ponts et Chaussées, le Génie militaire, les Chemins de fer, etc.

**M. A. VALLET, seul entrepositaire**  
 22, Boulevard Saint-Marcel, Paris.

Messieurs les Souscripteurs

DES

# ANNALES DES TRAVAUX PUBLICS

Sont instamment priés de vouloir bien envoyer d'urgence en un mandat sur la poste

## LE RENOUVELLEMENT DE LEUR ABONNEMENT

Afin qu'il n'y ait pas de retard dans le service ni de lacune dans leurs Collections

---

*Il existe des Collections brochées des cinq années déjà parues*

La Collection brochée de chaque année coûte 26 francs, franco

---

# JOURNAL DES TRAVAUX PUBLICS

BULLETIN OFFICIEL

DES

## ADJUDICATIONS ADMINISTRATIVES

EN VERTU DES CIRCULAIRES

Du Ministère des Travaux Publics, du 7 Novembre 1882; — du Ministère de l'Agriculture du 10 Décembre 1882;  
du Ministère de la Guerre, du 11 Avril 1883; — du Ministère de l'Intérieur, du 21 Mai 1883.

Le Journal paraît le Jeudi et le Dimanche. — BUREAUX : 35, rue Le Peletier, à Paris

Prix : UN AN, Paris, 20 fr. — Départements, 21 fr. — Etranger, 30 fr.

---

## ÉTUDES DÉFINITIVES D'UNE VOIE FERRÉE ENTRE DEUX POINTS DONNÉS

PAR J. DUBUISSON

ANCIEN ÉLÈVE DE L'ÉCOLE CENTRALE, MEMBRE DE LA SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS DE FRANCE, ETC

Notre collaborateur J. Dubuisson, ancien élève de l'École centrale, auteur des *Regains scientifiques*, a réuni en un volume, qui comprend trois livraisons, les articles autrefois publiés par les *Annales des Travaux Publics*, sous le titre : *d'Études définitives d'une voie ferrée entre deux points donnés*. Cet ouvrage, utile aux agents de tous grades chargés de la construction des chemins de fer, constitue un traité inédit rempli de renseignements pratiques présentés sous forme simple et élémentaire.

Prix de l'ouvrage complet : 15 francs

Les demandes doivent être adressées à M. P. Simonnet, dessinateur principal aux chemins de fer P.-L.-M.  
22, passage Legendre, à Paris.

# Les Annales des Travaux Publics

REVUE UNIVERSELLE DE L'OUTILLAGE DES TRAVAUX PUBLICS ET DES PROCÉDÉS DU GÉNIE CIVIL

Paraissant du 1<sup>er</sup> au 10 de chaque mois

L'ABONNEMENT D'UN AN

Paris . . . . . 20 fr.  
Départements . . . . . 24 fr.  
Étranger . . . . . 28 fr.

Publiées par le JOURNAL DES TRAVAUX PUBLICS

35, RUE LE PELETIER, A PARIS

L'ANNONCE D'UN AN

Une page entière . . . . . 1000 fr.  
Une demi-page . . . . . 500 fr.  
Un quart de page . . . . . 300 fr.

Les abonnements sont reçus à Paris au bureau du Journal des Travaux Publics, 35, rue Le Peletier, et, dans les départements, chez tous les libraires.

N° 61

Janvier 1885

6<sup>e</sup> Année

## SOMMAIRE

ÉTUDES DIVERSES. — Aperçus sur l'état actuel de la tachéométrie (suite et fin, 1 fig.). — Construction des réservoirs d'eau couverts (suite et fin, pl. CXXI). — Excavateur à deux éliindes (pl. CXXII). — Détermination précise de la stabilité des murs de soutènement et de la poussée des terres (suite, 2 fig.). — Siphon d'irrigation (7 fig.). — Outillage des travaux publics : Percement des galeries souterraines par un perforateur mu par l'électricité.

CHRONIQUE FRANÇAISE. — Les nouveaux pavages. — Application de l'électricité comme agent calorifique.

CHRONIQUE ÉTRANGÈRE. — Construction des tunnels de la ligne de Pontebba (2 fig.). — Détails sur la construction des piles du viaduc de Forth. — Passages inférieurs pour voie ferrée (3 fig.). — Installation d'un chemin de fer funiculaire à la Superga. — Nouveau système de barrages mobiles en Amérique (3 fig.). — Progrès réalisés dans l'exécution de travaux de mines en Autriche. — De l'emploi du ciment ou du mortier de ciment et de chaux. — Les chemins de fer en Amérique.

CORRESPONDANCE. — Treuil mu par l'électricité.

BIBLIOGRAPHIE. — Ouvrages relatifs à la construction des chemins de fer.

## Aperçus sur l'état actuel de la tachéométrie

(Suite et fin.)

Dans sa séance du 3 octobre 1884, la Société des ingénieurs civils recevait, à Paris, communication d'un mémoire dû à M. Meyer, sur les méthodes de levé de plans et de nivellement au moyen de la stadia topographique. Ce mémoire détaille ce que nous n'avons fait qu'effleurer ici, et nous y renverrons les lecteurs ; d'ailleurs tous ces développements ne changent rien à l'esprit général du système et si nous nous arrêtons un instant sur cet incident, c'est surtout pour mettre en évidence le fait ci-après, à savoir : que la méthode de Wild a été perfectionnée et que la France ne s'est pas laissée dépasser sur ce terrain ; c'est pour dire un mot du dernier instrument qui résume la stadia topographique, la planchette et le tachéomètre et se présente sous le nom de Tachymétopgraphe Tixidre (du nom de son inventeur, ingénieur-géomètre à Sainte-Florine (Haute-Loire).

### VARIÉTÉS DU TACHÉOMÈTRE

En dehors du tachéomètre de Moinot, plus connu sous le nom de tachéomètre Richer, du tachéomètre Rabusseau, du tachéomètre Secrétan et autres analogues, il existe encore divers instruments dont nous ne ferons qu'une simple mention, par exemple : le tachéomètre Barthaud, l'intégrateur des hauteurs et distances de J. Damotlin, le tachéomètre enregistreur de Haed, celui du docteur Cusco, le niveau du professeur Stampfer, etc., etc.

Nous citons seulement ces instruments qui ont eu ou ont plus ou moins d'applications, nous contentant, par cette nomenclature, de rappeler aux opérateurs qu'ils auront à faire un choix,

suivant les circonstances, entre ces types dont l'abondance est le moindre défaut.

Le point capital nous semble donc résumé en ceci : Dans l'état actuel de la science, les méthodes primitives, pénibles et d'un emploi exigeant beaucoup de temps, peuvent être, d'une manière générale, remplacées par les méthodes progressives qui, basées toutes sur l'application de la trigonométrie au lever des plans cotés, ne diffèrent que par ce fait, à savoir : que les unes s'appuient sur des lectures d'angles, quand les autres s'appuient sur des lectures de déclivités ou de différences de déclivités.

Aussi sans insister davantage sur tous ces essais, sur ces trophées qui décorent le vestibule, nous arrêterons-nous au point en lumière, au terme qui résume tous les autres, à l'objet en vedette sur l'horizon, c'est-à-dire au tachymétopgraphe actuel.

### TACHYMÉTOGRAPHE TIXIDRE

Le croquis ci-contre (fig. 34) donne l'idée de cette dernière conception ; c'est la combinaison du tachéomètre et de la planchette réunis, une véritable machine, dans la force du terme, une machine à lever mécaniquement des plans cotés.

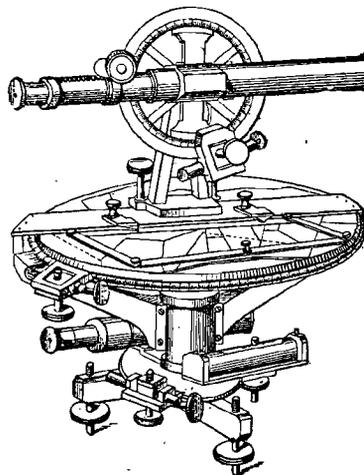


Fig. 34.

Comme le tachéomètre, le tachymétopgraphe donne les distances, il permet de mesurer les angles horizontaux et verticaux et par suite de rapporter un point comme direction, éloignement et altitude.

Ainsi que la planchette, il permet de dessiner directement le croquis du lever.

Le rapport de la distance s'obtient presque automatiquement, à l'aide du parallélogramme articulé qui accompagne l'alidade. Le dessin se fait sur toile à calquer et à l'encre.

Le rapport du plan se fait directement ou par décalque. En tout cas le rapport peut être vérifié par le croquis primitif.

L'emploi de cet instrument amène à suivre pas à pas le lever assure l'observation des détails.

C'est ainsi la méthode de Wild perfectionnée d'une part; autre part c'est la tachéométrie débarrassée de l'orientation des points en fait de planimétrie.

Le plateau de l'instrument n'ayant que 0<sup>m</sup>,30 de diamètre nécessite, pour un plan assez long, de nombreuses stations, car à l'échelle de  $\frac{1}{2,000}$  on ne peut guère lever plus de 400 mètres de longueur, ce qui nécessite au moins 5 stations pour 2 kilomètres.

Pour du parcellaire on ne lèvera guère que 200 mètres et il faudra 5 stations par kilomètre. En augmentant les dimensions du plateau, on pourrait arriver à réduire les stations à 2 par kilomètre de plan d'études et 4 par kilomètre de parcellaire.

Cet appareil résumant en somme tous les autres, c'est vers son application et son perfectionnement que doivent se porter les efforts du présent.

La seule maison autorisée à vendre le tachymétoprographe est la maison Morin, rue Boursault, 3, à Paris, où l'on peut prendre tous les renseignements désirables, voir et essayer l'instrument.

L'inventeur a d'ailleurs émis une série de prix relative aux opérations exécutées par ce système et dans laquelle nous relevons les indications ci-après :

« Plan coté pour études de chemins de fer, sur une zone de 500 à 600 mètres (moyenne 500), rapporté à  $\frac{1}{2,000}$ , le kilomètre 50 francs.

« Plan parcellaire, pour chemin de fer, levé sur une zone de 500 mètres en terrain ordinaire et de 100 mètres dans les agglomérations de bâtiments, dessiné sur papier vergé, collé sur toile, écritures soignées, échelle de  $\frac{1}{2,000}$ , le kilomètre 95 francs.

Ces prix, comme prix d'entreprise et par le temps actuel, sont recommandables par leur bon marché que le dit ingénieur attribue d'ailleurs à l'invention et à l'emploi de sa méthode.

#### PRIX DE REVIENT D'UN PLAN COTÉ D'ÉTUDES PAR LA MÉTHODE TACHÉOMETRIQUE DIRECTE

Des renseignements circonstanciés nous permettent d'établir le prix de revient, d'après des études faites dernièrement, dans les chemins de fer PLM, par l'un des opérateurs les plus distingués de cette Compagnie, véritable ingénieur de l'avenir, professeur en la matière, sachant, même avec un personnel totalement étranger de prime abord à la méthode, diriger et mener en peu de temps un travail important et le livrer tellement achevé qu'à la suite il n'y ait place que pour des opérations secondaires de décalque et de présentation.

Le lever sur le terrain variait, comme largeur, de 300 à 800 mètres, embrassant sensiblement une zone moyenne de 500 mètres et s'appliquant sur une longueur de 58 kilomètres environ.

La brigade chargée des opérations se composait de trois agents et de quatre ou cinq ouvriers, comprenant un chef de brigade et deux opérateurs, l'un à l'instrument, l'autre au carnet; ces deux agents intervertissaient leurs fonctions une fois ou deux dans la journée, un manœuvre pour le transport de l'instrument et trois ou quatre porte-mire.

Le lever a duré 85 jours, mais en raison du temps perdu pour diverses causes (déplacements, chômages dus aux mauvais temps, etc.), le travail effectif se réduit à 73 journées. La dépense pour ces 73 journées, ayant été de 4,700 francs pour les 58 kilomètres, revient à  $\frac{4,700}{58}$  soit à 80 francs en chiffres ronds par kilomètre levé.

Le rapport du plan comprenait 1° le calcul des feuilles de triangulation pour le rapport de la polygonale par la méthode des coordonnées rectangulaires, 2° le calcul des carnets de tachéométrie, 3° le rapport des détails à l'échelle de  $\frac{1}{2,000}$ .

Ce travail a coûté 2,000 francs et par kilomètre  $\frac{2,000}{58}$  ou 35 francs en chiffres ronds.

Ces deux éléments donnent en somme 115 francs pour prix de revient du kilomètre levé et rapporté, soit 35 francs de moins que par la méthode Tixidre, d'après la série de prix émise par cet ingénieur, mais comme ils dépendent beaucoup du traitement fixe des agents chargés du travail sur le terrain et au bureau, et peuvent le plus souvent s'élever à un chiffre plus considérable, on peut conclure qu'il ne saurait y avoir grande différence entre les prix de revient des deux systèmes, étant donné qu'il faut tenir compte tant du bénéfice légal qu'un entrepreneur d'études doit retirer de ses opérations que du taux élevé par lequel il intéresse à sa tâche son personnel d'aides et de collaborateurs.

#### OBJECTIONS A L'EMPLOI DU TACHÉOMÈTRE

1° *Prix des instruments.* — On reproche au tachéomètre de coûter très cher. C'est même cette cause qui semble être un obstacle à sa vogue. Les Compagnies de chemins de fer hésitent à en acheter, et si par hasard il s'en trouve un dans un service, on le fait voyager d'un bout à l'autre du réseau et en peu de temps on n'a plus en main qu'un outil détraqué qui ne mérite plus de nom, ni d'usage et dégoûte les opérateurs auxquels on l'envoie, en leur demandant le travail que l'on pourrait attendre d'eux avec un instrument sérieux.

D'autre part les agents ne peuvent se monter à leurs frais; s'il ne s'agissait encore que de faire un sacrifice de 250 à 300 francs, comme pour avoir un vrai niveau, nombre d'opérateurs n'hésiteraient pas à se munir d'un instrument à eux appartenant, plutôt que de recourir aux pacotilles officielles, achetées généralement par des personnes qui n'ont pas la moindre pratique en la matière et prennent un instrument pour bon, sur l'état de sa boîte, l'éclat de son vernissage et autres considérations malheureuses pour la question.

Or, les bons tachéomètres ne coûtent pas moins de 1,000 francs, mais il est certain que les appareils proposés pour les remplacer (clitographes et théodolites) coûteraient tout autant. Les clitographes à deux échelles (maison Lefebvre) sont cotés 1,000 francs au moins, les théodolites sont, un peu partout, cotés de 300 à 1,000 francs. Le prix du clitographe Sanguet est de 950 francs et un théodolite approprié à la méthode Kazimirski, avec application de la constante (système H. Bonnamy) ne coûterait pas moins que tout tachéomètre; le tachymétoprographe Tixidre, avec les accessoires nécessaires, vaut également 1,000 francs; l'alidade nivellatrice à cercle entier et planchette grand-modèle revient à 600 francs, d'après le catalogue de la maison Kern; c'est un peu moins cher, il est vrai, mais en somme l'objection faite au prix du tachéomètre n'a pas de valeur absolue.

2° *Complications du travail de bureau.* — On reproche en deuxième lieu au tachéomètre d'exiger un travail de bureau trop compliqué; mais, d'abord, les opérations relatives à l'orientation des points en plan sont analogues, avec tous les instruments de planimétrie à rapport non direct, ensuite les calculs de nivellement résolus arithmétiquement, en effectuant les produits des distances par les déclivités, ne sont ni rapides, ni intéressants; aussi il y a à penser que les prétendues difficultés du calcul tachéométrique reposent sur la peur du sinus carré; c'est à tous les auteurs qui écrivent sur ce sujet, que revient le soin de dissiper ces alarmes.

« Le travail de bureau dont on se plaint est loin d'être aussi long qu'on le croit généralement » dit P. Bœuf dans sa petite brochure qui, en 40 pages de moins de 30 lignes en gros caractères et sous petit format, donne aux débutants les notions suffisantes pour comprendre l'instrument, la manière de s'en servir, les moyens de tenir le carnet, enfin de calculer les résultats des observations.

Le manuel de l'opérateur au tachéomètre par H. Bonnamy, venant à la rescousse avec de nouveaux procédés de réglages et de vérifications, mettra également au courant tous les agents

désireux de s'instruire et que la crainte du fantôme n'arrêtera plus.

D'ailleurs tout porte à croire qu'en dehors de la rareté des instruments, rareté due à l'élévation de leur prix, si le tachéomètre ne s'est localisé, au dire de M. Kazimirski, que dans quelques équipes d'opérateurs spécialistes et dévoués, c'est que les initiés ont, en général, trop gardé leur science pour eux.

C'est un tort assurément! Aujourd'hui, en tout et pour tout, du haut en bas de la famille des travailleurs, en conception comme en exécution, en théorie comme en pratique, l'instruction de chacun par tous et de tous par chacun est la loi qui, seule, renferme le progrès et doit régner sans conteste dans le présent, pour assurer le bénéfice de l'avenir.

#### CONCLUSIONS

Maintenant que ces torts sont et seront largement réparés par les travaux que nous citons et par l'impulsion que les études faites en ces dernières années ont donné à l'emploi du tachéomètre, il n'y a plus lieu de s'inquiéter de la destinée de cet instrument; M. Kazimirski croit qu'il a fait son temps, nous pensons au contraire que son règne commence; il est en effet un instrument qui gagnera toujours à la comparaison avec les anciens systèmes, soit par lui-même, soit par ses congénères, notamment par le tachymétophore Tixidre, perfectionné au besoin.

Le jour n'est pas venu où les clinographes pourront lutter pour l'approximation; la question de prix ne pouvant non plus amener une différence, le tachéomètre reste seul en scène comme le type de la précision et de la généralité.

Nous disons généralité, en pensant au tachéomètre universel préconisé par H. Bonnaini et avec lequel, suivant la valeur donnée à la constante, on peut obtenir entre autres rapports ceux à  $\frac{1}{40}$ ,  $\frac{1}{200}$ ,  $\frac{1}{10}$  et  $\frac{1}{50}$ , le 1<sup>er</sup> convenant aux études longues et à large zone, le 2<sup>me</sup> aux études ordinaires, le 3<sup>me</sup> aux parcellaires, le 4<sup>me</sup> au lever de détails. C'est réaliser ainsi en un seul objet toutes les applications que l'on peut tirer de la trigonométrie de position utilisée au lever des plans cotés, quelles que soient leur étendue, leur importance et leur destination.

Qui empêchera d'appliquer également l'appareil de la constante à l'alidade nivelatrice et à la planchette qui semblait, en raison des méthodes nouvelles, reléguée à jamais dans les archives de l'histoire, de l'appliquer enfin au tachymétophore Tixidre, ce dernier terme de l'actualité et de constituer ainsi une vraie machine à fabriquer des plans sur place, tout un système qui eût surpris et même effrayé les opérateurs d'autrefois.

Sans doute, et en parlant à un point de vue essentiellement pratique, il ne faut pas abuser de ces perfectionnements, et il ne convient pas d'en faire usage à tort et à travers; il est inutile et il serait ridicule de mettre sur pied un tachéomètre, voire même un tachymétophore, pour relever un plan coté de quelques ares de superficie, pour l'étude d'un aqueduc de 0<sup>m</sup>,30 d'ouverture ou d'une rigole d'arrosage ou d'assainissement, alors que quelques jalonnets, quelques coups d'équerre, de chaîne et de niveau d'eau peuvent suffire pour ces travaux de détail, sans qu'il y ait à chercher une mise en scène plus compliquée. Pour les grandes opérations topographiques, c'est tout le contraire; aussi avons-nous été surpris de voir dans un des numéros du *Génie Civil* (30 août 1884) préconiser longuement l'emploi de la chaîne avec tout un canevas de transversales et la notation de leurs intersections formant un réseau de vérifications réciproques.

Si la chaîne est un instrument peu coûteux, quelle dépense de temps n'entraîne-t-elle pas tant sur le terrain que pour le rapport au bureau? Aussi faut-il ne l'appliquer qu'à des opérations de très peu d'étendue, mais pour les grandes études, et surtout dans les sols accidentés, la place appartient et sans conteste au tachéomètre et à ses congénères, et cette considération que le *Génie Civil* admet sous forme d'un simple conseil

final, aurait dû tenir le premier rang et faire reléguer la chaîne au rôle qui lui convient, rôle secondaire même dans sa réelle utilité.

L'avenir des études d'importance appartient exclusivement à la tachéométrie. Déjà Claudel indiquait cette méthode comme devant être employée avec succès aux opérations cadastrales, avec économie notable de temps et d'argent (introduction à la science de l'ingénieur, page 787) et notait parmi les avantages de cet emploi le nivellement général du terrain obtenu du même coup.

Si le remaniement du cadastre qui, de plus en plus, s'impose à notre époque, vient à l'ordre du jour dans les affaires du pays, c'est alors que la tachéométrie, appliquée ou non à la planchette, sera toujours appelée à donner une confirmation éclatante de sa supériorité et peut-être même cette preuve ne sera-t-elle plus nécessaire aux yeux du Peuple des Travaux, déjà familiarisé avec la connaissance du tachéomètre, de ses dérivés et de leurs applications, et conscient des résultats de leur emploi.

## Construction de réservoirs d'eau couverts en Angleterre, en Allemagne et dans les autres pays

(SUITE ET FIN)

### Planche CXXI

La fig. 41 représente la section longitudinale du réservoir de Darmstadt qui est construit en briques et dont les fondations seules se trouvent au-dessous du niveau du sol. Ce réservoir est divisé comme celui de Munich en deux compartiments ayant chacun 24 mètres de largeur, 21<sup>m</sup>,00 de longueur et 3<sup>m</sup>,90 de hauteur. Le radier se compose d'une couche de béton de 0<sup>m</sup>,50 d'épaisseur sur laquelle se trouve un revêtement en briques de 0<sup>m</sup>,225 d'épaisseur, dont la surface est enduite avec du mortier de ciment. Les murs latéraux ont à la base 2<sup>m</sup>,40 d'épaisseur et au sommet 1<sup>m</sup>,20. Les piliers intérieurs qui supportent les voûtes ont une largeur de 1<sup>m</sup>,95 et une épaisseur de 0<sup>m</sup>,625; les voûtes ont une portée de 4<sup>m</sup>,275, et un rayon de 3<sup>m</sup>,30; elles sont en plein cintre; la naissance est à 3<sup>m</sup>,50 au-dessus du radier. Le mur de séparation des deux compartiments a une épaisseur de 1<sup>m</sup>,95 et les reins des voûtes sont remplis de béton. Le réservoir est recouvert d'un remblai en terre de 1 mètre d'épaisseur et taluté à raison de 1 mètre 1/2 de base sur 1 mètre de hauteur. Les tuyaux d'adduction des eaux sont placés à la partie supérieure du réservoir. L'eau sort du réservoir par des vannes qui se manœuvrent automatiquement. Le flotteur qui indique le niveau de l'eau est relié par un fil électrique au bâtiment des pompes. On a installé aussi un téléphone entre ce bâtiment et le réservoir.

La capacité de ce réservoir est de 900,000 gallons (4,036<sup>m</sup>³).

Les réservoirs construits dans les principales villes d'Allemagne, Cologne, Dresde, etc., etc., ressemblent beaucoup à ceux dont nous avons donné la description.

Celui de Cologne est plutôt un château-d'eau. Le réservoir métallique est placé sur une tour en maçonnerie.

La fig. 42 donne la coupe longitudinale du réservoir construit sur le Lindener-Berg à Hanovre. Ce réservoir se trouve au-dessus du sol naturel; ses fondations seules sont en déblai et reposent sur un terrain calcaire compacte. Le réservoir est complètement découvert; le transport des terres pour remblais aurait été trop coûteux.

Du reste, les remblais présentent un inconvénient, c'est de cacher les murs et de rendre bien difficile la recherche des fissures qui peuvent se produire dans ces derniers. Ce réservoir est divisé en deux compartiments ayant chacun 31<sup>m</sup>,80 de longueur sur 29<sup>m</sup>,40 de largeur; la hauteur d'eau est de 5<sup>m</sup>,85; la capacité de 2,400,000 gallons (11,000<sup>m</sup>³). Les murs ont été construits avec des briques très cuites posées dans du mortier de ciment. Les murs latéraux ont en coupe la forme d'un trapèze; ils sont consolidés par des contreforts, la surface intérieure

st verticale; ils mesurent à la base 4<sup>m</sup>,437 d'épaisseur et au sommet, c'est-à-dire au niveau des naissances des voûtes et de la surface de l'eau, 2<sup>m</sup>,15. Le mur de séparation des deux compartiments est à parois verticales; il est renforcé par des piliers et a une épaisseur de 2<sup>m</sup>,85. Les parois intérieures des murs sont enduites de ciment de Portland. Le radier se compose d'une couche de béton de 0<sup>m</sup>,975 à 1<sup>m</sup>,35 d'épaisseur sur laquelle reposent les piliers qui supportent les voûtes du plafond. Ces piliers mesurent 1<sup>m</sup>,35 de longueur sur 0<sup>m</sup>,750 de largeur, et ont une hauteur de 7<sup>m</sup>,50; ils sont distants les uns des autres de 4<sup>m</sup>,80 d'axe en axe et divisent le réservoir dans le sens de la largeur en six parties égales; dans le sens de la longueur les piliers sont distants de 4<sup>m</sup>,50, de sorte que chaque compartiment est recouvert par sept voûtes ayant une portée de 3<sup>m</sup>,60 et ne flèche de 0<sup>m</sup>,975. L'extrados des voûtes est recouvert d'une maçonnerie de briques posée dans du ciment; par dessus on a posé une couche de sable de 0<sup>m</sup>,975 d'épaisseur, recouverte elle-même de gazon. Les eaux d'infiltration sont conduites dans le réservoir par des drains.

La hauteur totale du réservoir au dessus du niveau du sol naturel est de 9 mètres.

La maçonnerie de briques qui se trouve au dessus du voûtage est construit avec du ciment romain. Ce réservoir est pourvu de quatorze cheminées de ventilation.

Après avoir passé en revue les principaux réservoirs construits en Angleterre et en Allemagne, l'auteur de cette étude, L. Morris, donne la description d'un projet de réservoir couvert établi en mettant à profit les indications qui résultent de son étude.

Les figures 43, 44 et 45 représentent le plan et les coupes longitudinale et transversale de cet ouvrage type qui doit être construit autant que possible sur un terrain horizontal, ferme et homogène. Ce réservoir mesure 30 mètres de côté, il a une hauteur maxima de 5<sup>m</sup>,40 et une capacité de 1 million de gallons, soit 4,500<sup>m</sup>³ environ.

Les terres provenant des fouilles seraient employées comme remblai. La profondeur de ces fouilles dépendra du talus donné au remblai. Ce talus devra être de 2 mètres 1/2 de base pour un mètre de hauteur. En suivant ces prescriptions, on trouve d'une fouille de 3<sup>m</sup>,30 de profondeur fournira assez de terre pour former un remblai de 3<sup>m</sup>,90 au dessus du sol naturel, y compris une couche de terre de 0<sup>m</sup>,60 servant à couvrir le plafond du réservoir.

Pour la partie inférieure de la construction, l'auteur adopte le système employé pour le réservoir de Munich.

Les travaux se feront dans l'ordre suivant: on commencera par creuser des tranchées de 2<sup>m</sup>,10 de largeur et 3<sup>m</sup>,30 de profondeur pour y construire les murs extérieurs. C'est-à-dire ceux qui sont parallèles au voûtage et les murs latéraux et ceux perpendiculaires à ce voûtage. On étendra dans le fond des tranchées une couche de béton de 0<sup>m</sup>,45 d'épaisseur sur laquelle on construira les murs en béton de 1<sup>m</sup>,20 d'épaisseur et de 2<sup>m</sup>,25 de hauteur; pour cela on établira une cloison en charpente du côté du réservoir et on pilonnera le béton dans l'espace compris entre cette cloison et la fouille. On procédera de la même façon pour la construction des murs extrêmes ou latéraux, avec cette seule différence que, dans la face interne de ces murs, on devra ménager six baies ou échancrures curvilignes d'un rayon de 3<sup>m</sup>,45. Lorsque le béton aura fait prise, on enlèvera la cloison en charpente qui aura servi à le mouler et on enduira la surface du mur avec du ciment du Portland jeté à la truelle et lissé: sur cette surface lisse, on posera enfin un enduit en ciment pur auquel on donnera un poli parfait.

Si le sol est ferme, on n'aura pas besoin de construire de fondation spéciale pour les murs; ces derniers seront assez solides pour résister à l'action des pressions intérieures, mais dans tous les cas on aura soin de ne pas charger les murs extérieurs en construisant prématurément le remblai. Les murs un fois terminés on passera à la construction du radier, on débarrassera l'intérieur du réservoir par petites surfaces et on remplacera aussitôt

la couche de terre enlevée par une couche de béton de 0<sup>m</sup>,60, laquelle offrira une solidité suffisante pour empêcher le pied du mur de glisser de l'extérieur vers l'intérieur. Lorsque le radier sera complètement terminé, on construira les piliers destinés à supporter les voûtes du plafond. Ces piliers, distants de 5 mètres d'axe en axe, auront en plan la forme d'un carré de 0<sup>m</sup>,56 de côté, et une hauteur de 4<sup>m</sup>,90 au dessus du radier. Les arcs qui supportent le voûtage seront disposés comme l'indiquent les figures; c'est-à-dire de la même façon qu'au réservoir de Tarnborough. On voit que les deux voûtes extrêmes s'infléchissent de façon à donner aux coins du réservoir une forme arrondie. Lorsque les voûtes seront achevées, l'espace de 0<sup>m</sup>,60 existant entre le sommet du mur de béton et la surface du sol sera rempli avec du béton; ce dernier atteindra une hauteur de 1<sup>m</sup>,60 au dessus du terrain naturel.

Ce n'est qu'après que tous ces travaux auront été exécutés qu'on procédera à la construction du remblai et à la pose de l'enduit sur le radier et les parois intérieures des voûtes pour les rendre imperméables à l'eau.

On voit qu'en adoptant les dispositions ci-dessus indiquées, la poussée du plafond s'arrêtera sur les piédroits, ce qui n'a aucun inconvénient puisque ces derniers sont construits sur un sol résistant. Quant à la pression de l'eau emmagasinée dans le réservoir, elle est contre-balancée non-seulement par la résistance opposée par ces piédroits, mais aussi par la résistance du remblai, laquelle a son point d'application sur les arches extérieures.

L'auteur croit que son système offre toutes les garanties de sécurité et d'économie désirables. Si le sol est perméable, il sera nécessaire d'interposer une couche de terre glaise entre le terrain, les murs et le radier.

A la suite de cette communication, M. Hennell a indiqué le mode de construction de deux réservoirs établis d'après ses plans à Sudbury et à Kettering.

Le premier, dont la fig. 46 représente une coupe transversale, présente en plan la forme d'un carré de 17 mètres de côté et a une profondeur de 4<sup>m</sup>,50. Les murs extérieurs sont en béton et en maçonnerie de briques; cette dernière forme le revêtement interne des murs et son rôle se borne à établir une cohésion intime entre toutes les parties de murs en béton. Ce réservoir est couvert par trois voûtes de 5<sup>m</sup>,40 de portée, de 1<sup>m</sup>,35 de hauteur et de 0<sup>m</sup>,225 d'épaisseur, supportées par des colonnes de fonte sur lesquelles reposent des poutres faites avec le même métal.

Le coût de cette construction dans laquelle on peut emmagasiner 300,000 gallons (1,382<sup>m</sup>³) a été de 900 liv st. (22,500 fr.)

Le second réservoir, dont la figure 47 représente une coupe transversale a été construit en maçonnerie de moellons; il est entouré sur presque tout son pourtour d'une couche de terre glaise qui le rend complètement étanche. Sa capacité est de 200,000 gallons (903<sup>m</sup>³), son coût a été de 1,100 livres sterling (27,500 fr.).

M. Burke cite un type de réservoir employé dans l'île de Malte. Dans cette contrée où il ne pleut qu'à certains mois de l'année, on recueille les eaux de pluie dans des réservoirs creusés dans le roc et ayant la forme indiquée par la coupe transversale de la fig. 48; ce réservoir est recouvert comme on le voit, d'une voûte, dont les naissances se trouvent à la ligne de séparation du roc et de la couche de terre superposée à ce dernier. Le réservoir pris pour exemple a 22<sup>m</sup>,60 de longueur, 3 mètres de profondeur, 7<sup>m</sup>,80 de largeur à sa base et 3<sup>m</sup>,60 seulement à la naissance de la voûte. Il sert à emmagasiner l'eau nécessaire à l'arrosage d'un parc planté d'orangers.

Les réservoirs employés pour recueillir l'eau destinée aux usages domestiques ont la forme représentée fig. 49. Les dimensions de ces ouvrages varient, bien entendu, suivant l'importance des habitations pour l'usage desquelles on les établit.

M. Martin a donné la description de réservoirs construits sous sa direction en 1851 à Goldthorn Hill près de Wolverhampton. Ces réservoirs, représentés en plan et en coupe longi-

tudinale *fig. 50 et 51*, ont 43 mètres de longueur, 23<sup>m</sup>,85 de largeur et 4 mètres de profondeur d'eau; ils sont séparés l'un de l'autre par un terre-plein de 9 mètres de largeur. La capacité totale des deux réservoirs est de 1,500,000 gallons, soit 6,810<sup>m</sup>³.

La construction a été faite avec de la maçonnerie de briques; les murs sont séparés du terrain naturel par une couche de terre glaise; les voûtes également en maçonnerie de briques ont une portée de 3<sup>m</sup>,66; elles s'appuient sur des murs placés parallèlement aux murs latéraux. Quant au radier, il est composé d'une assise de briques posées à plat sur une couche de béton de 0<sup>m</sup>,075 reposant elle-même sur une couche de terre glaise de 0<sup>m</sup>,45 d'épaisseur. Ces deux réservoirs ont coûté 2,602 livres sterling (65,050 fr.).

M. Rawlinson a présenté un projet de réservoir combiné en prenant pour modèle un ouvrage romain existant à Sinope sur la mer Noire. Cet ouvrage qui a été construit sous le règne de l'empereur Trajan est encore aussi solide qu'au moment de son établissement.

Ce projet de réservoir est établi en supposant que toute la construction est en ciment; les *fig. 52 et 53* représentent le plan et la coupe transversale.

M. Fox présente deux coupes de réservoir. Le premier qui est couvert (*fig. 54*) appelé réservoir de Maligakauda est destiné à assurer l'alimentation de la ville de Colombo; la profondeur de l'eau emmagasinée est de 12 mètres. Le réservoir émerge presque entièrement au-dessus du sol naturel, il a 57<sup>m</sup>,30 de côté et contient 9,000,000 gallons (40,860<sup>m</sup>³). Il est construit entièrement en béton; les murs sont formés de blocs de béton posés les uns sur les autres. Le radier est recouvert d'un enduit de ciment de 0<sup>m</sup>,017 d'épaisseur. Les murs de pourtour ont 10<sup>m</sup>,50 de hauteur; 6<sup>m</sup>,45 de largeur à la base et 1<sup>m</sup>,35 d'épaisseur au sommet. Afin de donner plus de légèreté à la construction, on a composé le plafond de deux séries de voûtes en ciment de 0<sup>m</sup>,225 d'épaisseur séparées l'une de l'autre de 1<sup>m</sup>,12 ainsi que le montre la figure; ces voûtes sont supportées par des colonnes en fonte et par des poutres. Ces colonnes sont espacées de 4<sup>m</sup>,80 d'axe en axe.

Le second réservoir établi à Baggerton n'est pas couvert; ce réservoir qui est destiné à emmagasiner l'eau nécessaire à l'alimentation de la ville de Forfar est construit entièrement en béton; sa capacité est de 1,500,000 gallons (6,810<sup>m</sup>³). La *fig. 55* représente une coupe de cet ouvrage qui a été établi sur un sol entièrement rocheux. On croyait qu'il serait étanche, mais cette prévision ne s'étant pas réalisée, on a dû recouvrir le fond d'une couche de béton de 0<sup>m</sup>,225 d'épaisseur. La figure permet de se rendre un compte exact du mode de construction adopté.

Suivant certains ingénieurs, il y aurait avantage à adopter pour les réservoirs la forme circulaire, surtout lorsqu'ils sont établis au sommet d'une tour.

Les *fig. 56, 57, 58 et 59* représentent deux réservoirs de forme circulaire. Le premier (*fig. 56 et 57*) construit à Lymington contient 75,000 gallons d'eau (340<sup>m</sup>³,500); il a un diamètre de 9 mètres; le radier et le plafond affectent la forme de segments sphériques. Les parois sont en fer laminé. Les plaques de fer qui les composent sont assemblées en couronnes, les plaques qui forment les couronnes supérieures ont 8<sup>m</sup> d'épaisseur; celles qui forment les couronnes inférieures ont 9<sup>m</sup>,4 d'épaisseur. La calotte du fond a une épaisseur de 9<sup>m</sup>,4 et celle du sommet 8<sup>m</sup>. Ces plaques sont assemblées comme celles d'une chaudière.

Le réservoir métallique repose simplement sur une tour en maçonnerie. Au centre du réservoir se trouve une colonne creuse de 0<sup>m</sup>,85 de diamètre dans l'intérieur de laquelle est une échelle. Enfin dans la tour, au-dessous du réservoir, on a disposé le logement du gardien. Ce réservoir a coûté, tout compris, 1.527 liv. ster. (38,175 fr.).

Le plus grand réservoir de ce genre qui ait été construit jusqu'à ce jour est celui de Ilague. Sa capacité est de 450,000 gallons (2,250<sup>m</sup>³); sa hauteur est de 39 mètres au-dessus du terrain naturel.

Le second réservoir circulaire, représenté (*fig. 58 et 59*) est celui de Clumber, il est construit en maçonnerie de briques et de

ciment; sa capacité est de 60,000 gallons soit 270<sup>m</sup>³. Il est facile d'augmenter la capacité d'un tel réservoir; il suffit en effet de construire des anneaux concentriques ainsi que le montrent les lignes en pointillé représentées sur la figure. On obtient une étanchéité parfaite en recouvrant les parois intérieures d'un enduit imperméable, ou encore en disposant au centre des murs une couche de mortier. Cette disposition donne de meilleurs résultats que l'emploi d'une couche de terre glaise entre le terrain et les parements extérieurs des murs.

## Excavateur à deux élinde travaillant ensemble ou séparément

### Planche CXXII

L'excavateur à deux élinde représenté en élévation et en plan *fig. 1 et 2*, planche CXXII, est l'œuvre de M. Vasset; il se compose, comme l'excavateur Couvreur ou comme tous ceux dérivant de ce dernier, d'une élinde principale M travaillant à la fouille et chargeant le wagon par le couloir G du côté opposé à l'attaque des godets, puis d'une deuxième élinde B moins forte que la première. Cette deuxième élinde, qui est munie de godets d'une moins grande capacité que ceux de l'élinde M, travaille à la butte et charge par le couloir C les mêmes wagons. Elle peut aussi, lorsque cela est nécessaire, rejeter à la fouille, au moyen d'un couloir F, les déblais reconnus impropres à l'usage que l'on se propose d'en faire. La commande des deux élinde peut se faire par la même machine ou par deux machines distinctes.

Dans le dessin représenté planche CXXII, la deuxième élinde est actionnée par la grande roue de l'excavateur proprement dit.

Cette élinde est placée de façon à permettre la facile circulation des wagons et des chevaux qui les amènent.

Un mécanisme spécial permet d'arrêter le mouvement de la chaîne à godets de la deuxième élinde ou de faire marcher cette chaîne en même temps que celle de la première élinde à volonté.

Voici maintenant les avantages que présente cette nouvelle disposition.

Supposons que l'excavateur soit installé dans une ballastière de 6 à 700 mètres de longueur et de 100 à 150 mètres de largeur. Il est rare que l'ouverture d'une telle ballastière se fasse sans découverte d'une épaisseur variant quelquefois de 30 centimètres à 1 mètre; il faut alors enlever préalablement cette couche de terre afin de mettre à nu le ballast qui se trouve au-dessous.

Dans le cas considéré, le cube de terre à enlever est de 50 ou 60,000 mètres; il ne peut être placé que dans la fouille résultant de l'extraction du ballast, et voici quel est le moyen le plus simple de s'en débarrasser :

Supposons que le quadrilatère A B C D, *fig. 4*, planche CXXII, représente la surface occupée par la ballastière et soit A' A' D D' la partie de cette ballastière attaquée par l'excavateur, conformément au profil RK. En V et V' se trouvent les voies de l'excavateur et les wagons destinés à recevoir le déblai. Le découvert M ne peut être déposé que sur les talus AA', AD, DD' ou sur la plateforme du fond à 2 mètres environ en arrière de la ligne HII'.

Or, il est évidemment très avantageux de pouvoir répandre en les régaland dans le fond de la fouille, les terres végétales extraites de la surface, puisqu'en opérant ainsi on donne au terrain exploité la valeur qu'il possédait avant l'extraction du ballast.

Cette opération, qui se fait très facilement, grâce à l'excavateur à deux élinde, n'est pas la seule qui légitime l'emploi de ce nouvel engin. Il suffit de jeter les yeux sur le plan de la ballastière pour se rendre compte de l'importance des transports à exécuter pour porter d'abord les déblais au lieu de dépôt M et les retransporter ensuite par wagons en AA' en DD' ou en

D. En se servant du couloir F on peut éviter ces manœuvres puisque l'on déverse les déblais directement dans la fouille, environ 1 mètre en arrière du tambour de l'élinde.

Le décapement de la découverte par la deuxième élinde dresse sol pour le ripage des voies de l'excavateur. Dans les travaux exécutés pour la régularisation du Danube à Vienne, nous nous sommes vus faire redresser le sol par des équipes d'ouvriers à la roulette et au tombereau. Tout ce travail eût été évité, si nous avions possédé alors des excavateurs à deux élinde.

L'excavateur ordinaire travaillant au bord d'une fouille a besoin d'être parfaitement équilibré. Aussi, dans certains cas, est-on obligé de faire usage de contrepoids en fonte agissant du côté opposé de l'élinde qui travaille. Dans le cas de l'excavateur à deux élinde, c'est la deuxième élinde qui fait fonction de contrepoids et ce contrepoids n'est pas inutile, comme dans le premier cas, puisque cette deuxième élinde produit un travail. Lorsqu'il s'agit de creuser une fouille dans un mauvais terrain, on peut répartir le travail entre les deux élinde, de telle sorte que l'appareil présente toute la stabilité nécessaire.

Enfin, il est utile de faire ressortir un dernier avantage que présente l'appareil, et cet avantage peut être fort précieux dans certains travaux, ainsi que le cas se présente pour le creusement d'un canal de Panama.

On sait que la construction de ce canal entraîne l'ouverture d'une tranchée de 80 mètres de profondeur.

Le travail ne peut se faire que par gradins successifs, ainsi que le représente la coupe horizontale, fig. 3, planche CXXII.

Or, si on adopte les excavateurs ordinaires à une seule élinde, on ne peut opérer comme suit. En faisant passer l'excavateur une première fois, on enlève bien toute la première couche de terrain A, mais en le faisant circuler ensuite sur le fond de cette première fouille, on est obligé de laisser du côté droit un cube de terre ayant une profondeur égale à celle de la première tranchée et une largeur de 6 mètres, largeur indispensable pour la pose des voies de l'excavateur et des wagons de terrassement. Lorsqu'on arrive au déblaiement de la troisième tranche, on est encore obligé de laisser, pour la raison indiquée ci-dessus, un terre-plein de 6 mètres de largeur, soit un cube de 12 mètres de largeur et d'une profondeur égale à celle de la fouille et ainsi de suite. On voit que les terre-pleins qu'on ne peut enlever avec l'excavateur vont toujours en augmentant d'importance à mesure que la fouille va s'approfondissant.

L'emploi de l'excavateur à deux élinde permet d'éviter cet inconvénient, et la question a une importance fort grande dans un pays où on est amené, à raison d'économie, à substituer, dans la plus grande mesure possible, le travail mécanique au travail manuel.

Nous signalerons aussi l'emploi avantageux que présenteraient les excavateurs à deux élinde pour l'élargissement du canal de Suez.

Nous ajouterons qu'il est facile de transformer les excavateurs des anciens types en excavateurs du nouveau type.

Louis VASSET,

Entrepreneur de travaux publics.

## Détermination précise de la stabilité des murs de soutènement et de la poussée des terres

(Suite.)

Les articles, publiés dans tous les numéros des *Annales* depuis le mois de juin (n° 54) sous le titre *Bibliographie*, forment une étude complète de toutes les théories récemment parues sur cette importante question de la stabilité des murs de soutènement et de la poussée des terres. Nous continuerons désormais ces articles dans la partie des *Annales* réservée aux *Études d'acant-projet*.

Dubosque, en traitant de la répartition des charges sur les plans de joint dont la base en est un d'ailleurs, se sert d'une formule de répartition que l'on peut écrire comme il suit, en se

servant, autant que possible, des mêmes signes que précédemment.

$$p = \frac{N}{\Omega} \left[ 1 + \frac{3\delta(\pm x)}{\left(\frac{b}{2}\right)^2} \right] = \frac{N}{\Omega} \left( 1 + \frac{12\delta(\pm x)}{b^2} \right)$$

$\Omega$  est la surface du joint,  $N$  est la pression totale appliquée à la distance  $\delta$  du centre de gravité de l'assise,  $\frac{b}{2}$  est le demi côté de cette assise supposée rectangulaire,  $x$  est (fig. 21) la distance du point M, où s'exerce la pression par unité de surface  $p$ , au centre de gravité du joint.  $x$  est pris avec le signe + du côté où s'applique l'effort et avec le signe - du côté opposé.

Cette formule que Dubosque se garde bien d'expliquer provient directement de la théorie du trapèze.

Si, en effet, pour une résultante  $N$  située à une distance  $\delta$  de l'axe, nous déterminons les pressions extrêmes,  $p'$  en O et  $p''$  en B, nous avons :

$$p' = 2 \left( 2 - \frac{3u}{b} \right) \frac{N}{\Omega}$$

et

$$p'' = 2 \left( \frac{3u}{b} - 1 \right) \frac{N}{\Omega}$$

Dans le cas présent

$$u = \frac{b}{2} - \delta = \frac{b - 2\delta}{2}$$

d'où

$$3u = \frac{3(b - 2\delta)}{2} = \frac{3b - 6\delta}{2} = 1,5b - 3\delta$$

par suite

$$p' = 2 \left( 2 - \frac{(1,5b - 3\delta)}{b} \right) \frac{N}{\Omega} = 2 \left( 2 - 1,50 + \frac{3\delta}{b} \right) \frac{N}{\Omega} = 2 \left( 0,50 + \frac{3\delta}{b} \right) \frac{N}{\Omega}$$

et

$$p'' = 2 \left( \frac{(1,50b - 3\delta)}{b} - 1 \right) \frac{N}{\Omega} = 2 \left( 1,50 - \frac{3\delta}{b} - 1 \right) \frac{N}{\Omega} = 2 \left( 0,50 - \frac{3\delta}{b} \right) \frac{N}{\Omega}$$

d'où

$$p' + p'' = \frac{2N}{\Omega} \left( 0,50 + \frac{3\delta}{b} + 0,50 - \frac{3\delta}{b} \right) = \frac{2N}{\Omega}$$

et

$$\frac{p' + p''}{2} = \frac{N}{\Omega}$$

La pression en C est toujours  $\frac{N}{\Omega}$  moyenne des pressions aux extrémités; de O en C, on passe donc de la pression  $p'$  à la pression  $\frac{N}{\Omega}$ , la différence  $\left( p' - \frac{N}{\Omega} \right)$  ou  $2 \left( 0,50 + \frac{3\delta}{b} \right) \frac{N}{\Omega} - \frac{N}{\Omega} = \frac{6\delta}{b} \frac{N}{\Omega}$  se répartit proportionnellement à  $\frac{b}{2}$  et pour une abscisse  $x$  déterminant le point M elle devient :

$$\Delta = \frac{6\delta}{b} \times \frac{N}{\Omega} \times \frac{x}{\frac{b}{2}} = \frac{12\delta x}{b^2} \frac{N}{\Omega}$$

La pression en M ou  $p$  est égale à la pression en C augmenté de  $\Delta$ , ou

$$p = \frac{N}{\Omega} + \Delta = \frac{N}{\Omega} + \frac{N}{\Omega} \times \frac{12\delta x}{b^2} = \frac{N}{\Omega} \left( 1 + \frac{12\delta x}{b^2} \right)$$

ou

$$p = \frac{N}{\Omega} \left( 1 + \frac{3\delta x}{\left(\frac{b}{2}\right)^2} \right) = \frac{N}{\Omega} \left( 1 + \frac{3\delta x}{\left(\frac{b}{2}\right)^2} \right)$$

Si on suppose  $\delta = 0$ ,  $p = \frac{N}{\Omega}$  indépendamment de  $x$ , si  $\delta = \frac{b}{6}$ ,  $p = \frac{N}{\Omega} \left( 1 + \frac{2x}{b} \right)$ , pour  $x = \frac{b}{2}$ ,  $p = \frac{2N}{\Omega}$ , pour  $x = -\frac{b}{2}$ ,  $p$  devient zéro; tous ces résultats concordent avec les valeurs de  $p'$  et de  $p''$  quand par suite de  $\delta = \frac{b}{6}$ ,  $u = \frac{b}{2} - \delta$  devient  $\frac{b}{2} - \frac{b}{6} = \frac{b}{3}$ .

Il est à remarquer que de C en B, la pression passe de la valeur  $\frac{N}{\Omega}$  à la valeur  $p''$  ou  $2 \left( 0,50 - \frac{3\delta}{b} \right) \frac{N}{\Omega}$ , la différence  $\Delta$  devient alors

$$\frac{N}{\Omega} - 2 \left( 0,50 - \frac{3\delta}{b} \right) \frac{N}{\Omega} = \frac{6\delta}{b} \frac{N}{\Omega}$$

et pour un point M' déterminé par  $-x$ , cette différence est

$$\Delta = \frac{6\delta}{b} \times \frac{N}{\Omega} \times \frac{-x}{b} = \frac{-12\delta x N}{b^2 \Omega}$$

La pression en M' est égale à la pression en C augmentée algébriquement de  $\Delta$  ou

$$\frac{N}{\Omega} \left( 1 - \frac{12\delta x}{b^2} \right) = \frac{N}{\Omega} \left( 1 - \frac{3\delta x}{\left(\frac{b}{2}\right)^2} \right)$$

Suivant le signe de  $x$  la formule générale est donc

$$p = \frac{N}{\Omega} \left( 1 + \frac{3\delta(\pm x)}{\left(\frac{b}{2}\right)^2} \right)$$

Cette formule dite de Collignon n'est donc qu'une simple application de la loi du trapèze, dont on aurait pu se garder de faire mystère, vu la simplicité des hypothèses et des calculs résultants.

Comme interprétation pratique, si  $\delta$  est situé du côté de l'arête intérieure et plus grand que  $\frac{b}{6}$ , le mur est trop épais, si  $\delta$  est situé du côté de l'arête extérieure et plus grand que  $\frac{b}{6}$ , le mur est trop mince; il faut donc ramener l'épaisseur à une dimension telle que  $\delta$  ne s'écarte pas du centre de la base de  $\pm \frac{1}{3} b$ , ce que nous avons dit en considérant que pour les pressions extrêmes  $u$  devait varier entre les limites  $\frac{1}{3} b$  et  $\frac{2}{3} b$ .

La pression maximum  $p'$  ou  $p''$  doit être inférieure à la limite pratique de résistance des matériaux employés. Cette limite est en général le  $\frac{1}{10}$  de la charge qui produirait l'écrasement.

La résistance à l'écrasement étant ainsi définie, le troisième mode de renversement à examiner est la rotation autour de l'arête O (fig. 22).

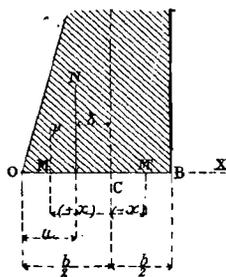


Fig. 21

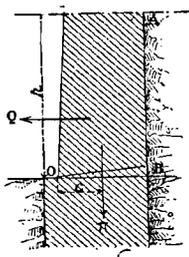


Fig. 22

Cette rotation entraîne nécessairement l'ouverture du joint OB ou section de rupture; pour que la force Q puisse déterminer ce mouvement de rotation initial, il faut que son moment l'emporte sur les moments de trois résistances qui sont: 1° l'arrachement des maçonneries dans la section OB; 2° la résistance due au poids du mur; 3° la résistance que le mur rencontre dans le frottement qu'exerceront les terres sur le parement BA.

Soit T la résistance totale de la section OB à l'arrachement, son moment est  $T \times \frac{OB}{2}$ , soit  $\pi$  le poids du mur, son moment sera  $\pi C$ , C étant la distance qui sépare le point O de la verticale passant par le centre de gravité de la section du mur.

Quant au frottement, il est égal à  $fQ$  et son moment est  $fQ \times OB$ ,  $f$  étant le coefficient de frottement de la matière qui recouvre le parement AB.

Le moment de la poussée est  $Q \times \frac{h}{3}$ ,  $h$  étant la hauteur du mur; si maintenant  $t$  est la résistance des maçonneries à l'arrachement par mètre carré,  $T = t \times OB \times 1 = t \times OB$  et le moment  $T \times \frac{OB}{2}$  devient:

$$t \times OB \times \frac{OB}{2} = t \times \frac{OB^2}{2}$$

pour que le mur ne tombe pas par rotation, on devra donc avoir

$$Q \times \frac{h}{3} < t \times \frac{OB^2}{2} + \pi C + fQ \times OB$$

On appelle coefficient de stabilité le rapport de la somme des moments résistants au moment renversant

$$K = \frac{t \times \frac{OB^2}{2} + \pi C + fQ \times OB}{Q \times \frac{h}{3}}$$

Ce coefficient doit être pris supérieur à l'unité, car si le mur était simplement en équilibre, on aurait

$$Q \times \frac{h}{3} = t \times \frac{OB^2}{2} + \pi C + fQ \times OB$$

et par suite

$$t \times \frac{OB^2}{2} + \pi C + fQ \times OB - Q \times \frac{h}{3} = 0$$

la somme algébrique des moments des forces agissant sur le mur étant nulle, le moment de la résultante de ces forces doit être nul et par suite cette résultante n'étant pas nulle, il faut dès lors qu'elle passe par l'axe de rotation O; si l'une des forces  $t \times OB$ ,  $fQ$ , vient à diminuer d'intensité, la somme algébrique des moments n'est plus nulle, la résultante prend un moment négatif et l'équilibre n'a plus lieu; il convient donc pour assurer la stabilité de donner à K une valeur plus grande que 1, ce qui revient à calculer le mur pour une poussée supérieure à Q, de telle sorte que certaines résistances venant à diminuer, l'équilibre n'en subsiste pas moins.

On peut se donner ce coefficient de stabilité d'après le degré de garantie que doit présenter la construction, d'après le degré d'incertitude que présentent la qualité des matériaux et la réalisation éventuelle des circonstances qui pourraient augmenter accidentellement la poussée; les matériaux ne sont pas parfaits, les mortiers non plus, l'angle du prisme de poussée varie avec le plus ou moins d'humidité des terrains, autrement dit l'homogénéité des matériaux et celle des mortiers sont choses théoriques; l'homogénéité de leur emploi l'est aussi malgré toute surveillance et il faut prévoir, nous ne dirons pas, des malheurs prémédités, mais simplement des laisser-aller inévitables à la confection des maçonneries. La tâche, système généralement employé, entraîne fatalement ces conséquences; aussi, tout constructeur qui connaît de *factu* les maçonneries et les maçons, l'esprit des ouvriers et des entreprises, les conditions des marchés à façon, sait par expérience que les ingénieurs algébristes se font de grandes illusions dans leurs projets théoriques et qu'il est indispensable de rectifier les données des épures et les racines des équations par un coefficient qui rachète les écarts dus à la précipitation ou à la négligence des exécutants.

A. Gobin indique pour K la valeur 1,50, Dubosque recommande la valeur (2) spécifiée par Vauban; d'après Vigreux et Raux, Vauban aurait pris ce chiffre (2) comme un maximum, afin de prévoir les malheurs des ouvrages très nombreux qu'il ne pouvait surveiller personnellement; faisant  $K=2$ , on aura:

$$2Q \times \frac{h}{3} = t \times \frac{OB^2}{2} + \pi C + fQ \times OB$$

on donnera à Q sa valeur maximum, l'inconnue sera OB ou  $x$ , base du mur et C s'exprimera en fonction de l'épaisseur OB ou  $x$ , d'après le profil attribué au mur.

Cette relation permettra donc, connaissant Q,  $h$ ,  $t$ ,  $\pi$  et  $f$ , de calculer l'épaisseur à donner au mur projeté.

Q peut avoir deux valeurs d'après les valeurs de  $\varphi$  correspondant au terrain sec et à ce même terrain détrempe; on prendra, en cas de saturation éventuelle par l'eau, la valeur maximum de Q;  $t$  varie suivant les mortiers et  $\pi$  suivant les matériaux employés,  $f$  dépend enfin de la nature du terrain qui s'appuie sur le mur; ces données permettront de discuter la valeur qui résultera pour  $x$  d'après les éléments à introduire dans l'équation.

A. Gobin pose à ce sujet des règles très pratiques; on doit donner au parement du mur en contact avec les terres une sur-

ice aussi rugueuse que possible, en laissant en saillie toutes les spérités des pierres, afin que cette surface rugueuse et ses arêtes se garnissent de terre adhérente et que le glissement se fasse terre contre terre.

On doit prendre l'angle  $\varphi$  déterminant le prisme de poussée maximum, dans des terres tassées, de même nature que celles qui se trouvent derrière le mur, humectées jusqu'à saturation complète, puis abandonnées à elles-mêmes pendant un temps suffisant pour que l'éboulement sur le talus naturel soit complet; on doit obtenir ce talus par des rechargements faits directement à la main et à la partie supérieure du talus. L'angle  $\varphi$  étant l'éduit de cette expérience, les calculs résultant offriront des garanties de sécurité.

On remarquera aussi l'importance d'un assainissement énergétique des massifs soutenus, afin d'empêcher l'angle  $\varphi$  de s'adoucir pendant les pluies et pour éviter des variations dans la poussée.

De là, la sécurité que présente l'emploi, derrière les murs, de remblai en gravier, en pierres sèches dont le talus naturel ne s'abaisse pas quand les terrains sont mouillés.

On voit aussi l'influence du choix des chaux sur la valeur de  $\lambda$ .

Les fondations enfin doivent être exceptionnellement soignées; la base du mur doit être reliée aux fondations par des moellons formant amorces et assurant la liaison; les moellons doivent être aussi bien enchevêtrés dans le massif du mur, afin d'éviter la formation des plans de glissement et de faire que le mur résiste comme un monolithe, et comme toutes ces précautions ne sont pas toujours observées à la lettre, on conçoit la nécessité de prendre  $K$  supérieur à l'unité.

D'après l'ensemble des principes ci-dessus exposés, on voit que l'on peut établir le profil d'un mur de soutènement d'après deux buts distincts et par suite appliquer deux méthodes différentes.

On peut déterminer le profil de manière que la pression ne dépasse pas un maximum donné par centimètre carré et ce, dans chaque section faite par un plan parallèle à la base; on a alors le profil « d'égale résistance à la pression », ou bien on peut déterminer le profil de façon que, dans aucune section faite de la même manière, le mur ne tende à être plus facilement renversé qu'en tournant autour de l'arête extérieure de son pied: on a alors un profil d'égale résistance au renversement.

Nous verrons plus loin que l'on peut même étudier un profil d'égale résistance au glissement.

Etant d'ailleurs donné un mur de soutènement, pour s'assurer que dans aucune section faite par un plan horizontal ou parallèle à la base autrement dit, il n'y a à craindre ni glissement, ni écrasement, ni renversement, on fait usage de la courbe des pressions recommandée par Dubosque et sur laquelle nous reviendrons en temps et lieu.

(A suivre.)

## Siphon d'irrigation

Pour répondre à plusieurs demandes, nous indiquons la méthode à employer pour construire un corps de siphon. Cette construction peut se réaliser de diverses manières:

- 1° Soit par un aqueduc en briques et mortier de ciment à prise rapide;
- 2° Soit par un tuyautage en fonte;
- 3° Soit par l'emploi de tuyaux en terre cuite;
- 4° Soit par l'emploi des conduites en grès de Doullon;
- 5° Soit enfin par celui des conduites en béton de ciment de la Porte de France.

Sur le premier chef, nous donnerons les renseignements ci-après:

Un siphon de ce genre a été établi, sur une ligne de chemin de fer, dans les conditions suivantes; le corps du siphon avait 53 mètres de longueur et sa coupe était conforme au croquis ci-contre (Fig. 1). Il se composait d'un rouleau de briques cou-

rantes ( $0^m,22 \times 0^m,11 \times 0^m,055$ ) juxtaposées sur plat, à bain de mortier de ciment, et dont les joints se recoupaient de  $0^m,11$  sur la moitié de la longueur ( $0^m,22$ ); ce rouleau, dans sa partie inférieure, reposait sur des briques et éclats de briques formant piédroits; le massif total reposait lui-même sur un lit de mortier hydraulique de  $0^m,02$  d'épaisseur, arasant une couche de béton maigre de  $0^m,10$ .

La composition du mortier hydraulique était de 350 kilog. de chaux pour  $0^m^3,90$  de sable et celle du béton maigre, d'un mètre cube de pierre cassée et d'un demi-mètre cube de mortier.

La composition du mortier de ciment était d'un volume de sable de rivière parfaitement lavé et criblé et d'un volume égal de ciment de Yassy, mélangés ensemble au préalable, avant toute addition d'eau; l'eau nécessaire était ensuite ajoutée d'un coup, après avoir été mesurée dans un récipient d'une capacité déterminée par expérience.

Le mandrin, adapté à la confection du rouleau, se composait de deux portions de cylindre de même diamètre (fig. 2), l'une représentant un demi-cylindre complet, l'autre un demi-cylindre recoupé à  $0^m,025$  au-dessus du centre.

Ces portions de cylindre étaient formées par des couchis de  $0^m,027$  d'épaisseur, cloués sur trois vaux, deux vaux de tête et un vaux intermédiaire reliés par une traverse centrale; le mandrin avait un mètre de longueur.

Le demi-cylindre supérieur reposait sur le demi-cylindre inférieur par l'intermédiaire de petites cales en bois de un demi-centimètre d'épaisseur et de deux tringles en fer carré de  $0^m,02$  de côté, terminées (fig. 3) d'un bout par un talon de  $0^m,07$  de long, dont le but était de faciliter l'enlèvement des tringles, dans le décentrement.

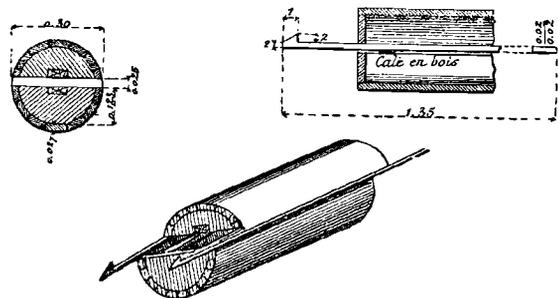


Fig. 2, 3 et 4. — Coupe transversale, coupe longitudinale et vue perspective du mandrin.

Les demi-cylindres étaient recouverts, à l'extérieur, d'une feuille de fer-blanc, afin de réduire l'adhérence du mortier de ciment sur les cintres.

Le mode de construction employé est facile à suivre; le béton une fois coulé sur toute la longueur de la fouille et le lit de mortier répandu, ce lit ayant surtout pour objet de régulariser la surface supérieure du béton, on commençait par poser avec une cerce les briques inférieures, tout en observant l'axe, et à monter les garnissages latéraux, jusqu'à ce que l'on pût équilibrer sur ces premières briques le demi-cylindre inférieur; après quoi on élevait le rouleau jusqu'à hauteur du centre; on établissait ensuite les tiges de fer sur le demi-cylindre inférieur et par l'intermédiaire des cales en bois; après quoi, on superposait le cintre supérieur et on continuait le rouleau, jusqu'au clavage compris.

Pour décintrer, on attirait à soi les tringles, en donnant quelques coups de marteau sur les talons, ce qui les décalait en même temps et le cintre supérieur restait suspendu par l'adhérence du ciment contre le fer-blanc.

On frappait alors quelques coups modérés sur ce cintre, pour lui imprimer un petit mouvement dans le sens longitudinal et quelques autres coups, de haut en bas, pour achever de le décoller et le faire descendre, après quoi on le retirait doucement à la main.

Quant au cintre inférieur, comme on avait le soin de le décoller, avant de poser le cintre supérieur, on l'enlevait sans aucune difficulté.

A la reprise suivante, on engageait un peu le cintre supérieur sous l'anneau précédemment exécuté, de manière à donner à l'ensemble la disposition de la fig. 4; de la sorte, avec un mandrin de 1 mètre, on ne faisait guère plus de 0<sup>m</sup>,75 de longueur de reprise, à chaque fois.

Lorsque l'anneau total est ainsi terminé, il convient de l'essayer avant de faire la chape-enveloppe, car celle-ci ne suffirait pas à garantir l'étanchéité, si quelque fuite existait dans le corps de l'anneau.

En cas de réussite complète, on termine l'opération, en appliquant la chape tout d'une traite, autant que possible, en la commençant sur un certain nombre de sections qui puissent se rejoindre toutes à mortier frais, les divers maçons, employés à ce travail, allant en se dirigeant les uns vers les autres, deux par deux.

Dans le cas d'une fuite provenant de défaut de matériaux ou de mauvaise façon, on est obligé de reprendre la partie défectueuse, ce qui ne laisse pas d'être un travail peu satisfaisant.

Sans entrer dans plus de détails, nous ajouterons qu'une première condition à remplir est de faire la fouille suffisamment large, pour que les ouvriers puissent facilement opérer au pourtour de l'anneau et, pour cela, il faut lui donner la largeur de la base de l'aqueduc augmentée de 0<sup>m</sup>,30 de chaque côté; cette mesure facilite l'application de la chape sur les piédroits; la dimension, 0<sup>m</sup>,80, indiquée à la fig. 1, est une cote de projet, laquelle a été modifiée en exécution et portée à un chiffre supérieur.

Cet élargissement peut se faire au niveau du lit de mortier, ce lit et le béton étant alors noyés dans le redan (fig. 5), pratiqué au fond de l'excavation, et la largeur du redan ne dépassant celle du massif que de 0<sup>m</sup>,10 de chaque côté.



Fig. 5. — Coupe transversale de la fouille.

La brique employée doit être bien cuite; le sable doit être très pur, bien lavé et débarrassé de toute partie terreuse; le ciment doit être homogène, nullement éventé et il faut rejeter toute partie qui, à la surface des tonneaux ou des sacs, pourrait avoir pris quelque humidité.

Les demi-cintres, quoique revêtus d'une feuille de fer-blanc, présentent encore quelque adhérence avec le mortier, principalement le cintre supérieur; on pourrait revêtir ce dernier d'une feuille de papier bulle parcheminé qui resterait attachée à la paroi de l'intrados.

Il convient, avant d'essayer l'ouvrage, de le laisser sécher pendant quelque temps, afin que le mortier perde l'humidité due à l'eau de gâchage.

Enfin, il faut faire exécuter le travail par des ouvriers habitués à l'emploi du ciment, car il y a dans cet emploi un tour de main résultant de l'expérience et que le maçon courant ne possède pas habituellement.

Il est entendu que les puisards d'amont et d'aval, qui constituent les branches verticales du syphon, sont construits avant le corps de l'aqueduc qui s'engage dans leurs murs de face, sur toute l'épaisseur de ces murs et se relie à la chape intérieure desdits puisards par un prolongement d'enduit exécuté à l'entrée de l'anneau; le raccordement de cette pénétra-

tion avec le mur courant doit également être très soigné, et sur toute l'épaisseur du mur.

L'aqueduc dont nous parlons a dû être refait sur une longueur de 3 mètres environ et la chape a été refaite également, une fois en totalité, une deuxième fois par parties et renforcée sur certains points.

Dans ces conditions, on a employé :

	fr.	c.
5,300 briques, à 52 fr. le mille.....	coût.	275 60
12 <sup>m</sup> de sable, à 8 fr.....	—	96 »
9 tonnes de ciment, à 52 fr. la tonne.....	—	468 »
581 heures de maçon, à 0 fr. 55 l'une.....	—	319 55
592 heures de manœuvres, à 0 fr. 38 l'une...	—	223 16
1 mandrin.....	—	10 »
Garniture en fer-blanc dudit.....	—	6 »
Tringles en fer : 6 kilog. 5, à 0 fr. 70.....	—	4 55
		<hr/>
		1.402 86

Si on ajoute à cela le prix de la fouille (4 mètres à 4 fr., dans le rocher et 54<sup>m</sup>,94 à 1 fr. 30, dans le restant du terrain).....

	fr.	c.
Le remaniement (0 fr. 60) et le pillonnage (0 fr. 20), soit 0 fr. 80 et pour 30 <sup>m</sup> environ.....	24	»
Le lit de mortier hydraulique, 0 <sup>m</sup> ,85, à 21 fr.....	17	85
Le lit de béton maigre, 4 <sup>m</sup> ,23, à 20 fr.....	84	60
		<hr/>
		213 87

On arrive à une dépense totale de..... 1.616 73

En raison du  $\frac{1}{40}$  donné à l'entrepreneur pour avances de fonds de ce travail fait en régie, et de transports et autres menus frais non comptés ci-dessus, on est arrivé au chiffre rond de 1,650 francs, ce qui donne par mètre courant  $\frac{1,650}{53}$  ou 31 francs pour prix de revient du corps de l'aqueduc.

Sans les réparations occasionnées par la non réussite initiale et par les réfections et renforcements de la chape, la dépense se serait arrêtée au chiffre de 1,000 francs comme construction première et 1,200 francs en comprenant la fouille, le béton, etc., soit au prix de 23 francs par mètre courant.

Les réparations ont coûté fort cher, parce que la chape a été atteinte une première fois par une gelée inattendue, ce qui a nécessité sa démolition et réfection sur toute sa surface. Cette reprise, et les surépaisseurs données postérieurement, ont consommé beaucoup de temps et de ciment.

En résumé, on pourrait compter sur le prix de 20 à 25 francs, suivant la nature des fouilles, la cherté des matériaux et de la main-d'œuvre, dans le cas d'une réussite complète du premier coup.

Les sujétions de ce procédé résident dans le choix des matériaux, dans leur emploi et dans la nécessité d'une surveillance continue s'exerçant sur les moindres détails.

Aussi aurait-il avantage à donner ce travail à la tâche et au forfait, afin d'y intéresser complètement les exécutants.

Ajoutons que le dessus de l'aqueduc doit être environ à 1 mètre au-dessous du sol, pour préservation de l'effet des gelées et que le remblai de recouvrement doit être exécuté avec précaution dans le voisinage de la chape-enveloppe de l'anneau.

La différence de niveau de l'eau, à l'entrée et à la sortie, était, dans le cas précité, de 0<sup>m</sup>,66 en plein fonctionnement de courant continu et la charge maximum correspondait à une colonne d'eau de 2<sup>m</sup>,56, soit à  $\frac{1}{4}$  d'atmosphère.

Un perfectionnement à ce système consisterait dans l'emploi de briques appareillées sous forme de voussoirs et qui s'obtiennent facilement dans les usines, puisqu'il suffit de substituer simplement un moule spécial au moule ordinaire.

Le rayon étant 0<sup>m</sup>,17 en raison des 0<sup>m</sup>,02 réservés au lit de mortier adjacent aux cintres, si on conserve à l'extrados de la

rique-voussoir, l'épaisseur normale (0<sup>m</sup>,055), l'épaisseur  $e$  à intrados sera  $e = 0^m,055 \times \frac{0^m,17}{0^m,28} = 0^m,033$  (fig. 6).

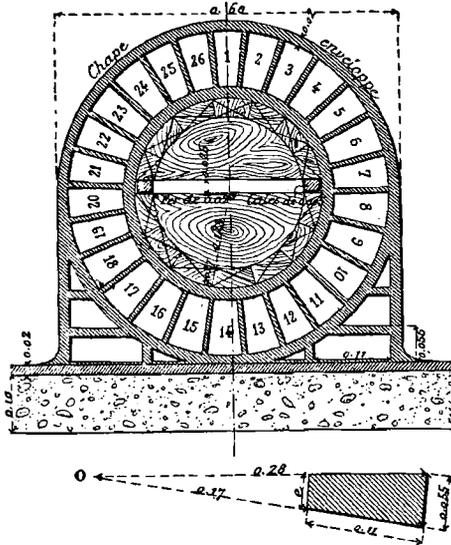


Fig. 6 et 7.

D'autre part, le développement intérieur de l'anneau, au droit de la brique, est en général  $2\pi r$  et si l'on emploie  $n$  briques, comme il y a  $n$  joints, on aura la relation  $2\pi r = ne + nj$ , où  $n = \frac{2\pi r}{e+j}$ ; on fera varier  $j$  pour arriver à une valeur entière de  $n$ .

Si on ne tient pas à la largeur d'extrados (0<sup>m</sup>,055), on pourra aussi laisser  $e$  indéterminé et le faire varier en même temps que  $j$ , de manière à rendre  $n$  entier; alors l'épaisseur à l'intrados serait

$$x = \frac{r(r+0,11)}{r} = r \left( 1 + \frac{0,11}{r} \right)$$

En conservant ici pour  $x$  sa valeur courante 0<sup>m</sup>,055, on a  $r = 0^m,033$ , mais

$$2\pi r = 2\pi \times 0,17 = 0,34 \times 3,14159 = 1^m,0696$$

On aura  $1^m,0696 = n \times 0,033 + nj$  et si on fait  $j = 0^m,006$  suivant l'habitude, il vient  $1,0696 = n \times 0,039$ , d'où  $n = 27,4$ .

En prenant 27 briques seulement, on rendra le joint d'intrados un peu plus fort et égal à 0<sup>m</sup>,0066, augmentation insaisissable; le joint à l'extrados sera, par suite,  $\frac{0^m,0066 \times 0^m,28}{0^m,17}$  ou 0<sup>m</sup>,0108 et en chiffres ronds 0<sup>m</sup>,011.

Partant des dimensions 0<sup>m</sup>,055 et 0<sup>m</sup>,033, le briquetier donnera à son moule les cotes de profondeur nécessaires pour parer à la dessiccation de la terre crue et au retrait par la cuisson, si besoin est.

Le croquis ci-après (fig. 7) représente la combinaison obtenue en employant 26 briques sous les épaisseurs 0<sup>m</sup>,055 et 0<sup>m</sup>,033, les joints d'intrados seraient de 0<sup>m</sup>,008, dimension admissible et les joints d'extrados auraient par suite 0<sup>m</sup>,013.

Cette combinaison permet de placer les briques symétriquement par rapport à l'axe vertical et de claver sur ce même axe.

26 briques faisant 0<sup>m</sup>,224 de longueur environ, en comptant le joint, il en entrera par mètre courant  $26 \times \frac{1^m,00}{0^m,224} = 26 \times 4,5 = 117$ .

Le garnissage des côtés prenant 4 briques, 2 entières et 2 par fractions, il en entrera par mètre  $4 \times 4,5$  ou 18 et au total il faudra, par mètre linéaire, 135 briques, dont 18 courantes et 117 appareillées.

Le nombre de briques est plus considérable dans ce cas que si on se servait uniquement de briques ordinaires, mais les joints sont plus réguliers, plus serrés et il y a économie de

ciment en même temps qu'uniformité dans la maçonnerie et facilité d'emploi de la brique disposée pour être placée en voussoirs concourant au centre.

Si nous passons maintenant au système bien connu des conduites en fonte, nous trouvons que, pour un diamètre intérieur de 0<sup>m</sup>,30, les tuyaux reviennent de 25 à 26 francs le mètre linéaire, que, pour la fouille, fourniture et confection des joints au plomb, remblai, pilonnage et toute autre main-d'œuvre, la dépense s'élève à 7 francs environ et que, par suite, le mètre de conduite revient de 32 à 33 francs.

Il y a un excédent de prix, assurément, sur le système précédent qui, à égalité de difficultés de fouilles, reviendrait au prix des tuyaux, comme maximum.

Le tuyautage en fonte a l'avantage de la simplicité dans le travail, de la facilité de réparation, de la solidité garantie a priori et pour peu que l'on soigne les joints, on peut compter sur le succès de l'opération.

Une autre méthode consisterait à employer des tuyaux en terre cuite, vernissée intérieurement; on trouve de ces tuyaux, ronds et à emboîtement, de 0<sup>m</sup>,30 de diamètre et 0<sup>m</sup>,50 de longueur à 8 francs le mètre courant pris aux briqueteries, mais en général ces tuyaux ne sont pas d'une grande solidité, aussi leur usage est-il restreint aux écoulements sans pression et à section non pleine.

Des tuyaux spéciaux, fabriqués avec une terre choisie et moulée sous des pressions considérables, se trouvaient dès 1838 en Alsace, à Ollwiller, sous le nom de tuyaux Zeller; leur prix pour 0<sup>m</sup>,30 de diamètre devait être de 16 à 17 francs le mètre linéaire; nous ignorons ce qu'est devenue cette fabrication qui donnait, paraît-il, d'excellents résultats.

Comme sujet plus récent, nous avons les tuyaux en grès de Doultou et C<sup>e</sup> (succursale à Paris, rue Paradis, 6), tuyaux de fabrication anglaise, coûtant au diamètre de 0<sup>m</sup>,30, 7 fr. 50 le mètre linéaire, en fabrique probablement.

Enfin, en dernier lieu, pour rentrer dans les productions françaises nous citerons une innovation très remarquable à la dernière exposition, sous le nom de conduites forcées en béton de ciment de la Porte de France (établissement Delune et C<sup>e</sup>, à Grenoble)

Ces conduites se font de deux façons, soit en moulant sur place les tuyaux, soit en employant des tuyaux préparés d'avance à l'usine.

On trouvera tous les détails du moulage sur place dans un fort beau livre intitulé : *le Génie Civil et les Travaux Publics à l'Exposition universelle de 1878*, et publié par MM. G. Cerbelaud et G. Dumont, ingénieurs des arts et manufactures, professeurs à l'association polytechnique, etc., etc.

Pour exécuter un pareil travail, en moulage sur place, il faut des appareils fournis par la maison, autrement dit il faut que ce travail soit exécuté par ses soins, mais il est présumable que sur commande on peut obtenir des tuyaux portatifs de 0<sup>m</sup>,30; les tuyaux de 0<sup>m</sup>,05 à 0<sup>m</sup>,10 sont de fabrication courante; il est présumable que les tuyaux de 0<sup>m</sup>,30 coûteraient dans les 7 à 8 francs.

Pour une canalisation importante il serait préférable évidemment de n'avoir que le transport du ciment et des cimentiers et de faire le moulage sur place avec du sable et du gravier convenables.

L'emploi de ces conduites procure, assure-t-on, une économie de 50 0/0 sur celui de la fonte.

D'ailleurs en s'adressant directement à l'usine, on aura de première main tous les renseignements relatifs à la question.

En résumé, sur place, avec des éléments locaux, avec des briques courantes ou mieux des briques appareillées en voussoirs et avec du ciment de Vassy ou tout autre équivalent et des maçons ayant quelque habitude de l'emploi, on peut avec quelques précautions, réussir une canalisation plus économique qu'un tuyautage en fonte, et c'est par ce motif qu'on a insisté plus haut sur les détails de construction.

D'autre part, le tuyautage en fonte présentera toute simplicité d'exécution et toute sécurité.

Enfin, et toujours au point de vue de l'économie, peut-on étudier une solution par les tuyaux Zeller, Doulton, etc., ou par les produits de la maison Delune, le tout étant une question de prix à l'usine et de prix de transport, groupés et comparés, d'après les renseignements circonstanciés que ces diverses industries pourront fournir, sur une demande dûment spécifiée.

## OUTILLAGE DES TRAVAUX PUBLICS

### Percement des galeries souterraines avec un perforateur mu par l'électricité

On sait que les appareils employés jusqu'ici pour la perforation des trous de mine sont à percussion ou à rotation et qu'ils sont manœuvrés à bras ou mécaniquement à l'aide de la vapeur d'eau ou de l'air comprimé. Mais M. Taverdon a appliqué dernièrement aux appareils à rotation une transmission électrique de force. L'électricité intervient aussi pour la fabrication des forets.

Le système repose sur l'emploi des forets portant à leur extrémité des diamants noirs destinés à mordre dans les roches les plus dures. Ces diamants qui étaient jusqu'ici sertis simplement à l'extrémité des forets et qui s'ébranlaient assez vite quand on les faisait agir sur des roches dures sont, dans la machine de M. Taverdon, soudés fortement à l'aide de l'artifice suivant :

Les diamants noirs sont recouverts préalablement d'une mince couche de cuivre par l'électrolyse.

On peut alors soutenir le diamant dans toutes ses parties à l'aide d'une forte soudure qui pénètre jusque dans les creux.

Ceci posé, le moteur électrique qui actionne la machine perforatrice est placé sur un chariot spécial qui porte les poulies de transmission et les courroies ; le perforateur est établi sur un second chariot, il est porté sur une colonne verticale dont un ressort à boudin applique les extrémités contre les parois inférieure et supérieure de la galerie, ce qui maintient le chariot parfaitement fixe. Le perforateur est susceptible de prendre un premier mouvement de rotation autour d'un axe vertical et un second mouvement de rotation autour d'un axe horizontal, de sorte qu'il peut occuper toutes les positions voulues. Il porte à l'une de ses extrémités le foret à diamants noirs, à l'autre un moteur construit de manière à fonctionner indifféremment à la vapeur, par l'air comprimé ou par l'eau sous pression.

Pour l'installation électrique dont il est question ici, ce moteur est remplacé par une boîte contenant une poulie de transmission et des galets destinés à guider les cordes qui sont mises en mouvement par la machine dynamo-électrique.

Cette dernière est une machine Gramme octogone du même type que celle qui fut employée il y a quelques années pour les premières expériences de labourage électrique à Sermaize. La poulie qui termine son axe reçoit une corde de transmission et les deux bouts de celle-ci, après avoir passé sur deux autres poulies, dont une à position réglable, arrivent à la boîte qui termine le perforateur.

Un réservoir d'eau contenant de l'air à sa partie supérieure se trouve placé sur le même chariot qui porte le moteur : l'eau arrive sous une certaine charge et est renvoyée par la pression de l'air dans le perforateur, comme cela a lieu dans les pompes à incendie ; elle sort ensuite par un tube pour l'écoulement du trop plein.

Le rôle de cette eau est de laver le trou de mine et d'enlever les poussières au fur et à mesure qu'elles se forment.

L'avantage que présente la transmission électrique pour les travaux de ce genre est assez important. On évite l'encombrement des galeries par les canalisations de vapeur, d'air ou d'eau, canalisations dans lesquelles il se produit fréquemment des fuites qui occasionnent dans le travail des arrêts plus ou moins longs, et toujours très préjudiciables pour le rendement.

## CHRONIQUE

### Chronique française

**Les nouveaux pavages.** — Le pavage en bois n'est pas le seul mis à l'essai depuis quelque temps. La Ville de Paris tente actuellement l'expérience d'un nouveau pavage en grès sur béton en usage en Angleterre, où il a été étudié par M. Barabant, ingénieur en chef des ponts et chaussées. C'est dans la partie de la rue Lafayette comprise entre le faubourg Poissonnière et la rue de Châteaudun que cet essai a lieu. Les travaux, ont duré un mois à peine, et ont été terminés le 25 novembre dernier.

Au lieu de reposer simplement sur un lit de sable, les pavés de grès sont placés sur une couche sèche de béton de Portland de 15 centimètres d'épaisseur et d'une composition analogue à celui employé sous les pavés en bois. Pour assujettir les pavés, on ne se sert pas de l'outil bien connu des paveurs sous le nom de « demoiselle », mais d'un marteau à main. Les pavés étant disposés les uns à côté des autres, on procède au coulage des joints. Autrefois, on se contentait de ficher les joints par un mélange d'eau et de sable ; dans le système actuel, le coulage s'opère à l'aide d'un mortier de ciment qu'on étend sur les pavés au moyen d'un balai de crin. Ce ciment pénètre dans les joints, se solidifie rapidement, de sorte que la chaussée ne forme qu'un immense bloc de maçonnerie, extrêmement compacte et extrêmement résistant.

Le prix de revient de ce nouveau mode de pavage est à peu près le même que celui du pavage en bois ; il est de 23 francs le mètre superficiel. L'avis des gens du métier est que, si ce système de chaussée a l'avantage de présenter une solidité à toute épreuve, il manque d'élasticité. Les voitures y font un bruit assourdissant. On pense qu'il conviendrait parfaitement aux voies de communication fréquentées surtout par les voitures pesamment chargées. On va en faire l'essai sur différents points de Paris.

A Berlin on met à l'essai un autre système de pavage qui consiste en un lit de briques maçonnées hautes de 12 à 15 centimètres, posées de champ et imprégnées d'asphalte. Sous l'action du piétinement, ces briques expulsent assez promptement l'eau et l'air dont leurs pores sont remplis, pour absorber 15 à 20 0/0 de leur poids de bitume, et devenir remarquablement élastiques en même temps qu'imperméables à l'humidité. Les promoteurs de ce système prétendent qu'il est fait pour durer plus longtemps que tout autre, qu'il offre plus de prise au sabot du cheval et le fatigue moins. Mais jusqu'ici les essais ne paraissent pas des plus concluants. Il arrive qu'après deux ou trois mois d'usage, quelques briques, sans doute moins bien imprégnées d'asphalte que les autres, tombent en poussière. C'est un grave défaut, car en matière de pavage, l'homogénéité du système est un point très important, plus important peut-être que la résistance absolue de l'ensemble. Il reste aussi à savoir si le pavage en briques bitumées, à le supposer suffisant pour le trafic de Berlin, le serait pour une rue de Paris ou de Londres.

**Application de l'électricité comme agent calorifique.** — Nous avons assisté à de curieuses expériences qui intéresseront certainement les lecteurs des *Annales*. Il s'agit du *chauffage par l'électricité*. Jusqu'ici on n'avait songé à se servir du courant électrique que pour la production de la lumière, la galvanoplastie, la transmission des dépêches et de la parole ; on a eu l'idée dans ces dernières années de transmettre les forces à distance, et on prépare en ce moment les machines à l'aide desquelles on espère, on compte même résoudre pratiquement et économiquement cet intéressant problème industriel ; mais on n'avait pas encore utilisé l'électricité pour se chauffer. Cette idée est cependant assez naturelle, puisque nul n'ignore que lorsqu'on fait passer un courant électrique suffisamment puissant dans un fil métallique ou dans un morceau de charbon

porte ce fil ou ce charbon à l'incandescence et on peut me arriver facilement à fondre le métal et à faire brûler le charbon.

Il y a donc transformation du travail de la machine en chaleur et en lumière; il y a création d'une source calorifique et lumineuse à la fois. On peut s'arranger évidemment à donner la pondérance à l'un ou à l'autre de ces deux effets.

Les expériences dont nous parlons ont eu lieu le 14 décembre dans les ateliers de M. de Méritens à Paris; elles ont pour but de montrer comment on pouvait chauffer électriquement les voitures de chemins de fer.

Le système est d'une grande simplicité; on peut s'en faire une idée exacte sans le secours d'aucuns dessins:

Que l'on imagine des cylindres métalliques aplatis ayant approximativement la forme des bouillottes à eau chaude que l'on trouve actuellement sous les pieds des voyageurs. Dans l'intérieur de ces cylindres aplatis sont disposés deux fils de fer de 1 millimètre de diamètre environ, tendus dans le sens de la longueur de la chaufferette. Ces fils reposent sur une série de lamelles de cuivre disposées perpendiculairement à l'axe longitudinal du cylindre métallique, c'est-à-dire dans le sens transversal. Les lamelles de cuivre qui sont distantes les unes des autres de 3 à 4 centimètres, qui ont une longueur de 10 centimètres environ, une largeur de 2 centimètres et enfin une épaisseur de 2 millimètres, sont recouvertes de lamelles d'étain mieux de plomb, de même forme que les premières, mais de dimensions un peu moins grandes. On comprend ainsi que les deux fils de fer se trouvent compris entre les deux lames formant chaque couple, cuivre et étain, ou cuivre et plomb, et même on a eu soin de river entre elles ces deux lames, il existe un contact intime entre les divers éléments du système. Si maintenant on fait passer dans les fils de fer le courant électrique fourni par une machine Gramme, ces fils s'échauffent; ils rougiraient et pourraient même être fondus s'ils n'étaient isolés, car le courant a une haute tension; mais comme ils sont en contact avec les lames métalliques qui offrent une grande surface, la chaleur se distribue dans ces lames et se répartit sur toute la longueur de chaque chaufferette. En fait les dernières arrivent à une température d'environ 60° à 65°.

Cinq chaufferettes d'une longueur égale à la largeur d'un compartiment absorbent paraît-il, au dire des inventeurs le courant produit par une machine exigeant une force de 2 chevaux-vapeur pour émettre une chaleur de 60 degrés.

Or, comme un train de voyageurs se compose d'environ une douzaine de véhicules à 3 compartiments, il faudrait, pour le chauffer 36 chaufferettes, ce qui exigerait une force de 15 chevaux-vapeur.

C'est évidemment un résultat acquis et qui constitue un réel progrès sur tout ce qui a été tenté jusqu'ici. Si maintenant on examine la question au point de vue de ses applications pratiques, on reconnaît qu'il reste encore bien des détails à étudier. Ces expériences en grand n'ayant pas encore été tentées pour le chauffage des voitures, on ne peut que calculer très approximativement la force à dépenser pour fournir le courant nécessaire à un chauffage déterminé et par suite la dépense qui en résulterait.

La production de l'électricité est encore un problème à résoudre en ce qui concerne l'application du chauffage des trains en marche. Il nous paraît difficile de distraire dans ce but une partie de la force de la locomotive, car dans bien des cas la machine du train suffit à peine pour opérer la traction.

Si on distribue l'électricité à l'aide d'une conduite générale, on se heurte au grave problème du raccord à faire entre les rails desservant les diverses voitures. Dans une gare il arrive souvent qu'on est obligé de couper le train pendant l'arrêt, soit pour laisser passer les voyageurs d'un quai au quai opposé, soit pour ajouter ou pour retirer une voiture: on rompt ainsi forcément la conduite électrique, et pendant tout le temps de cette rupture, les chaufferettes ne recevant plus d'électricité se refroidissent pour ainsi dire subitement. Enfin le matériel actuel qui est déjà pourvu d'une quantité d'organes

mécaniques ou électriques, tels que l'intercommunication électrique, les freins continus à air comprimé ou à vide, l'éclairage au gaz, etc., devraient recevoir encore de nouveaux perfectionnements. On le voit, les objections sont nombreuses, et elles ont de la valeur, mais s'il y a encore bien des difficultés à vaincre, on doit cependant encourager ceux qui s'occupent de cette nouvelle application de l'électricité.

## Chronique Etrangère

### Etudes sur la construction des tunnels de la ligne de Pontebba (Italie.)

Nous avons donné dans notre n° 26 (février 1882) des détails intéressants sur l'établissement des murs de soutènement et de revêtement, partie en remblai et en tranchée de la ligne de Pontebba (Italie), sur les accidents arrivés à ces constructions et sur les moyens employés pour les réparer. Nous complétons aujourd'hui ces renseignements par l'étude des tunnels de cette même ligne.

Les ingénieurs italiens ont beaucoup de goût pour les travaux souterrains; c'est ce qui explique la multiplicité des tunnels le long de la ligne de Pontebba, bien plus que les difficultés rencontrées dans le tracé. Ainsi sur beaucoup de points, on aurait pu remplacer un souterrain par une simple tranchée. Quelques-uns de ces tunnels établis sur le flanc des montagnes ont eu à supporter des pressions tellement considérables qu'on a été obligé de renforcer leur paroi, située du côté de la vallée, par des murs d'une grande épaisseur; malgré cette précaution, on a eu à constater des déformations dans des voûtes de 0<sup>m</sup>,82 d'épaisseur.

Plusieurs accidents se sont produits: les tunnels de Preris et de Tre Rivi percés en entier à travers des couches molles et fortement inclinées furent complètement détruits par un formidable glissement du terrain au moment où ils étaient à moitié construits. Il y eut encore un autre éboulement dans le tunnel de Rio Tombe; cet accident, qui se produisit sous l'influence des pressions latérales du terrain pendant l'élargissement de la galerie de direction, endommagea l'ouvrage sur une longueur de 10 mètres. Le tunnel de San Rocco subit un bouleversement du même genre, mais moins important; ce souterrain était placé dans des conditions très défavorables; toute la montagne à travers laquelle il était percé se composait d'un cône de glissement sans cohésion, et la moindre imprudence pouvait amener un effondrement.

Bien que le système belge soit l'objet de nombreuses critiques, il est très employé par les ingénieurs italiens qui cherchent avant tout à économiser le bois, à cause de sa cherté dans la contrée.

Voici les règles qui étaient prescrites par la direction des travaux pour la construction des tunnels: (Voir fig. 1 et fig. 2.)

« La distance maxima des chassis dans les galeries ne doit pas être supérieure à 1 mètre. Lorsque le terrain est bon, on peut se dispenser de semelles. Quand on aura terminé les déblais nécessaires à l'exécution de la voûte, on pourra laisser un intervalle un peu supérieur à 1 mètre, entre les cintres. Pour construire le revêtement intérieur en maçonnerie de briques, on enlèvera successivement les étais; lorsque la calotte de la voûte sera terminée, on poussera contre ses bords, à chaque distance de 1 mètre, une longrine dont l'extrémité buttera contre une planche, cette dernière devra être assez longue pour recevoir au moins 3 longrines; cela fait, on peut enlever une nouvelle portion du gradin et procéder à la construction de la voûte sur une longueur variant de 2 à 4 mètres suivant la nature du terrain traversé, lequel est fortement étré sillonné par des coins solides. Ce travail de déblaiement et de reprise en sous-œuvre peut être entrepris en même temps des deux côtés des piédroits, pourvu que les points attaqués ne se fassent pas vis-à-vis. Les poteaux de soutènement doivent être remplacés

le plus tôt possible par des piédroits maçonnés. Lorsque la maçonnerie a été exécutée jusqu'à 0<sup>m</sup>,75 environ au-dessous de la naissance de la voûte, il faut déboulonner les planches qui supportent cette dernière et maçonner l'espace compris entre le piédroit et la voûte en briques sur des longueurs de 0<sup>m</sup>,50, après avoir scié la partie correspondante du plancher qui retient cette voûte. »

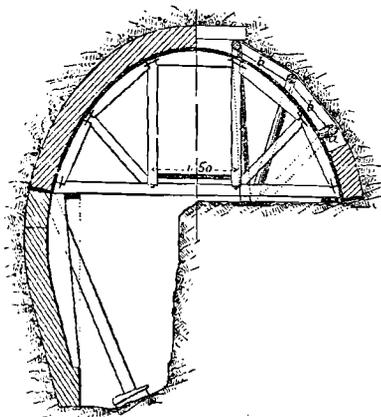


Fig. 1. — Cintrage et maçonnerie. Echafaudage et construction d'un piédroit.

La fig. 1 représente les différentes phases de la construction du tunnel.

Presque tous les tunnels sont pourvus d'un revêtement; cette condition était indispensable, puisque, dans les endroits où elle offrait le plus de résistance, la roche s'effritait au contact de l'air. Quand il s'agissait de combattre simplement l'effritement du terrain, on ne donnait pas au revêtement une épaisseur supérieure à 0<sup>m</sup>,40; mais, quand il s'agissait de soutenir un terrain peu résistant, on portait cette épaisseur à 0<sup>m</sup>,54; 0<sup>m</sup>,67; 0<sup>m</sup>,82; 0<sup>m</sup>,96 et même 1<sup>m</sup>,06. Ces différentes dimensions étaient déterminées par celles des briques. En mêlant 400 à 450 kilos de chaux à 1 mètre cube de sable, on obtenait une quantité de mortier suffisante pour construire 7 mètres cubes de maçonnerie.

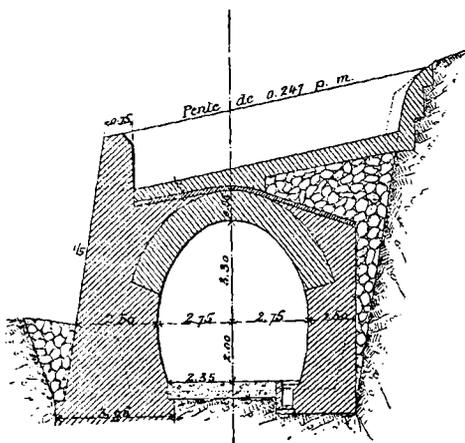


Fig. 2. — Coupe de la tranchée voûtée à 6 mètres du portail d'entrée du tunnel de San Rocco.

Les vides provenant de la chute des matériaux étaient ordinairement remplis par de la maçonnerie sèche, et la paroi postérieure du revêtement était crépie avec du ciment afin d'empêcher les eaux d'infiltration de pénétrer dans ce revêtement et de les forcer à s'écouler par les barbacanes dans la rigole d'assainissement. Cette rigole placée du côté de la montagne a généralement 0<sup>m</sup>,40 de largeur sur 0<sup>m</sup>,75 de hauteur; elle est recouverte par des dalles de grès de 0<sup>m</sup>,12 d'épaisseur. De cinquante en cinquante mètres et du côté de la vallée, on a

établi des niches de 1<sup>m</sup>,80 de largeur et de 2<sup>m</sup>,10 de hauteur. Ainsi que cela se présente, lorsque les tunnels traversent des flancs de montagne suivant une direction oblique, on a été obligé de prolonger la voûte sur une certaine longueur à l'entrée et à la sortie; on a adopté pour toutes les tranchées voûtées le profil uniforme représenté fig. 2. Cette figure donne la coupe transversale de la tranchée voûtée qui précède le tunnel de San Rocco; cette coupe est faite à 6 mètres de distance du portail d'entrée. On a rencontré des difficultés spéciales pour la construction des deux tunnels de Ponte di Muro, d'une longueur respective de 333 mètres et de 360 mètres. La roche était tellement dure qu'il a fallu employer 3,000 kilogrammes de dynamite, 2,000 kilogrammes de poudre, et que la fabrication ou la réparation des outils perforateurs a coûté près de 10,000 francs. On eut aussi à épuiser sans interruption les eaux d'infiltration; on put heureusement se passer d'une ventilation artificielle.

Il n'a pas été possible d'établir un prix moyen pour le percement des tunnels, ce prix variant dans des limites trop étendues avec la composition des roches. Nous dirons seulement que dans le tunnel de San Rocco, les épaisseurs des murs varient 3 fois; elles sont de 0<sup>m</sup>,67, 0<sup>m</sup>,82 ou 0<sup>m</sup>,96. Si l'on prend 0<sup>m</sup>,82 pour épaisseur moyenne, le prix du mètre courant de tunnel ressort à 1,205 fr. 12.

Bulletin de la Réunion des ingénieurs et architectes de Vienne (Autriche).

Détails sur la construction des piles du viaduc du Forth.

— Nous avons publié dans les numéros 53 et 55 une étude très étendue sur les différents projets présentés pour la construction d'un pont de 2,218 mètres de longueur pour la traversée du Forth. C'est le projet de M. Baker qui a été adopté. Nous avons donné la vue en élévation et en plan de ce projet (page 1154, n° 55, fig. 8 et 9).

Le *Railroad Gazette* contient sur le mode de construction de cet ouvrage gigantesque des détails fort intéressants que nous croyons utile de reproduire.

Nous rappelons que le pont en question se compose :

de 2 travées de 510 mètres chacune, soit.....	1020 <sup>m</sup>
2 — 202 <sup>m</sup> ,50 — .....	405
15 — 50 <sup>m</sup> ,40 — .....	756
5 — 7 <sup>m</sup> ,50 — .....	37
Total.....	2218 <sup>m</sup>

La hauteur du tablier du pont au-dessus du niveau des hautes eaux est de 45 mètres.

Les piles principales se composent chacune de quatre piliers cylindriques en maçonnerie et en béton, dont la largeur au sommet est de 14<sup>m</sup>,70 et à la base de 18 à 21 mètres.

La base de la pile la plus élevée se trouve à environ 21 mètres au-dessous du niveau des basses eaux et l'élévation du niveau de l'eau est pour les marées de mascaret ordinaires de 4<sup>m</sup>,80.

La construction du viaduc a commencé en janvier 1883. A l'heure actuelle (octobre 1884), voici quel était l'état d'avancement des travaux :

Sur le chantier se trouvaient 14 chalands, chaloupes et autres bateaux à vapeur, 22 grues à vapeur, 12 grues hydrauliques et 38 grues à main. On employait 28 machines motrices de toutes sortes pour le service des ateliers, l'éclairage électrique, la production de l'air comprimé, la manœuvre des pompes d'épuisement, etc., etc. On avait installé des fours à gaz pour réchauffer les plaques d'acier, une presse hydraulique de 2,000 tonnes pour les ployer, des machines à percer, à raboter et enfin d'autres machines à travailler les métaux.

On comprend que les travaux de fondations soient des plus importants. Parmi ces travaux, il convient de citer le batardeau construit pour la pile sud qui est à 1/4 de mille du rivage. Ce batardeau ne mesure pas moins de 37<sup>m</sup>,80 de longueur sur 22<sup>m</sup>,50 de largeur, ses parois sont formées d'une double rangée de pieux de bois entre lesquels on a tassé de la terre glaise. L'épaisseur de cette couche de terre est de 1<sup>m</sup>,20; le tout est



En A et B on aperçoit les poutres maîtresses qui constituent l'arcature du pont. Comme la hauteur disponible entre le niveau de la route et la ligne des rails était très limitée, on a dû réduire à 0<sup>m</sup>,605 l'espace existant entre le sommet du rail et l'arête inférieure de la poutre à l'endroit de la clé.

La couche de ballast, en ce point, devant avoir une épaisseur de 0<sup>m</sup>,185, on dû employer des poutres à section tubulaire, afin de leur donner la résistance nécessaire.

Sous chaque voie il existe deux poutres maîtresses distantes de 2<sup>m</sup>,50 d'axe en axe.

Ces poutres sont courbées en forme de parabole; elles ont une corde de 12<sup>m</sup>,10 et une flèche de 1<sup>m</sup>,05. Leur hauteur va en croissant à partir du sommet de l'arc jusqu'aux culées. En ce dernier point, leur épaisseur atteint 0<sup>m</sup>,46, tandis qu'au sommet cette dimension est réduite à 0<sup>m</sup>,36.

Chaque poutre est articulée à ses extrémités, c'est-à-dire qu'elle peut tourner autour d'un axe horizontal, ainsi que le montre la fig. 3.

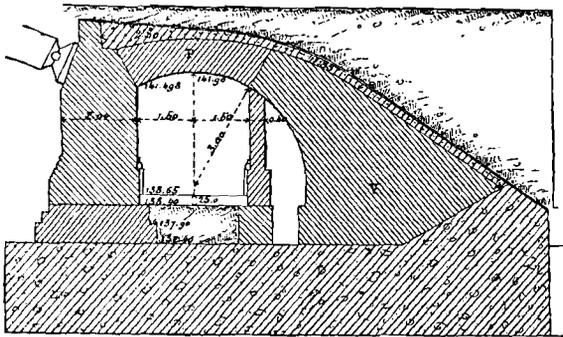


Fig. 3. — Coupe longitudinale de la culée.

Perpendiculairement à l'axe longitudinal de l'ouvrage, sont placées douze poutres, distantes de 1<sup>m</sup>,10 d'axe en axe. Ces poutres transversales sont reliées aux poutres longitudinales ou poutres maîtresses à l'aide de fers cornières.

Le plafond du passage inférieur est constitué par des tôles ondulées DD.

D'autres bandes de tôles ondulées de 0<sup>m</sup>,10 de hauteur et de 4 millimètres d'épaisseur EE recouvrent l'espace existant entre les poutres maîtresses et forment l'extrados de la voûte. Ces bandes de tôle ondulée ne passent pas au-dessus de la table supérieure des poutres maîtresses en forme de caissons à section rectangulaire; on voit (fig. 2) que ces poutres sont recouvertes avec du fer plat de 5 millimètres.

Les eaux d'infiltration qui proviennent du ballast tombent sur le plafonnage en tôle ondulée DD, et s'écoulent par les rainures de cette tôle formant gouttières dans un tuyau qui les conduit dans les fossés latéraux de la route, de sorte que cette dernière est préservée de toute humidité.

On a pu éviter complètement le bruit produit par les vibrations dues au passage des trains en rivant solidement toutes les parties de ces constructions métalliques,

Les voies entièrement métalliques sont posées directement sur la couche de ballast ainsi que le montre la fig. 2.

Les deux passages latéraux pour piétons ont été ménagés dans l'épaisseur de la culée en maçonnerie.

La fig. 3 représente une coupe en travers de cette culée et indique suffisamment son mode de construction.

Voici la désignation des divers passages inférieurs qui ont été établis sur le type qui vient d'être décrit, ainsi que l'ouverture de ces passages et la hauteur disponible au sommet de l'arc et des culées :

DÉSIGNATION DE L'OUVRAGE	Ouverture en mètres du passage.	Hauteur sous poutres.	
		au sommet de l'arc.	aux culées.
3 passages inférieurs de la ligne de Strasbourg à Kehl.....	10,00	4,16	2,63
1 passage inférieur sur la route de Schirmeck.....	12,50	4,21	2,82
1 passage inférieur a) ouverture principale à la porte de Saverne.....	12,00	4,335	3,25
à la porte de Saverne..... b) passage pour piétons	2 fois 3,00	3,00	2,60
2 passages inférieurs a) ouverture principale à la porte Nationale.....	12,00	4,585	3,50
b) passage pour piétons	2 fois 3,00	3,25	2,85

(Centralblatt der Bauverwaltung.)

**Installation d'un chemin de fer funiculaire (système Agudio) dans les environs de Turin, à la Superga.** — Voici quelques détails intéressants sur la construction d'un chemin de fer funiculaire (système Agudio) qui a été livré à la circulation au printemps de l'année 1883.

On sait que le principe du système Agudio consiste à faire pousser ou à tirer le wagon ou un train par un moteur spécial mis en mouvement par un câble sans fin.

Dans le cas qui nous occupe, le brin montant du câble sans fin agit seul et ce câble est placé, non plus dans l'axe de la voie, mais en dehors de celle-ci. Le chemin prend son origine à Lassi, station terminus du tramway à vapeur de Turin, Gassino, Brusasco, dont le parcours est de 3 kilomètres, et sert à monter les voyageurs au sommet de la montagne, c'est-à-dire à la cote 658 mètres au-dessus du niveau de la mer. En ce point, on a une vue superbe, et il existe une vieille basilique qui est visitée par de nombreux touristes.

La longueur totale de la voie est de 3,130 mètres et la différence d'altitude entre ses deux extrémités est de 419 mètres; la déclivité moyenne est de 13,4 0/0 et la déclivité réelle varie entre 0 et 20 0/0.

La vitesse de marche est de 2<sup>m</sup>,50 par minute, ce qui donne, pour la durée totale du trajet, vingt minutes.

La ligne est établie sur un terrain très accidenté; aussi ne compte-t-on que la moitié du parcours en alignement, le reste est en courbes dont le rayon varie de 300 mètres à 1,000 mètres.

On a été obligé de percer deux petits tunnels de 67 et de 61 mètres de longueur et de creuser deux tranchées de 8 et de 10 mètres de profondeur. Les ouvrages d'art consistent, en outre, en deux ponts, dont un métallique, l'autre en maçonnerie; on a dû établir aussi de nombreux murs de soutènement. Entre les deux stations, on a construit deux haltes.

Quant à la voie, elle a un écartement de 1<sup>m</sup>,49; elle se compose de rails Vignole de 17 kilogr. par mètre, posés sur des longrines en chêne de 18 sur 18 centimètres d'équarrissage. Dans ces longrines on a encastré des traverses métalliques en forme de U renversé, qui pèsent 9<sup>k</sup>,50 par mètre courant et dont les dimensions sont les suivantes: longueur, 1<sup>m</sup>,70; largeur, 0<sup>m</sup>,112. Ces traverses s'appuient contre des pieux battus à 1<sup>m</sup>,70 de profondeur; on s'oppose ainsi au glissement de la voie.

En règle générale, les traverses sont placées à l'écartement de 1<sup>m</sup>,35; mais, dans les parties en courbe, cet intervalle est réduit à 0<sup>m</sup>,90.

Dans les endroits où existent des poulies-guides, on pose deux traverses plus longues écartées de 0<sup>m</sup>,45.

Dans l'axe de la voie, se trouve une longrine en bois de 27 sur 21 centimètres d'équarrissage, sur laquelle on a fixé une crémaillère construite à l'aide de deux fers à L assemblés tous les 50 millimètres avec des rivets placés de telle sorte que les axes des rivets situés sur l'une des ailes du fer se trouvent en face de l'intervalle existant entre deux rivets consécutifs placés sur l'aile en regard. Autour de ces rivets s'enlace un ruban en acier de 110 millimètres de largeur et de 12 millimètres d'épaisseur. Chaque neuvième rivet est remplacé par un boulon qui fixe la crémaillère sur la longrine. La longueur des rubans d'acier est de 1<sup>m</sup>,80; par suite des ondulations, elle se

uit à 0<sup>m</sup>,90. Les fers en □ n'ont eux-mêmes que 1<sup>m</sup>,80 de longueur, de sorte qu'on peut facilement suivre les courbures de la voie. Ajoutons que les joints de ces fers, et ceux de ces rails alternent ensemble, de sorte que la crémaillère forme un anneau continu.

En plan, la crémaillère, de forme toute spéciale, que nous venons de décrire, offre l'aspect d'une ligne en zig-zag; elle pèse 54 kilogr. par mètre courant.

La traction des voitures est faite à l'aide d'un câble d'acier de 23 millimètres de diamètre, composé de six torons s'enroulant autour d'une âme en chanvre. Chaque toron est formé de six fils de 1<sup>m</sup>,8 de diamètre, ce qui donne au câble une section de 122 millimètres carrés. Ce câble pèse 1<sup>m</sup>,5 par mètre courant. Il est mis en mouvement à la station inférieure; à cet effet, il s'enroule quatre fois autour de deux tambours verticaux distants d'environ 20 mètres; l'un de ces tambours est fixé sur l'arbre moteur de la machine, l'autre sur un arbre soutenu par un châssis mobile dans le sens de sa longueur, sur un socle en maçonnerie. Cette disposition a pour but de permettre de régler la longueur du câble, dans le cas où on aurait besoin de marcher des trains plus lourds, ce qui forcerait à installer un nouveau locomoteur.

Le câble passe, à la station terminus située au sommet de la montagne, sur une poulie et revient ensuite à son point de départ en restant à 4<sup>m</sup>,25 au-dessus du niveau de la voie et est soutenu par des poulies-guides. Les quatre tambours ou câbles sur lesquelles passe le câble ont 4 mètres de diamètre, tandis que celles du locomoteur ont seulement 2 mètres.

Dans les parties en alignement, la branche montante du câble passe contre des poulies horizontales en fonte de 0<sup>m</sup>,35 de diamètre, distantes de 16 à 18 mètres, disposées de façon à être résistantes contre la poussière et à pouvoir être graissées facilement. Dans les parties en courbes, la distance entre ces poulies est réduite à 8 ou 10 mètres; un levier saillant, placé du côté inférieur à la convexité de la courbe, sert à ramener le câble sur la jante de la poulie.

Pendant que la branche montante du câble longe la voie en restant à une distance constante de son axe, la branche descendante se meut en ligne droite, elle est soutenue par des poulies-guides placées à 100 mètres les unes des autres; ces poulies sont montées sur des socles maçonnés de forme circulaire; elles ont 1 mètre de diamètre dans les parties droites et 2<sup>m</sup>,30 dans les parties en courbe. Dans le premier cas, leur axe est horizontal; dans le second cas, il est vertical.

En ce qui concerne le locomoteur, il est intéressant de remarquer qu'il se compose essentiellement d'un truc à deux essieux qui porte deux arbres horizontaux munis chacun à leur extrémité gauche, et à une distance de 1<sup>m</sup>,20 de l'axe longitudinal du truc, de deux poulies motrices sur lesquelles s'enroule le câble. Ces deux poulies transmettent leur mouvement à deux arbres verticaux au moyen d'engrenages coniques. Ces arbres verticaux portent à leur partie inférieure des roues dentées qui engrènent avec la crémaillère décrite précédemment.

Afin de pouvoir modérer le mouvement au départ, et de permettre au conducteur d'arrêter le train, on a disposé un mécanisme à l'aide duquel ce conducteur peut embrayer ou désembrayer les roues dentées avec la crémaillère. Ce mécanisme permet également de faire marcher le locomoteur en arrière entre les stations. En cas de rupture du câble, on a disposé quatre butoirs en contact permanent avec la crémaillère lorsque le train gravit la rampe; on les écarte lorsque le train descend, il suffit, pour cela, de manœuvrer une roue spéciale. Lorsque le train descend, c'est l'action seule de son poids qui provoque son mouvement, et l'on maintient ce dernier à une vitesse uniforme à l'aide d'un frein consistant en deux sabots manœuvrés avec une manivelle et que l'on applique contre des disques en fonte montés sur les arbres verticaux dont il a déjà été question. Ces disques sont constamment arrosés d'eau afin d'empêcher leur chauffage. Outre ce frein à friction, on dispose encore de deux machoires qui saisissent la longrine en dessous de la crémaillère.

Les dimensions des divers organes du système de locomotion sont calculées de façon que le câble ait une vitesse quatre fois et demi plus grande que le chariot.

Un train normal se compose de trois wagons contenant en tout cent cinquante personnes.

Dans les cas d'affluence de voyageurs, on compose le train de six wagons et de deux locomoteurs; un pareil train pèse trente-six tonnes et exige une force motrice de 246 chevaux-vapeur. On admet que la machine à vapeur a un rendement de 50 0/0; sa force est donc de 500 chevaux.

La tension du câble est de 1,640 kilogr., ce qui donne un effort de 13 kilogr. 1/2 par millimètre carré. Ce câble peut résister à une tension effective de 140 kilogr. par millimètre carré.

(Schweizerische Bauzeitung.)

**Nouveau système de barrages mobiles construits en Amérique pour l'amélioration du fleuve Kanawha.** — Le fleuve Kanawha qui est un affluent de l'Ohio sert au transport des produits des houillères situées dans la Virginie occidentale. On a fait récemment une série de travaux destinés à assurer à ce cours d'eau une profondeur constante de 2<sup>m</sup>,10; ces travaux consistent dans la construction de digues et d'écluses.

Les barrages sont mobiles de façon à pouvoir être effacés pendant les hautes eaux et laisser la rivière entièrement libre pour le passage des barques lourdement chargées qui y circulent.

La partie mobile du barrage se compose de hausses en bois de 5 mètres de hauteur et de 1 mètre de largeur tournant autour d'un arbre horizontal A placé à mi-hauteur ainsi que l'indique la fig. 1. Cet arbre forme la traverse supérieure d'un chevalet mobile C autour d'un axe horizontal inférieur a dont les extrémités pénètrent dans des coussinets solidement fixés par des boulons dans le massif de fondation ou dans la roche quand cette dernière constitue le sous-sol. Le chevalet est maintenu dans une position presque verticale par une contre-fiche articulée D dont le pied vient buter contre un cran d'arrêt E.

Chaque hausse s'appuie par son arête inférieure contre un seuil S, et reste verticale jusqu'à ce que le niveau de l'eau s'élève suffisamment. A ce moment la résultante des pressions exercées par les filets liquides ayant son point d'application au-dessus de l'axe horizontal de rotation de la hausse mobile, cette dernière bascule de l'amont vers l'aval. Il suffit alors de déplacer l'extrémité inférieure de la contrefiche de façon à lui faire échapper son cran d'arrêt pour que l'ensemble du mécanisme se replie en s'appliquant sur le seuil du barrage et que toute la hauteur de la rivière soit disponible pour la navigation. Lorsque les hausses sont abaissées, elles se trouvent à un niveau inférieur à celui de la surface supérieure des bancs de sable voisins, de sorte qu'elles ne constituent pas d'obstacle pour le curage de la passe.

On déplace les extrémités inférieures des contrefiches, en les poussant latéralement par deux tringles manœuvrées au moyen d'engrenages établis d'un côté de la passe dans une chambre ménagée dans le mur de l'écluse et de l'autre côté dans une chambre semblable pratiquée dans une pile en maçonnerie.

En amont des hausses mobiles, on a disposé une passerelle P supportée par des chevalets de 5<sup>m</sup>,10 de hauteur environ (Voir fig. 1). Ces chevalets sont réunis à leur partie supérieure par des fers à T sur lesquels roule un chariot portant un treuil qui sert au relèvement des hausses. Sur ce chariot s'enroule une chaîne dont l'extrémité est attachée à la partie inférieure de la hausse; il suffit donc de faire tourner le treuil pour exercer une tension dont l'effet sera de ramener dans une position verticale les chevalets du barrage supposés abaissés. La contrefiche se relève, en même temps son extrémité inférieure glisse dans une rainure et vient finalement buter contre le cran d'arrêt. Quant à la hausse, elle se maintiendra dans une position parallèle au courant sans gêner l'écoulement de l'eau et, par suite, sans provoquer de remous. Lorsque toutes les hausses sont ainsi placées, il suffit de dérouler les chaînes qui les maintien-

nent dans leur position horizontale pour que ces hausses se redressent par suite de l'excès de poids de leur culasse.

Les barrages de ce système construits sur le fleuve Kanawha comprennent 62 hausses, ce qui donne, quand elles sont abaissées, un chenal navigable de 74<sup>m</sup>,40 de largeur. Il existe un intervalle de 0<sup>m</sup>,10 entre deux hausses consécutives ; lorsque les eaux sont basses, on peut masquer cet intervalle avec des couvre-joints de façon à donner au barrage toute l'étanchéité possible.

Lorsque les hausses sont abaissées, on enlève successivement les fers à T qui réunissent les chevalets du pont de service et on abaisse ensuite ces chevalets qui sont mobiles autour d'un

relève dès que la crue diminue et au besoin on replace les couvre-joints.

On manœuvre encore les hausses du barrage de la passe non navigable à la fin d'une crue.

En effet, le redressement des hausses de la passe navigable a pour résultat de produire à l'amont un relèvement du plan d'eau et, par suite, un excès de pression qui générerait la manœuvre.

C'est alors qu'on abaisse les hausses de la passe non navigable, afin de permettre à l'eau accumulée à l'amont de s'écouler par cette passe. Pour qu'on puisse exécuter facilement la manœuvre précédente, l'axe de rotation des hausses mobiles

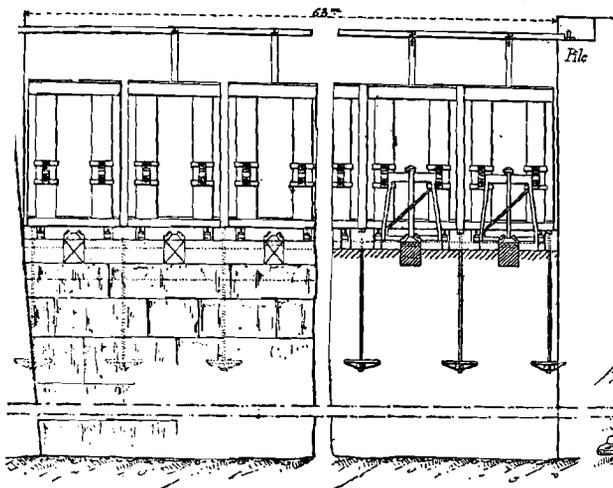


fig. 2. — Élévation partielle du barrage.

Fig. 3. — Coupe longitudinale du barrage.

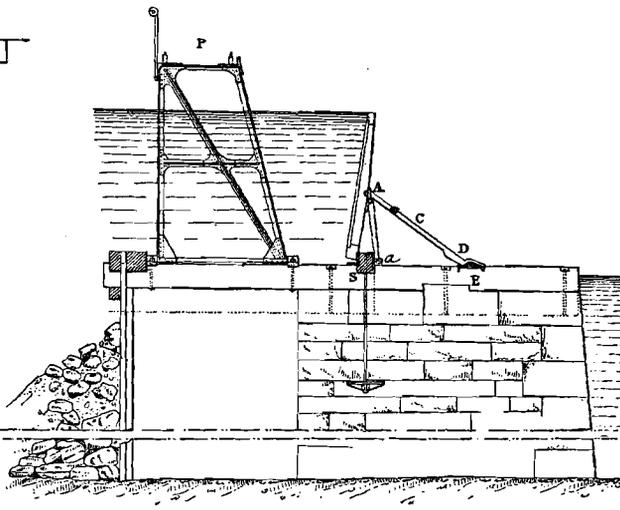


Fig. 1. — Coupe transversale du barrage.

axe dirigé parallèlement au courant et maintenu dans des coussinets. Les extrémités supérieures des chevalets sont réunies par des chaînes qui permettent de les relever.

L'écluse et le barrage s'étendent sur environ la moitié de la largeur du fleuve ; la seconde moitié est occupée par un barrage fixe qui s'appuie d'un côté à la pile qui termine le barrage mobile, et de l'autre côté à la culée de rive. Ce barrage est construit en maçonnerie fondée sur le lit rocheux de la rivière ; son arête supérieure se trouve à 1<sup>m</sup>,50 ou 1<sup>m</sup>,80 au-dessus du niveau des digues de rive : cette hauteur de 1<sup>m</sup>,50 à 1<sup>m</sup>,80 est occupée par une partie mobile formée de hausses à chevalets du même modèle que celles décrites ci-dessus ; ce second barrage constitue une passe non navigable servant à l'écoulement de l'eau, lorsque le niveau de la rivière n'est pas assez élevé pour que la navigation se fasse par la passe navigable.

Les sommets des hausses de la passe non navigable sont au même niveau que ceux des portes de la grande passe navigable. On peut empêcher ainsi le niveau de l'eau dans le bief d'amont de s'élever au-dessus de l'arête supérieure des portes de l'écluse et régler ce niveau de manière qu'il y ait toujours la hauteur d'eau nécessaire pour la navigation.

Pour s'en rendre compte, il suffit de se reporter aux instructions données à l'éclusier pour régulariser le niveau de l'eau dans le bief d'amont.

Au moment des basses eaux, toutes les hausses de la passe navigable et du barrage doivent être relevées et un nombre déterminé d'interstices existant entre ces hausses doivent être recouverts avec des couvre-joints pour empêcher les pertes d'eau. Les eaux à l'amont se trouvent ainsi maintenues au niveau de l'arête supérieure des hausses.

Les choses étant ainsi disposées, le treuil de manœuvre doit être prêt à fonctionner. Si la crue augmente, on enlève un certain nombre de couvre-joints, afin de faciliter l'écoulement de l'eau ; si, après avoir enlevé tous les couvre-joints, le niveau continue à s'élever on abaisse un certain nombre de hausses, on les

de la passe non navigable a été placé aux 2/3 de la hauteur de ces hausses à partir de leur arête supérieure ; dans ces conditions, la stabilité des hausses est assurée, tant que le niveau de l'eau à l'amont ne dépasse pas leur sommet ; si ce niveau s'élève, l'équilibre est détruit et les hausses de la passe non navigable basculent automatiquement, tandis que les hausses de la passe navigable continuent à rester verticales. On évite ainsi les accidents qui pourraient se produire si l'éclusier oubliait d'abaisser les hausses de la passe non navigable au moment d'une crue.

Le barrage mobile construit à Charleston suivant le système qui vient d'être décrit fonctionne depuis le mois d'août 1880 ; il est situé à l'extrémité d'un bief de 1810 mètres de longueur dont la navigation se trouve ainsi assurée en tout temps.

On a construit un grand nombre de barrages mobiles du même type pour améliorer le cours du Kanawha, depuis les houillères que dessert ce fleuve jusqu'à l'Ohio, dans lequel il se jette.

**Progrès réalisés dans l'exécution des travaux de mines en Autriche-Hongrie.** — Depuis quelques années on est parvenu à se rendre un compte plus exact de l'effet produit par l'explosion d'une mine. Une des opérations les plus importantes exécutées dans ces derniers temps a été l'approfondissement du fond rocheux d'un bassin du port de Pola pour permettre aux navires de gros tonnage d'aborder près d'un quai où se trouve établie une grue de grandes dimensions.

Le problème consistait à creuser ce bassin à l'aplomb du mur de quai, en se servant de la dynamite, et sans endommager ce mur ni aucun des ouvrages d'art environnants.

On a employé à cet effet des cartouches de 3 kilog. de dynamite n° 1 ou de 3 kilog. de gélatine explosive. On en faisait détoner de 3 à 6 à la fois. Il a fallu poser des mines à 10 mètres de distance de l'assise en pierre qui supporte le quai du port et l'énorme grue, dont il a été parlé ci dessus, à 40 mètres de distance de la Custozza, frégate cuirassée en stationnement dans

port, et enfin, à 50 mètres seulement de distance du flanc d'une frégate en bois. Aucun accident ne s'est produit et la mise a été approfondie de 45 centimètres au moyen de dragues.

Quelque temps après, on fit de nouveaux essais, ayant pour but de s'assurer s'il était possible de détruire une digue de batardeau existant dans le même port de Pola, sans nuire aux ouvrages avoisinants, ni au murs en maçonnerie qui la terminent. On pratiqua à cet effet dans la paroi postérieure de ladite digue, 8 mines que l'on chargea d'après les règles indiquées par Lauer. Le prix de revient de cette démolition a été inférieur à celui qui avait été demandé par certains entrepreneurs pour la destruction de cet ouvrage. L'auteur de la note que nous reproduisons ici estime que l'économie réalisée a été supérieure à 55 0/0, et il croit qu'en employant la méthode ci-dessous indiquée, cette économie eut été encore plus considérable.

Voici en quoi consisterait cette méthode :

La digue de retenue qu'il s'agissait de détruire, affectait en plan la forme d'un rectangle allongé et, en coupe longitudinale, forme d'une cuvette ayant dans son axe une profondeur de 8 mètres. Cette profondeur allait naturellement diminuant à mesure qu'on s'éloignait de l'axe pour se rapprocher des bords du chenal qui était barré par la digue.

Ceci posé, on aurait dû établir 15 rangées de trous de mine, perpendiculairement à l'axe longitudinal de la digue.

Le nombre total des mines à pratiquer se serait élevé alors à 160, savoir :

40 mines de 8 <sup>m</sup>	»	de profondeur	chaque,	soit	320	mètres.
20	—	7 <sup>m</sup>	»	—	140	—
20	—	6 <sup>m</sup> ,40	—	—	128	—
20	—	5 <sup>m</sup> ,80	—	—	116	—
20	—	4 <sup>m</sup> ,40	—	—	88	—
20	—	2 <sup>m</sup> ,80	—	—	56	—
20	—	1 <sup>m</sup> ,60	—	—	32	—

Ces trous de mine auraient eu 45 millimètres de largeur chacun, et si on additionne leur longueur, on arrive à un chiffre total de 880 mètres. Afin de juger de l'effet utile d'une pareille disposition, on avait fait partir une mine d'essai. L'explosion avait eu pour résultat de désagréger une masse de terre en forme d'entonnoir de 1<sup>m</sup>,50 de rayon et de 1<sup>m</sup>,50 de profondeur. La charge de la mine était de 1<sup>m</sup>,600.

L'auteur estime que, si on avait suivi la méthode qu'il préconisait, on aurait dû loger dans chacun des trous de mine ci-dessus désignés, et suivant leur profondeur, 4, 3, 2 ou 1 charge ; qui aurait conduit à une dépense de dynamite de 315<sup>m</sup>,00, savoir :

charges placées au-dessus des trous dans chacune des..	40 mines de 8 <sup>m</sup> » de profondr soit 160 charg.	20	7 <sup>m</sup>	»	—	80	—
..	20	6 <sup>m</sup> ,40	—	—	80	—	—
..	20	5 <sup>m</sup> ,80	—	—	60	—	—
..	20	4 <sup>m</sup> ,40	—	—	40	—	—
..	20	2 <sup>m</sup> ,80	—	—	40	—	—
..	20	1 <sup>m</sup> ,60	—	—	20	—	—

Soit au total 480 charges représentant un poids de 480 × 720 = 315<sup>m</sup>,00 de dynamite.

On aurait mis le feu simultanément à toutes les charges d'un même trou; on aurait ensuite enlevé au moyen de la drague les matériaux désagrégés.

On trouve un exemple intéressant d'emploi de la dynamite dans les travaux qui s'exécutent actuellement pour le percement de l'isthme de Corinthe.

Voici le programme adopté pour la conduite de ces travaux.

On a fait dans toute la longueur du canal projeté une tranchée d'une certaine profondeur. Cette tranchée a été exécutée à la mine. Les trous de mine, qui avaient jusqu'à 60 mètres de profondeur, étaient percés à l'aide de perforatrices à deux cylindres de 120 millimètres de diamètre et 150 millimètres de course. Les tringles de sondage avaient 78 millimètres d'épaisseur et étaient munies d'une couronne en diamant de 90 millimètres. Le tracé adopté pour le canal coïncide à peu près exacte-

ment avec celui de l'ancien canal de Néron, dont on aperçoit encore des vestiges aux deux extrémités. Les déblais ont été exécutés d'après la méthode anglaise.

On a commencé le percement par les deux extrémités. Les trous de mine ont une profondeur de 8 mètres au-dessous du 0; ils sont verticaux et disposés par rangées de 5 à 7 sur des lignes perpendiculaires à l'axe du canal; ils sont enfin écartés les uns des autres de 5 mètres, d'axe en axe. On met le feu simultanément à tous les trous d'une rangée. Lorsque le profondeur du trou de mine dépasse 15 mètres, la mise à feu se fait par gradins, mais toujours de façon à ne pas gêner les travaux de la drague.

Lorsque la tranchée sera terminée, entre les kilomètres 2,050 et 4,800, on commencera le travail de forage des trous de mine de 60 mètres avec 12 machines à forer, dont 6 au kilomètre 2,4 et 6 au kilomètre 4,8. Ces machines se dirigeront vers le milieu du canal. On attaquera le terrain en 4 gradins de 15 mètres de hauteur et 3 mètres de largeur.

Avant d'exécuter ces travaux, on devra creuser des puits destinés à fournir l'eau nécessaire aux forets et aux accumulateurs pour la force motrice.

Les trous de mine une fois percés, on les bouche au moyen de rondins jusqu'au moment du chargement. Pour effectuer ce chargement, on commence par procéder à un nettoyage et à un séchage, on remplit ensuite les trous, jusqu'à 15 mètres du bord supérieur, avec du sable fin très sec. En admettant que l'on commence les travaux de déblaiement à la mine au kilomètre 2,4 (coté Kalamaki), l'explosion de la première série de mines aura lieu à + 7 mètres au-dessus du 0, la deuxième à + 22 mètres, et la troisième à + 37 mètres.

Les charges se trouvent dans des enveloppes imperméables à l'eau, recouvertes de papier parchemin.

Chaque charge est de 12 kilog. de dynamite n° 1; elle a un diamètre de 0<sup>m</sup>,085 et une longueur de 1<sup>m</sup>,50; elle contient à la partie supérieure une capsule de 0<sup>m</sup>,600 de fulminate.

Chaque trou de mine reçoit 3 charges, ainsi composées : ces charges sont placées les unes au-dessus des autres; la première au fond, la deuxième à 4 mètres de la première, et enfin, la troisième à 2<sup>m</sup>,50 du bord supérieur de la mine. Les intervalles, entre les charges, sont remplis de sable fin et sec, ce qui dispense de l'emploi de bourres.

Au moment de la mise à feu, on bourre et on garnit de 3 charges isolées les 5 trous du gradin inférieur, les 5 trous du deuxième gradin, les 5 trous du milieu du troisième gradin, enfin la première rangée de 7 trous qui se trouvent sur le fond de la tranchée, et d'une charge seulement, les trous d'aile du troisième gradin. La répartition alors est la suivante :

1°		5 trous à 3 charges	: 15 mines.
2°		5 — 3 —	: 15 —
3°	{	5 trous à 3 charges	} 47 mines,
	{	2 — 1 —	
4°		7 trous à 3 charges	: 21 mines.

soit en tout 63 charges à 12<sup>m</sup>,10 chacune, ce qui donne 822<sup>m</sup>,8 de dynamite n° 1. Les 4 rangées de mines communiquent ensemble à une machine d'induction qui met le feu à l'aide de fils conducteurs. 40 rotations de manivelle de cette machine d'induction suffisent pour produire l'électricité nécessaire pour faire sauter simultanément les 63 mines.

Comme la tranchée inférieure a 60 mètres de profondeur, 22 mètres de largeur à la base et 34 mètres au sommet, et comme les mines ont une proéminence de 3 mètres, il en résulte que l'explosion produit une désagrégation de  $60 \times 1/2 (22 + 34) \times 3 = 5,040$  mètres cubes; il faut donc, pour désagréger 1 mètre cube de roche, 0<sup>m</sup>,163 de dynamite n° 1, 0<sup>m</sup>,0135 de cartouche et 0<sup>m</sup>,1 de fil.

Le personnel employé pour effectuer le chargement par gradin, se compose d'un chef mineur et de 4 ouvriers, soit au total 4 chefs mineurs et 16 ouvriers placés sous la surveillance d'un ingénieur.

Entre le chargement et la mise à feu, on compte qu'il s'écoule 2 heures 1/2.

Les expériences ont démontré que 12<sup>l</sup> de dynamite, placés dans un trou de mine de 3<sup>m</sup>,60 de profondeur et de 3 mètres de largeur, donnent par l'explosion un entonnoir de 3 mètres de diamètre, d'où l'on peut conclure qu'il faut établir les mines à 6 mètres de distance; pour avoir un plus grand effet, on les met à un écartement de 5 mètres seulement.

Le chantier de déblaiement, ayant 2,400 mètres de longueur, il faut disposer 800 séries de trous de mine, c'est-à-dire 4,000 trous ayant 60 mètres de profondeur et 1,600 trous ayant 19<sup>m</sup>,50 de profondeur.

La quantité de dynamite à employer pour opérer le déblaiement est estimée à 1,120,000 kilog.

(Société des Ingénieurs et Architectes de Vienne.)

**De l'emploi du ciment ou du mortier de ciment et de chaux.** — Dans certaines constructions, telles que les étables où le sol reçoit des liquides et des matières corrosives, on a pensé que l'on pouvait employer avantageusement le béton de ciment. Mais il résulte d'expériences faites en Allemagne, à Königsberg, que ce béton n'offre pas la résistance que l'on croyait. Ainsi, au bout de 5 années, des mangeoires d'une porcherie construites en maçonnerie de briques et de ciment étaient complètement détruites. De plusieurs autres exemples, on doit conclure que tous les liquides, et en particulier les urines qui renferment des acides phosphorique, sulfurique et azotique, et d'autres acides organiques amènent la prompte détérioration du béton de ciment et de mortier de chaux. La seule matière qui résiste aux attaques de ces liquides est l'asphalte. Ainsi donc le meilleur pavage pour les étables est celui de briques recouvertes d'une couche épaisse d'asphalte. Il convient de recouvrir aussi les murs de ces bâtiments de 3 couches de goudron, afin de les préserver de l'humidité.

(Centralblatt der Bauverwaltung.)

**Les chemins de fer en Amérique.** — On sait qu'en Amérique, toutes les lignes de chemin de fer ne sont pas construites avec des voies de même écartement. On a reconnu le grand inconvénient de cet état de choses et on cherche à arriver le plus promptement possible à une uniformité complète.

Les écartements des rails varient depuis 0<sup>m</sup>,61 jusqu'à 1<sup>m</sup>,83; on trouve 16 écartements de voie différents, répartis entre 531 lignes d'une longueur totale de 208.622 kilomètres.

La voie la plus répandue a un écartement de 1<sup>m</sup>,077; elle est surtout employée dans les Etats du Sud. On compte aussi un assez grand nombre de lignes construites à l'écartement de 0<sup>m</sup>,915. Mais, d'une manière générale, on peut dire que la voie étroite n'est adoptée que pour les lignes locales d'importance secondaire.

(Engineering News.)

## Correspondance

**Treuil mu par l'électricité.** — L'électricité a été appliquée par la Compagnie du Nord dans sa gare de marchandises de la Chapelle au déchargement des sacs de sucre et de grains, et cette application a été couronnée de succès malgré les difficultés qu'il s'agissait de vaincre. Il fallait, en effet, réaliser successivement ou simultanément un travail de translation en avant ou en arrière et de montée et de descente.

Voici comment a été résolu le problème : Le courant électrique fourni par une machine Gramme placée à 690 mètres de distance, est envoyé dans un treuil composé d'un chariot à 4 roues roulant sur des rails et sur lequel sont montées deux machines électriques Siemens.

L'une de ces machines donne le mouvement d'avant ou d'arrière tandis que l'autre exécute le mouvement d'ascension ou de descente. Ces deux machines Siemens sont reliées à la machine Gramme génératrice par un câble de 7 millimètres de diamètre.

Avec 6 hommes, y compris le chauffeur et le surveillant des

machines électriques, et en se servant exclusivement de l'appareil, on élève en moyenne une pile de 100 sacs en 43 minutes.

Lorsqu'on utilise seulement le treuil pour les mouvements éleveurs en brouettant les sacs à pied d'œuvre, on met 33 minutes pour effectuer la même opération.

On a pu également en 35 secondes, prendre sur un wagon, lever et porter au bout du chemin de roulement (lequel a 23 mètres de longueur) et descendre un poids de 140 kilos et enfin revenir au point de départ.

Le problème de l'utilisation de la force électrique à la manutention des marchandises est donc résolu, tant au point de vue de la vitesse qu'au point de vue du prix de revient. En effet, les expériences de la Chapelle ont montré que les résultats sont au moins égaux à ceux qui étaient obtenus à bras d'hommes avec des ouvriers choisis pour leur force musculaire. Il est donc maintenant acquis que l'électricité est appelée à rendre de grands services pour la transmission de la force à faible distance.

## Bibliographie

### Ouvrages relatifs à la construction des chemins de fer.

#### AVANT-PROPOS

La maison J. Baudry (Paris, rue des Saints-Pères, 15) a mis en circulation cette année (1884) l'ouvrage dont la teneur suit : *Instructions pour la préparation des projets et la surveillance des travaux de construction de plate-forme des chemins de fer, suivies de tables*, par L. Partiot, inspecteur général des Ponts-et-Chaussées.

Assurément, le sujet n'est pas neuf et l'on doit tenir un certain compte à cet auteur d'avoir eu le courage d'aborder de nos jours un point auquel pas un écrivain technique un peu connu, sans compter les inconnus, n'a épargné une exhibition et ce, depuis un temps déjà immémorial.

En effet, sans parler des leçons faites par Minard, en 1834, à l'école des Ponts-et-Chaussées, ni de celles continuées par ses successeurs, ni du cours suivi à l'Ecole centrale, depuis une époque analogue, et, pour rentrer dans la publicité ordinaire et en dehors de l'enseignement professionnel, dès 1853 (il y a de cela trente ans et plus) une publication scientifique et administrative, le journal *l'Ingénieur*, donnait des instructions générales pour servir aux études à faire sur le terrain, en cas de reconnaissance, en cas d'avant-projet, en cas de projet définitif, concernant les chemins de fer, généralités d'ailleurs rédigées sur les « instructions particulières » d'une foule de petites Compagnies qui, par leur fusion, ont constitué plus tard les six grandes Compagnies P. L. M., Est, Nord, Ouest, Orléans et Midi.

En 1854, Vindrinet lançait son *Guide pratique pour le tracé des chemins de fer*, matière sur laquelle, en 1847, Bourdaloue avait eu, dans sa notice relative au nivellement, quelques velléités d'occupation.

En 1855, Perdonnet éditait son *Cours élémentaire*.

Depuis, nous avons vu, pour ne parler que des ouvrages restreints les plus remarquables, le *Manuel* de Gonin traitant du tracé et de la construction des voies ferrées en 1877, les *Notions pratiques sur les opérations de tracé* par L. Vallée fils, parues en 1877 également, le *Guide pratique* de Cambier (1879), sans oublier les *Carnets* de Déglin, le *Manuel* d'Endrès, l'*Introduction* de Claudel et autres *vade-mecum* qui tous touchaient peu ou prou à la question.

Et, à côté de ces citations qui visent des livres élémentaires, que de fois le sujet est traité et retraité avec plus ou moins de développements dans les grandes publications, dans les *Annales industrielles*, dans les *Chemins économiques* d'Oppermann, dans les ouvrages de Goschler, dans la *Revue générale des chemins de fer*, dans le *Dictionnaire des Arts et manufactures* de Laboulaye, dans le *Dictionnaire de l'industrie et des arts industriels*, dans les *travaux publics de la France*.... (un mo-

ste ouvrage coûtant 750 fr. et consacrant un article de 120 pages à la question), et enfin dans l'*Encyclopédie* de Debauve, ce sont les compilateurs !

Mais arrêtons là cet essai de nomenclature qui ne représente peut-être pas la dixième partie des écrivains que l'on pourrait trouver responsables du fait, et cela en raison de la réflexion après dont la réalité est hors de toute discussion, à savoir : il n'est pas, dans les grandes et petites Compagnies de France, de cabinets d'Ingénieur ou de chef de section un peu arquant qui ne renferment des monceaux de circulaires, ordres de service, dossiers d'adjudication, rapports, marchés, vis, séries, types et projets formant une véritable bibliothèque, une énorme encyclopédie, un cours complet en la matière, puis alimenté constamment et tenu au niveau de l'actualité par des instructions générales ou spéciales, émanant tant des bureaux d'Ingénieurs en chef que des Directions et des sous-Directions. Aussi y aurait-il lieu de féliciter de leur audace les écrivains qui osent encore se lancer à la suite des autres, sur ces sentiers trop frayés, si l'on ne venait à se rappeler qu'il y a des incorrigibles qui calculent de nos jours des tables pour tracés de courbes, de même que, parallèlement, dans l'enseignement des mathématiques pures, on trouverait aussi des fabricants de trigonométrie.

Or, si tout n'a pas été moissonné, il ne s'en faut pas de beaucoup, et en fait il ne reste plus guère qu'à glaner, il reste, surtout, à écrire à un point de vue réaliste, à mettre au jour les trucs de la bureaucratie, les trucs des services, à prendre la mesure sur le fait, à traduire la pratique en chapitres, paragraphes et alinéas ; c'est ainsi par exemple que la question des entreprises, de leur mode de faire, de leurs mœurs, de leurs allures, de leurs qualités ou de leurs défauts, constitue notamment un sujet sérieux, encore peu atteint, mais le reste arrive trop tard dans un monde trop vieux.

Il y a vingt ou trente ans, ces livres élémentaires auraient pu faire la gloire et le succès d'un auteur, mais tout cela est tombé dans le domaine du public et surtout d'un public certainement fatigué, pour avoir reçu à travers jambes nombre d'ouvrages insuffisants et avoir eu souvent, en pâture, viande crue sous la dent. On nous objectera certainement l'instruction des débutants et son importance, mais aujourd'hui les applications premières de la géométrie (arpentage, nivellement, courbes usuelles, etc.) s'enseignent un peu partout et à divers degrés dans les écoles primaires, les collèges, les établissements d'instruction professionnelle, et ces notions d'une utilité incontestable remplacent avantageusement certaines bases de l'éducation du passé. En général les débutants ne sont plus et ne seront plus, dans l'avenir, autant étrangers à toutes ces matières et c'est alors que, suivant la parole caractéristique de Z. Vallée, la pratique viendra à leur aide comme le meilleur des enseignants.

Dans cette espérance, et confiant en cet avenir, nous allons pour le présent examiner le traité élémentaire que nous avons en vue et qui représente essentiellement la science officielle, émanant en plein d'une institution d'état.

#### ANALYSE ET COMMENTAIRES.

Le livre de L. Partiot est divisé en deux parties.

La première partie, préparation des projets d'infrastructure, est subdivisée elle-même, en avant-projet, dossier d'enquête, utilité publique, projet de tracé et de terrassements, dossier d'enquête des stations et projets définitifs ; conçu dans un cadre bien ordonné, ce chapitre met toutes choses à leur place et donne aux études définitives leur véritable étendue, c'est, du reste, dans ce sens là que les *Annales des Travaux publics* les ont considérées dans leurs articles à ce sujet.

Si les études préliminaires consistent en ceci : Chercher un tracé acceptable entre deux points donnés, l'étudier de la manière la plus approfondie possible et, après l'avoir arrêté, le soumettre à l'approbation ministérielle et le lui faire agréer dans ses dispositions essentielles, employer pour arriver à ce but les cartes d'état-major, les reconnaissances sur le terrain,

le cadastre (nivelé au besoin avec le tachéomètre), étudier les terrassements avec le profilomètre et assurer leur équilibre approximatif, étudier les dépenses de construction, le trafic probable, proportionner les premières au second, modifier, s'il y a lieu, le tracé ou les conditions d'établissement, bref arriver à la présentation d'un projet dont le profil définitif ne devra s'écarter que par des améliorations de détail, certainement à la confection et à l'approbation de ce projet s'arrêtent ces études préliminaires.

Or, c'est à la bonification du projet approuvé par le Ministère que devraient commencer pour tout le monde les études définitives, c'est là qu'elles commencent du moins pour les compagnies ; lorsque les études préliminaires ont été faites par l'Etat ou par des entrepreneurs spéciaux ou par d'autres Compagnies, le projet ministériel est à reviser et améliorer dans ses détails ; alors il faut un plan coté, relevé, très serré aux abords de ce projet ; ce plan, une fois établi, c'est sur lui que l'on vérifie, modifie et assure le tracé définitif ; ce tracé ne diffère du tracé ministériel que par des changements de détail révélés par des études faites beaucoup plus à fond que les études préliminaires et ces modifications légitimes sont adoptées couramment par le contrôle qui ne peut récuser l'évidence de la vérité, puis le tracé est reporté sur le terrain et devient la base de toutes les opérations à venir ; ces opérations sont le lever du profil en long définitif, des profils en travers, du parcellaire, des plans spéciaux pour stations et ouvrages d'art ; les stations sont ensuite soumises à l'enquête publique.

Les ouvrages d'art sont étudiés de manière à déterminer la question des emprises, il en est de même de toutes les déviations et dérivations et, lorsque tous ces éléments sont prêts, alors on dresse le plan figuratif, on calcule les emprises, on établit le dossier des acquisitions et l'on procède aux enquêtes du parcellaire, puis on continue l'étude particulière des projets de toute nature de manière à produire le dossier d'adjudication avec toutes ses annexes ; de cette façon, tout est prêt pour provoquer et recevoir les soumissions des entreprises et, en attendant le premier coup de pioche, on continue encore et on achève les études définitives par la confection de ceux des projets qui étaient le moins pressants et par la prise de certaines mesures qui ont pour but de permettre au personnel de concentrer toute son activité sur le point capital de l'ensemble, à savoir : la surveillance et la bonne exécution des travaux.

Là s'arrêtent les études définitives, avec leurs deux enquêtes distinctes, enquêtes des stations, enquêtes des acquisitions de terrain.

L. Partiot l'a compris ainsi, du reste, presque mot à mot, et se trouve d'accord avec la voie adoptée par les *Annales*.

Si les *Annales* avaient voulu faire un traité entier, débutant au jour où, par une influence quelconque, vient sur le tapis la question d'établir une voie ferrée entre deux points donnés et se terminant au jour où la ligne étant construite, remise à l'exploitation et les entrepreneurs réglés, le service de la construction n'a plus qu'à aller recommencer la même marche sur un autre point, la rédaction eût alors divisé son traité en 4 parties :

- 1° Etudes d'avant-projet ;
- 2° Etudes définitives ;
- 3° Exécution des travaux ;
- 4° Règlement des comptes.

M. Partiot s'éloigne très peu de ces divisions normales, aussi son canevas est-il supérieur à celui des auteurs qui s'en sont écartés, principalement dans le but d'allonger la matière et d'encombrer le public d'interminables productions.

(A suivre).

Le Directeur Gérant : EDOUARD CAHEN.

Paris. — Imprimerie Schiller, 10 et 11, faubourg Montmartre.

# Les Annales des Travaux Publics

REVUE UNIVERSELLE DE L'OUTILLAGE DES TRAVAUX PUBLICS ET DES PROCÉDÉS DU GÉNIE CIVIL

Paraissant du 1<sup>er</sup> au 10 de chaque mois

L'ABONNEMENT D'UN AN

Paris . . . . . 20 fr.  
Départements . . . . . 24 fr.  
Etranger . . . . . 28 fr.

Publiées par le JOURNAL DES TRAVAUX PUBLICS

35, RUE LE PELETIER, A PARIS

L'ANNONCE D'UN AN

Une page entière . . . . . 1000 fr.  
Une demi-page . . . . . 500 fr.  
Un quart de page . . . . . 300 fr

Les abonnements sont reçus à Paris au bureau du Journal des Travaux Publics, 35, rue Le Peletier, et, dans les départements, chez tous les libraires.

N° 62

Février 1885

6<sup>e</sup> Année

## SOMMAIRE

**ÉTUDES DIVERSES.** — Calcul d'une ferme à la Mansard (3 fig.). — Etude sur la construction et l'exploitation d'un chemin de fer à voie étroite. (Pl. CXXIII). — Etudes sur la construction et l'aménagement des ports de commerce. (Suite. Pl. CXXIV.) — Outillage des travaux publics : Nouveau type de wagon à ballast à trappe et à déchargement automatique pouvant être transformé en wagon plate-forme ou tombereau pour l'exploitation. (4 fig.).

**CHRONIQUE FRANÇAISE.** — Mesure des vitesses dans les grands cours d'eau. — Durcissement des mortiers de ciment de Portland dans l'eau et dans l'air. — Transmission électrique de la force dans les mines.

**CHRONIQUE ÉTRANGÈRE.** — Le chemin de fer du Righi-Vaudois. — Construction, en un jour, d'un pont en béton de fer à douze mètres d'ouverture. — Nouveau coussinet pour rails. (2 fig.). — Transport des ponts sur les voies ferrées. (1 fig.). — Reconstruction du barrage d'Abbeystead. — L'utilisation des chutes de Niagara et le transport de l'électricité. — Des inondations et des moyens de les prévenir. — Distribution d'eau de la ville de Sholapur (Inde). Types de réservoirs de distribution d'eau. (2 fig.). — Plafond incombustible en briques de terre réfractaire. — Nouvelle méthode de construction pour plafonds et cloisons d'appartements (2 fig.). — Le nouvel entrepôt de marchandises de Berlin. — Extraction d'une roche dans la Moselle. — Renseignements pratiques sur la construction des édifices. Préservation des murs contre l'humidité. (Suite.)

**BIBLIOGRAPHIE.** — Ouvrages relatifs à la construction des chemins de fer. (3 fig.)

### Calcul d'une ferme à la Mansard

Le comble à la Mansard peut être regardé comme composé de deux parties distinctes : la partie supérieure ABC ou *faux comble*, et les *jambes de force* inclinées AA', CC' qui la supportent ; les points A et C sont les *arêtes du brisis*

Le tracé de ces combles se fait de diverses manières ; habituellement, on l'effectue au moyen d'un demi-cercle décrit sur

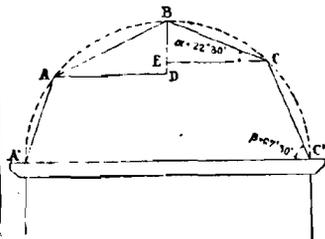


Fig. 1.

l'extérieur du bâtiment comme diamètre, et que l'on divise, soit en cinq parties égales comme en AA'B, soit en quatre seulement, comme l'indique en BCC' la fig. 1.

Au point de vue du calcul, nous considérerons le profil représenté dans la fig. 2, qui est entièrement quelconque, de façon à nous placer

dans des conditions tout à fait générales ; soient donc :

$$\begin{aligned} A'A &= l' & AB &= l & BD &= h & DE &= h' \\ AD &= FE &= b & A'F &= b' \end{aligned}$$

Le poids réparti par mètre courant d'arbalétrier est  $p$  ; le faux entrait AD est chargé par mètre courant d'un poids  $p'$  ; il est soutenu en son milieu par un poinçon BD ; l'entrait A'E est également chargé d'un plancher dont le poids est  $p''$  par unité de longueur.

Dans ce cas, la tension du poinçon est, comme pour une ferme avec entrait portant plancher,

$$(1) \quad 2S = \frac{5}{3} p' \times 2b = \frac{5}{3} p' b$$

La poussée de la ferme nous est également donnée par

$$(2) \quad T = \left( pl + \frac{5}{4} p' b \right) \frac{b}{2h}$$

L'entrait inférieur A'E doit résister à la poussée provenant des deux jambes de force AA', CC', qui a pour valeur

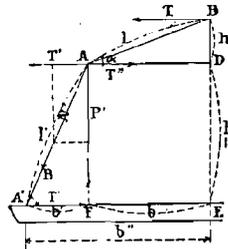


Fig. 2.

$$t = \frac{p l' b'}{2 h'}$$

de plus, il reçoit de la partie supérieure de la construction un poids  $pl + p'b$ , dont la composante horizontale est

$$v = (pl + p'b) \frac{b'}{h'} = \frac{(pl + p'b)}{\tan \beta}$$

$\beta$  étant l'angle de la jambe de force avec l'horizon. La somme de ces deux quantités est

$$(3) \quad T = \frac{pl' b'}{2 h'} + (pl + p'b) \frac{b'}{h'} = \frac{b'}{h'} \left( pl + p'b + \frac{pl'}{2} \right);$$

le faux entrait est soumis à la différence des deux forces T et T', (différence qui sera *tension* ou *pression*, suivant que T ou T' sera prédominant), en tout cas

$$(4) \quad T'' = T - T'$$

Nous regardons l'arbalétrier AB comme simplement appuyé à ses extrémités, son mouvement fléchissant maximum est donc :

$$(5) \quad \frac{RI}{n} = \frac{pbl}{8} = \frac{pl^2 \cos \alpha}{8};$$

la compression qui agit sur lui-même au milieu est

$$(6) \quad N = \left( pl + \frac{4}{3} p' b \right) \frac{l}{2h}$$

Le moment fléchissant qui sollicite le faux entrait est maximum sur son point d'attache avec le poinçon, et a pour valeur

$$(7) \quad \frac{RL}{n} = \frac{p' b^2}{8}$$

Le montant ou jambe de force AA' est comprimé en son milieu par la moitié de son poids propre, augmentée de la somme des poids de AB et de AD, le tout projeté sur sa direction, c'est-à-dire par la résultante de T' et de  $P' = pl + p'b + \frac{pl'}{2}$ , ou

$$(8) \quad N' = \frac{\left( pl + p'b + \frac{pl'}{2} \right)}{\sin \beta} = \left( pl + p'b + \frac{pl'}{2} \right) \frac{l'}{h'}$$

son moment fléchissant, en le supposant également appuyé à ses deux extrémités, est encore égal à

$$(5) \quad \frac{RI}{n} = \frac{pl' b'}{8} = \frac{pl' \cos \beta}{8}$$

L'entrait inférieur, portant plancher, a pour longueur totale

$2\theta^* = 2(b + b')$ , étant chargé d'un poids  $p^*$ , par mètre courant de longueur, exposé sur deux appuis simples, son moment fléchissant, maximum au milieu, est toujours donné par

$$(5) \quad \frac{RI}{n} = \frac{4p^*b'^2}{8} = \frac{p^*b'^2}{2}$$

Les 4 pièces AB, AD, AA' et A'E étant, à la fois, soumises à une flexion et à la tension, doivent d'ailleurs satisfaire à la double condition de résistance exprimée par

$$R' = \frac{\mu n}{I} + \frac{N}{\Omega}$$

L'angle  $\alpha$  qui mesure l'inclinaison de la partie AB, étant presque toujours inférieur à  $45^\circ$ , la poussée T est généralement supérieure à T', c'est-à-dire que l'entrait AD est tendu; il serait comprimé dans le cas contraire.

Quelquefois, le profil du comble est établi suivant les données de la fig. 3, en supposant que le sommet C soit encore à la même distance du point E que le pied A de la jambe de force. Nous avons alors

$$b + b' = b'' = h + h' \quad l = l'$$

de plus,

$$h' = l' \sin 60^\circ \text{ et } b' = l' \cos 60^\circ \\ (\cos 60^\circ = 0,50, \quad \sin 60^\circ = 0,866)$$

De même

$$b = l \cos 30^\circ \text{ et } h = l \sin 30^\circ$$

par suite

$$h = 0,50 l \text{ et } b = 0,866 l$$

D'où

$$l = 2h, \quad h = 0,577 b, \quad l = 1,154 b$$

Le point B n'appartient plus au cercle décrit du point E avec le rayon AE; en effet

$$b'' = b + b' = l(0,50 + 0,866) = 1,366 l = 1,577 b$$

landis que la distance BE est

$$b = \frac{b}{\cos 45^\circ} = 1,414 b = 1,414 \times 0,866 l = 1,224 l$$

Le point B est donc en dedans du cercle.

Dans l'hypothèse où le profil adopté pour la ferme serait celui indiqué dans la partie droite de la fig. 1, les angles  $\alpha$  et  $\beta$  étant respectivement de  $22^\circ 30'$  et de  $67^\circ 30'$ , c'est-à-dire complémentaires, on a

$$b = h' \quad b' = h \quad l' = l$$

de plus, les triangles donnent ( $b''$  étant la demi-largeur hors-œuvre de la construction)

$$b = 0,707 b'' \quad h = 0,414 b'' = 0,293 b'' \quad l = 1,0824 b'' = 0,765 b''$$

et les formules ci-dessus énoncées seraient susceptibles de nombreuses simplifications.

**Exemple numérique.** — Faisons une application à ce cas particulier.

Supposons que le poids par mètre carré de couverture en projection horizontale soit égal à 80 kilos tout compris; le poids du faux plancher égal à 200 kilos par mètre carré; celui du plancher égal à 300 kilos. L'entre-axe des fermes étant de 4 mètres, on a

$$p = 4 \times 80 = 320 \quad p' = 4 \times 200 = 800 \quad p'' = 4 \times 300 = 1.200$$

La demi-portée du comble étant supposée de 5 mètres, on obtient

$$b = 0,707 \times 5 = 3\text{m},535$$

$$h = 0,414 \times 5 = 0,207 \times 5 = 1\text{m},035$$

$$l = 1,0824 \times 5 = 0,765 \times 5 = 3\text{m},825$$

Il vient alors, avec les précédentes formules, d'abord pour les tensions et compressions, ensuite pour les moments :

$$(2) \quad T = \left( pl + \frac{5}{4} p'b \right) \frac{b}{2h} = \left( \frac{1,0824 p + 1,25 p'}{0,828} \right) b = 5746 \text{ kil.}$$

$$(3) \quad T' = \left( \frac{pl'}{2} + pl + p'b \right) \frac{b'}{h} = (1,624 p + p') 0,414 b = 1931 \text{ kil.}$$

$$(4) \quad T'' = 5746 - 1931 = 4215 \text{ kil.}$$

$$(1) \quad 2S = \frac{5}{4} p'b = 3535 \text{ kil.}$$

$$(6) \quad N = \left( pl + \frac{5}{4} p'b \right) \frac{l}{2h} = (1,0824 p + 1,25 p') 1,306 b = 6212 \text{ kil.}$$

$$(8) \quad N' = \left( pl + p'b + \frac{pl'}{2} \right) \frac{l'}{h} = (1,624 p + p') 1,0824 b = 5045 \text{ kil.}$$

$$(5) \quad \mu = \frac{plb}{8} = \frac{320 \times 1,0824 b^2}{8} = 43,296 \times 3,535^2 = 540 \text{ km}$$

$$(7) \quad \mu = \frac{p'b^2}{8} = \frac{800 \times b^2}{8} = 100 \times 3,535^2 = 1249 \text{ km},6$$

$$(5) \quad \mu = \frac{pl'b'}{8} = \frac{320 \times 1,0824 \times 0,414 b^2}{8} = 17,925 \times 3,535^2 = 223 \text{ km},99$$

$$(5) \quad \mu = \frac{p''b''}{2} = \frac{1200 \times 5^2}{2} = 600 \times 25 = 15000 \text{ km}$$

Tous ces chiffres étant obtenus, il est facile de proportionner les différentes parties de la ferme.

L. CORNU, ingénieur civil.

22 décembre 1884.

### Etude sur la construction et l'exploitation d'un chemin de fer à voie étroite

#### Planche CXXIII

La Société des ingénieurs civils de France a entendu dernièrement une communication de M. Moreau sur les avantages de la voie étroite, en ce qui concerne la construction des chemins de fer d'intérêt local. Cet ingénieur qui se consacre depuis plusieurs années à l'étude de ces sortes de chemins, estime que l'emploi d'un grand matériel qui conduit à de grandes dépenses lorsqu'il s'agit d'un chemin de fer cantonal dont les recettes ne dépassent pas quelquefois 1,500 ou 2,000 francs par kilomètre, constitue un non sens absolu.

On dit souvent que l'emploi de la voie étroite ne permet qu'un trafic restreint; mais il faut s'entendre sur ce qu'on appelle un *trafic restreint*. La voie étroite possède assez de puissance pour faire face à un trafic de 40 à 50,000 francs par kilomètre comme le prouve l'exemple du Festiniog qui fait 35,000 francs par kilomètre avec une voie de 0<sup>m</sup>,60 de largeur.

M. Moreau pense donc qu'il est logique de conclure qu'avec une voie de 1 mètre, on pourrait aller notablement plus loin et suffire facilement à une recette kilométrique de 50,000 francs.

Pour bon nombre de lignes françaises qui sont construites à voie large, on aurait donc mieux fait, suivant lui, d'adopter la voie étroite.

Nous ne suivrons pas M. Moreau dans la discussion très étendue à laquelle il s'est livré pour prouver les avantages de la voie étroite. Nous y reviendrons lorsque les membres de la Société auront procédé à une discussion de ce mémoire, discussion qui aura lieu prochainement.

Mais ce que nous retenons, c'est que la question soulevée par M. Moreau sera étudiée avec soin, et nous croyons opportun de présenter à nos lecteurs une étude sur un chemin de fer à voie étroite établi dans les meilleures conditions d'économie en Hongrie, il y a déjà quelques années. Les documents qui suivent nous ont été fournis par l'ingénieur qui a dressé le projet et qui en a surveillé l'exécution.

Cette étude est un document utile pour tous ceux qui étudient les conditions de construction des chemins de fer secondaires.

#### TRACÉ ET CONSTRUCTION DE LA LIGNE

La ligne, qui a 31,336 mètres de longueur et qui dessert des établissements industriels, a dû être établie dans un pays difficile; elle suit dans toute sa longueur un cours d'eau présentant des sinuosités très brusques et très nombreuses. L'application

de courbes de petit rayon, un des principaux avantages de la voie étroite, était, par suite de cette configuration du sol, d'une nécessité absolue pour éviter de grandes dépenses.

Aussi sur la longueur totale de la ligne (longueur qui est de 34,136 mètres en y comprenant un embranchement qui dessert des hauts fourneaux) on rencontre 225 courbes dont la plupart ont des rayons compris entre 50 et 100 mètres et qui représentent une longueur totale de 10,835<sup>m</sup>,56 soit, 31 0/0 du chemin.

Le tableau suivant donne les détails de ces éléments du tracé :

RAYONS	COURBES	
	Nombre	Développement
50 <sup>m</sup>	1	68 <sup>m</sup> 67
60	48	2.757 06
80	28	1.609 52
100	101	3.674 02
120	5	288 54
150	1	62 54
200	29	1.164 57
300	1	18 50
400	7	917 76
500	1	232 24
1.000	3	72 14

Il faut ajouter à cela 226 alignements droits représentant une longueur de 23.270<sup>m</sup>,44.

Au total, 34,136 mètres.

En ce qui concerne les pentes et les rampes, on ne rencontre de rampes de 0<sup>m</sup>,02 que sur un embranchement situé à l'extrémité de la ligne; cette rampe n'est d'ailleurs montée que par des wagons vides.

Le tableau suivant donne le détail des parties en pentes, en rampes et en palier :

INCLINAISON PAR MÈTRE	PENTES		RAMPES		TOTAL
	Nombre	Longueur	Nombre	Longueur	
0 <sup>m</sup> 0010	6	2,300 <sup>m</sup>	4	1,622 <sup>m</sup>	3,922 <sup>m</sup>
0 0025	8	3,860	2	458	4,318
0 0050	11	6,050	7	1,340	7,390
0 0075	7	3,310	1	1,000	4,310
0 01	5	1,880	15	3,735	5,615
0 02	»	»	10	4,450	4,450
Paliers	»	»	»	»	4,131
Totaux..	37	17,400 <sup>m</sup>	39	12,605 <sup>m</sup>	34,136 <sup>m</sup>

On a adopté pour le profil en travers du chemin une largeur de plate-forme de 3 mètres en remblai et de 3<sup>m</sup>,15 en déblai, y compris les fossés; l'inclinaison des talus a été fixée à 1/1 dans les tranchées et à 1: 1 1/2 dans les remblais. (Voir fig. 1 et 2. Pl. CXXIII.)

Le mouvement des terres a été assez considérable, par suite de la forme accidentée du terrain. Sur plusieurs points les remblais ont atteint la cote de 7 mètres sur l'axe, et les tranchées celle de 8 à 9 mètres.

Le cube moyen par mètre linéaire de chemin s'est élevé à 0<sup>m</sup>,20. En raison de la grande proportion de rocher trouvé dans les tranchées, le prix de revient moyen par mètre cube de terrassement, a été de 0,561 florin.

Dans toutes les parties où le cours d'eau baigne le pied des rochers sur lesquels le chemin est construit, il a été établi, soit des murs de soutènement en maçonnerie, soit des perrées ayant l'inclinaison de 1/1 et de 3/4 : 1. Les dépenses de ces travaux de défense se sont montées à 43,717 fl.47.

Le nombre des ouvrages d'art est de 101, soit 2,97 par kilomètre.

Les petits ouvrages sont entièrement en maçonnerie; quelques-uns seulement sont en charpente. Nous donnons pl. CXXIII, fig. 3 et 4, l'élevation et le plan d'un ponceau de 4 mètres d'ouverture. Les dessins 5, 6, 7, 8, et 9, représentent l'un des ouvrages en charpente qui a 40 mètres de débouché total. Le prix moyen par ouvrage a été de 946 florins 17. Parmi les travaux d'art se trouve aussi un tunnel long de 80 mètres percé dans un terrain humide et glaiseux ou dans des roches

délimitées (fig. 10 et 11 Pl. CXXIII.) Il présente une hauteur sous clé de 3<sup>m</sup>,50 et une largeur moyenne de 3<sup>m</sup>,20.

En raison de la nature du terrain, on a dû faire des boisages très solides et augmenter l'épaisseur des maçonneries.

Les prix de revient des différentes parties de ce travail ont été les suivants :

Prix moyen du mètre-cube de déblai . . . . .	fl.	3 35
— — — — — maçonnerie . . . . .		21 07
Dépense d'extraction des déblais . . . . .	fl.	9.012 41
Dépense des maçonneries . . . . .		29.564 16
— — — — — boisages . . . . .		3.779 14
Total . . . . .	fl.	42.355 71

Soit par mètre linéaire 529 fl. 44.

Le prix moyen par kilomètre des travaux d'infrastructure, s'est élevé, en raison de ces travaux exceptionnels, à 11,081 fl. 52. Abstraction faite de ces travaux et des tranchées difficiles en rocher, le prix n'aurait pas dépassé 6,000 florins, ainsi que le montrent les chiffres du tableau ci-après qui résume ces différentes données :

NATURE des TRAVAUX	DÉPENSES		TERRASSEMENTS			OUVRAGES D'ART		
	TOTALES	KILOMÉ- TRIQUES	CUBE		prix par mèt. cube	NOMBRE	COUTES par kilomè- tre	PRIX MOYEN par ouvrage
			TOTAL	PAR MÈT. LINÉAIRE				
Terrassements . . .	florins 176.141 88	florins 5.160 02	mèt. cub 313.937 00	mèt. cub. 9.20	flor. 0.561	»	»	»
Ouvrages d'art :								
Aqueducs, pont- ceaux et ponts..	95.563 00	2.799 50	»	»	»	101	2.97	946.17
Tunnel.....	42.355 71	1.240 80	»	»	»	»	»	»
Murs de soutene- ment et escalades.	64.217 29	1.881 20	»	»	»	»	»	»
Totaux.....	378.277 88	11.081 52	313.937 00	9.20	0.561	101	2.97	946.17

Comme nous l'avons déjà dit, la voie unique du chemin a une longueur de 34<sup>m</sup>,136; les voies de garage s'étendent sur 1,781<sup>m</sup>,40. La longueur totale de la voie posée est donc de 35<sup>m</sup>,917, soit 1<sup>m</sup>,052 par mètre linéaire de chemin.

La voie a une largeur normale de 0<sup>m</sup>,948 mesurée intérieurement ou 0<sup>m</sup>,992 d'axe en axe. (Voir pl. CXXIII, fig. 1 et 2.) Le rail du type Vignole a une hauteur de 0<sup>m</sup>,078; la largeur du patin est de 0<sup>m</sup>,072; celle de l'âme de 0<sup>m</sup>,012 et celle du champignon de 0<sup>m</sup>,044. (Voir fig. 18.)

Le poids, par mètre courant, est de 17 kilogram. 40. Les rails ont été fabriqués avec des paquets composés de bouts de rails Bessemer, aplatis et chauffés jusqu'au blanc soudant. S'ils ne possèdent pas l'homogénéité du rail Bessemer, ils n'en doivent pas moins être considérés comme étant d'excellente qualité. Ils ont été facturés au prix de 120 florins la tonne.

Les rails ont été soumis à des épreuves de réception sévères, et qui étaient les suivantes :

Le rail placé dans sa position normale, sur deux supports écartés de 1<sup>m</sup>,10, devait supporter pendant cinq minutes, sans se rompre et sans flèche permanente sensible, une pression de 1,200 kilogrammes exercée au point milieu entre les deux supports.

Dans la même position, le rail devait supporter, pendant cinq minutes, une pression de 3,000 kilogrammes sans se rompre. La charge était ensuite augmentée jusqu'à la rupture.

Chaque moitié du rail rompu posée sur deux supports écartés de 1<sup>m</sup>,10, devait supporter une fois sans se rompre le choc d'un mouton de 80 kilogrammes tombant :

A une température inférieure à 0°, d'une hauteur de 0 <sup>m</sup> ,95.	—	—
— — — — — de 0° à 20°,	—	1 <sup>m</sup> ,45.
— — — — — supérieure à 20°,	—	1 <sup>m</sup> ,90.

Les fig. 13 et 14, de la planche CXXIII, montrent la forme et les

dispositions du petit matériel s'adaptant aux rails. La voie est posée avec joints en porte-à-faux.

L'espacement des traverses près du joint est de 0<sup>m</sup>,45, celui des traverses intermédiaires de 0<sup>m</sup>,60. Chaque rail repose donc sur 9 traverses, dont les dimensions sont les suivantes : longueur 1<sup>m</sup>,65, largeur 0<sup>m</sup>,15, épaisseur 0<sup>m</sup>,10. Dans ces conditions, sous le poids des locomotives employées et dont la charge par essieu ne dépasse pas 6 tonnes, l'effort supporté par le rail n'est pas supérieur à 6 kilogrammes par millimètre carré.

On remarquera qu'en vue d'augmenter la résistance de la voie dans les courbes raides, l'éclisse extérieure a été renforcée et son épaisseur portée à 0<sup>m</sup>,018; cette disposition présente, en outre, l'avantage de fortifier le joint en porte-à-faux et de permettre la fixation de l'écrœu par le rabattement de la rondelle. Les rails portent deux encoches opposées, dont une se trouve à chaque extrémité du rail; le centre de l'encoche est distant de 0<sup>m</sup>,026 du bout du rail, la profondeur est de 0<sup>m</sup>,005 et la largeur de 0<sup>m</sup>,014.

L'épaisseur du ballast est de 0<sup>m</sup>,25. Le ballastage a été exécuté en grande partie au moyen de voies provisoires permettant d'aller chercher directement le ballast dans le lit même du cours d'eau contigu à la voie ferrée. Ce ballast n'est revenu, par suite, qu'à 0 fl. 65 par mètre linéaire de voie.

Le tableau ci-dessous résume ces différents éléments en donnant, par mètre linéaire de voie, le total de la dépense :

DÉSIGNATION DES ÉLÉMENTS	QUANTITÉS	PRIX PAR TONNE	DÉPENSE
<i>Pour une travée de 6 mètres :</i>			
	kilog.	florins	florins
Rails 2 × 6 × 17 <sup>k</sup> 4.....	208,800	120,00	25,06
Eclisses 4 × 1 777.....	4,708	140,00	0,66
Boulons 8 × 0 181.....	1,448	140,00	0,20
Plaques 6 × 0 792.....	4,752	140,00	0,67
Crampons 36 × 0 155.....	5,580	140,00	0,78
Traverses non carbonisées.....	9,000	0,60	5,40
Ensemble pour une longueur de 6 mètres.....			32,77
Soit pour un mètre linéaire.....			5,46
L'ose de voies, transports et accessoires.....			1,20
Prix d'un mètre de voie posée.....			6,66
Et si on y ajoute le ballastage.....			0,65
On trouve pour le mètre linéaire de voie.....			7,31
Et avec les dépenses pour changements de voie et divers.....			0,46
Dépense totale pour un mètre linéaire de voie.....			7,77

Le tableau montre encore que le petit matériel représente environ 80 0 du poids des rails.

On a posé, pour le service des gares et des divers embranchements, 40 changements de voie simples.

Pour raccorder deux voies rectilignes parallèles présentant d'axe en axe un écartement de 3<sup>m</sup>,25, on a adopté un rayon de 45 mètres et une tangente de 0<sup>m</sup>,279 donnant un angle de croisement de 10<sup>m</sup>27'. Dans ces conditions, les éléments principaux de l'appareil sont les suivants :

Longueur totale du changement.....	32,444
Distance entre la pointe des deux aiguilles.....	31,314
— — de l'aiguille et celle du croisement ..	11,255
— les pointes des deux croisements.....	8,794
Longueur de l'aiguille.....	3,160
— la pièce de croisement.....	1,580
— des contre-rails.....	2,100

Le poids total du changement complet est de 511 kilogrammes et son prix de revient a été de 125 fl. 50.

Le croisement est d'une seule pièce, en fonte trempée, et pèse 175 kilogrammes : il a été livré au prix de 31 fl. 50.

On n'a posé, sur tout le réseau, qu'une plaque tournante de 2<sup>m</sup>,6) de diamètre, pesant 2,737 kilogrammes et ayant coûté 0<sup>m</sup>4 fl. 10.

Les stations d'eau consistent en un réservoir en tôle de

petites dimensions, en une pompe à main placée au-dessous et une grue hydraulique, construite sur le modèle des grandes lignes, mais à une échelle réduite. Tout l'ensemble pèse environ 2,935 kilogrammes et a coûté 1,022 fl. 42.

L'ensemble des bâtiments, maisons de garde et passages à niveau, ne représente qu'une somme de 28,058 fl. Toutes les dépenses de ces installations ont, en effet, été réduites au minimum.

On a construit, aux deux extrémités de la ligne, deux petites remises de machines : la première pour quatre locomotives, la deuxième pour deux; un modeste rez-de-chaussée, dans lequel sont installés les bureaux du mouvement, du contrôle et du télégraphe, constitué avec la première remise, un petit atelier de réparations et deux magasins, toute la gare centrale.

On a construit, à la suite de la ligne que nous venons de décrire, une seconde ligne dont la longueur est de 12,278 mètres, et dont l'écartement de la voie est le même que celui de la ligne précédente.

Cette voie ferrée, qui sert à transporter des houilles et des charbons de bois, est posée sur une route. Elle s'élève constamment en rampe. Sur une longueur de 8,000 mètres, la rampe reste en moyenne inférieure à 0<sup>m</sup>,01 par mètre; mais, à partir de là, la progression est la suivante :

Sur 182 <sup>m</sup>	0.00
95 <sup>m</sup>	0.020
542 <sup>m</sup>	0.021
583 <sup>m</sup>	0.020
190 <sup>m</sup>	0.029
247 <sup>m</sup>	0.035
546 <sup>m</sup>	0.036
302 <sup>m</sup>	0.037
407 <sup>m</sup>	0.043
963 <sup>m</sup>	0.048
4.062 <sup>m</sup>	

Ces chiffres montrent que, sur cette dernière partie, la rampe moyenne est de 0<sup>m</sup>,035 et la rampe maxima 0<sup>m</sup>,048.

Sur la longueur totale, on rencontre 36 courbes d'un rayon supérieur à 100 mètres, 59 comprises entre 100 mètres et 50 mètres, 11 de 45 mètres, 54 de 38 mètres et 39 de 28 mètres; seulement dans une section, où par suite de la nature très accidentée du terrain qui consiste en une gorge très étroite et contournée, au fond de laquelle coule un torrent, les courbes et contre-courbes de ce faible rayon se succèdent presque sans interruption.

Les dispositions adoptées pour les rails et leurs accessoires, le mode de répartition des traverses et de ballastage employé sur la ligne, dont nous avons donné la description ci-dessus, ont été également appliqués ici.

#### LOCOMOTIVES

On a fixé en principe le poids total des machines à treize tonnes au maximum réparties sur deux essieux couplés. On fit sur cette base une machine à deux essieux à cylindres et mécanisme extérieurs; boîte à feu et tubes en cuivre. Son prix de revient était de 9,200 florins.

Dès son arrivée, cette machine fut immédiatement mise en service sur la ligne. Les résultats furent entièrement satisfaisants. La machine fit, pendant quatre mois consécutifs, trois trains dans chaque sens, sur une longueur de 8<sup>m</sup>,33, sans exiger une seule réparation, ni une modification quelconque. Par suite du grand nombre de courbes à petit rayon, et surtout à cause de la grande fréquentation de la route sur laquelle était posée la voie ferrée (cette route est en effet parcourue par les ouvriers de l'usine, des voitures de toute sorte et de nombreux bestiaux) on dut réduire la vitesse à 7<sup>m</sup>,5 à l'heure, bien que la machine fût à même de remorquer, avec une vitesse de 12 kilomètres à l'heure, les trains les plus lourds qu'on pût composer.

Voici quelques exemples du travail produit par la machine pendant la période en question :

1° A la montée, sur une rampe moyenne de  $\frac{1}{180}$  :

*Composition du train.*

17 wagons à houille vides à 620 kilogr...	10.540 kilogr.
16 d° charbon de bois à 566.....	9.056
1 fourgon.....	480

34 wagons pesant..... 20.076 kilogr.

Vitesse à l'heure, 7<sup>km</sup>,5.

Distance totale parcourue, 8<sup>km</sup>,33.

Tension de la vapeur, 10 atmosphères.

2° A la descente, sur une pente de  $\frac{1}{180}$  en moyenne :

*Composition du train.*

	Poids brut.	Poids net.
17 wagons à houille chargés.....	34.000 kilogr.	23.800 kilogr.
13 d° charbon de bois...	16.380	9.020
2 d° moellons.....	3.360	2.400
1 fourgon.....	480	»

33 wagons..... 54.220 kilogr. 35.220 kilogr.

Même vitesse et même tension de vapeur qu'à la montée.

3° A la montée, sur un parcours de 3<sup>km</sup>,8 présentant trente-six courbes de 30 mètres de rayon, une rampe moyenne de  $\frac{1}{33}$  avec un maximum de  $\frac{1}{21}$ .

*Composition du train.*

5 wagons à houille vides à 620 kilogr.....	3.100 kilogr.
1 fourgon.....	760
1 voiture à voyageurs.....	600

7 wagons..... 4.460 kilogr.

Vitesse à l'heure, 7<sup>km</sup>,50.

Pression de la vapeur, 10 atmosphères.

Le train redescendait sans le secours de la machine.

Nous avons dit qu'on faisait en moyenne trois trains par jour dans chaque sens. Le train se composait ordinairement ;

A la montée, de 19 wagons vides pesant 11,880 kilogr.

A la descente, 15 wagons pesant..... 8.380 kilogr. chargeant..... 11.380

donnant, par suite un poids brut de..... 19.760 kilogr.

Dans ces conditions, et à la vitesse déjà indiquée de 7<sup>km</sup>,5 à l'heure, on consommait à la montée 14 kilogr. de houille et

71 litres d'eau, et à la descente 5<sup>km</sup>,5 de houille et 46 litres d'eau par kilomètre. Ajoutons que la houille était à longue flamme, de bonne qualité et ne donnant pas plus de 6 0/0 de cendres.

En présence de ces résultats, on résolut de construire immédiatement deux autres machines entièrement du même type. Nous donnons ici le détail du prix de revient établi pour les deux machines à la fois :

Fer forgé ou laminé.....	8.661*15	coûtant 1.226 fl.79
Moulages.....	3.600	» 394 08
Tôle.....	8.724	» 1.407 73
Acier.....	2.888 50	464 32
Cuivre.....	878 20	872 71
Boîtes à feu, tubes, roues, cylindres injecteurs.....	4.979	» 4.707 24
<b>Total.....</b>	<b>29.730*85</b>	<b>coûtant 9.072 87</b>

A déduire :

Déchets et rognures.....	11.731 10	385 40
Reste.....	17.999 75	8.687 47
Bois pour traverses d'avant.....		20 75
Articles divers tels que godets, graisseurs, manomètres, etc.....		182 26
Combustible.....		184 60
<b>Dépenses totales de matières....</b>	<b>9.075 08</b>	

*Main-d'œuvre.*

Forge.....	855 37
Ajustage.....	3.534 49
Chaudronnerie.....	1.359 32
Ménuiserie.....	101 92
Frais généraux des ateliers.....	4.971 82

Total pour deux machines..... 19.898 fl.00 soit, pour une machine, 9,949 florins.

Le tableau suivant résume quelques expériences de traction et de consommation faites avec ces deux machines. La dépense d'eau et de charbon pourra paraître considérable si on la compare à celle constatée dans les grandes machines des chemins à large voie. Elle est la conséquence de l'emploi de petits cylindres ne permettant pas une dépense suffisante de la vapeur et favorisant, en outre, l'entraînement de l'eau dans de notables proportions. Comme dans des chemins de fer de mines et d'usines, la dépense du combustible ne joue, en somme, qu'un rôle accessoire, ces expériences peuvent, néanmoins, être considérées comme satisfaisantes :

DÉSIGNATION du CHEMIN PARCOURU	LONGUEUR kilom.	DURÉE DU PARCOURS minutes	CONSOMMATION		LONGUEUR DU TRAIN mètres	NOMBRE DES WAGONS	POIDS		VITESSE PAR HEURE kilom.	CONSOMMATION PAR KILOMÈTRE		RAMPE OU PENTE		CONSOMMATION d'eau par tonne kilométrique kilogr.	EAU VAPOURISÉE par kilogr. de charbon litres
			CHARBON kilog.	EAU litres			BRUT kilog.	NET kilog.		CHARBON kilog.	EAU litres	MOYENNE	MAXIMA		
	3.87	27	77	468	34	11	18.950	»	8.60	20.00	121.08	$\frac{1}{28}$	$\frac{1}{20,5}$	1.657	6.08
1° En rampe...	7.714	37	93	601	130	33	56.550	»	12.50	12.70	76.92	$\frac{1}{184}$	$\frac{1}{69}$	0.221	6.13
	1.972	12	26	153	133	39	143.350	91.800	9.80	13.13	80.21	$\frac{1}{438}$	$\frac{1}{131}$	0.088	6.08
2° En pente....	7.714	40	86	506	133	39	143.350	91.800	11.60	11.15	64.79	$\frac{1}{184}$	$\frac{1}{69}$	0.074	5.88

Bien que les trois machines construites portassent avec elle leur provision d'eau et de charbon, on reconnut bientôt que, pour permettre en cas de besoin de plus longs parcours sans recharger la machine, il y avait intérêt à la faire suivre d'une sorte de wagon-tender pouvant porter 500 kilogr. de houille, devant contenir de plus l'outillage de la machine et muni surtout d'un

fort frein manœuvré par le conducteur du train assis sur une petite banquette placée, à cet effet, à l'avant du wagon. On construisit deux wagons de cette sorte en utilisant deux plateformes à minerai déjà existantes et la dépense totale d'adaptation ne dépassa pas 980 florins.

On construisit enfin une quatrième machine dont les dimen-

sions principales étaient demeurées les mêmes; le volume de la chaudière avait été, toutefois, légèrement augmenté, de telle sorte que le poids total de la machine en service était porté à 12,325 kilogrammes.

L'exploitation des deux chemins dont nous avons donné la description était ainsi largement assurée par ces quatre machines.

## Etudes sur la construction et l'aménagement des ports de commerce

(Suite.)

### Planche CXXIV

Afin de compléter les renseignements donnés dans nos précédents articles sur la construction des murs de quai des ports et des bassins, nous décrirons les travaux d'agrandissement exécutés, dans ces dernières années, dans les docks du Prince-Albert, à Londres.

L'accroissement considérable du commerce maritime et du nombre de navires qui fréquentent le port de Londres a rendu nécessaire la création de nouveaux bassins; ces bassins, qui ont été inaugurés en 1880, sont réunis aux docks Victoria par un canal de 24 mètres de largeur A (voir fig. 1, pl. CXXIV).

Par suite de cette extension, la ville de Londres possède aujourd'hui des docks ayant une longueur totale de plus de 3 kilomètres, et une surface de plus de 70 hectares.

Ces docks sont pourvus de deux entrées sur la Tamise, savoir: l'entrée existant déjà à Blackwall-Point, et l'entrée nouvelle à Gallion's Reach. Cette dernière, placée à l'endroit où le fleuve a sa plus grande largeur, est protégée par deux jetées de forme circulaire placées en avant de l'écluse (voir fig. 2, pl. CXXIV).

L'écluse, d'une longueur totale d'environ 240 mètres, est munie de trois paires de portes en tôle de fer; la distance entre les portes extrêmes est de 165 mètres, et la profondeur d'eau au-dessus des seuils des portes extérieures et intérieures, atteint 9 mètres, ce qui permet aux plus grands navires de la flotte marchande et militaire d'entrer dans les bassins.

Immédiatement après cette écluse, se trouve un bassin B' de 3 hectares 60 ares de superficie, réuni au bassin principal par un canal de 90 mètres de longueur et de 24 mètres de largeur. Aux deux extrémités de ce canal sont placées deux paires de portes semblables à celles de l'écluse d'entrée, de façon à pouvoir isoler complètement le premier bassin B' dans le cas où on voudrait le convertir en dock.

Le bassin principal a une longueur de 2 kilomètres et une largeur uniforme de 150 mètres, ce qui donne une surface de 30 hectares; il est entouré de murs en béton de ciment de Portland fait et coulé sur place.

La fig. 5 représente une coupe transversale du type uniforme adopté pour la construction de ces murs de quai, dont la longueur totale, pour les trois bassins, est de 5,630 mètres environ.

On voit que le mur d'une hauteur de 13<sup>m</sup>,30, d'une largeur à la base variant de 5<sup>m</sup>,40 à 5<sup>m</sup>,75, et d'une largeur au sommet de 4<sup>m</sup>,50, traverse des couches de terrain d'une inclinaison et d'une épaisseur à peu près uniformes.

Pour construire ces murs, on a dû employer 382,000 mètres cubes de béton, ce qui représente 81,280 tonnes de ciment Portland.

Au sud du grand bassin B, et près de son extrémité ouest, on a construit deux formes de radoub F et F' (voir fig. 1) presque entièrement en béton de ciment Portland. La fig. 6 représente la coupe transversale de la plus grande de ces deux formes, qui a 153 mètres de longueur sur 25<sup>m</sup>,20 de largeur au niveau des quais. Cette forme, qui peut recevoir les navires du plus fort tonnage, a son plafond à 6<sup>m</sup>,30 au-dessous du niveau des

hautes eaux. La seconde forme de radoub a une longueur de 126 mètres et une largeur de 20<sup>m</sup>,40; son radier est également à 6<sup>m</sup>,30 au-dessous du niveau des hautes eaux.

La fig. 3 représente une coupe transversale suivant la ligne  $x y$  du plan (fig. 1) de la jetée en charpente placée à l'entrée sud des nouveaux docks; la fig. 4 donne un détail d'assemblage de la charpente constituée avec des madriers de 35 centimètres d'équarrissage; cette jetée est solidement reliée à la rive par des coffrages en charpente remplis de pierres et de matériaux résistants,

Nous avons dit que les nouveaux bassins étaient reliés aux anciens par un canal A de 24 mètres de largeur (voir fig. 1); au-dessous de ce canal, on a construit un souterrain à deux voies pour donner passage à l'embranchement du North Woolwich avec le chemin de fer du Great Eastern.

La fig. 7 représente le plan et une coupe longitudinale suivant l'axe de ce souterrain qui a 640<sup>m</sup> de longueur, non compris les tranchées bordées de murs placées à ses extrémités. La déclivité de ce passage souterrain depuis ses extrémités jusqu'au milieu (point où le rail se trouve à 13<sup>m</sup> au-dessous du niveau des hautes eaux) est de 1/50 degré.

Enfin, au-dessus du canal de jonction du dock Victoria au dock Albert, et par suite au-dessus du souterrain, se trouve un autre chemin de fer à deux voies et une route auxquels le pont volant V représenté sur la fig. 7 donne passage. Ce pont est peut-être le plus grand de ce genre qui ait été construit en Angleterre. Son ouverture est de 27<sup>m</sup> et son poids de 873,760 kilogrammes.

C'est sur cet ensemble de travaux réunis en un seul point que nous attirons l'attention de nos lecteurs.

On a eu en effet à surmonter de très grandes difficultés dans l'exécution; les fig. 8, 9, 10 et 11 représentent les coupes transversales du passage aux divers points de sa longueur. Ces voûtes ont été établies en maçonnerie de briques. On a fait usage également de béton de ciment Portland pour les fondations, ainsi que l'indiquent les croquis.

On peut se rendre compte de l'importance de ces diverses constructions en sachant qu'elles ont nécessité le déblai de plus de 3,056,000 mètres cubes de terre à une profondeur moyenne de 5 mètres. Ces terrassements ont été exécutés avec des excavateurs, des grues et autres machines à vapeur au nombre de 70 non compris les locomotives et les wagons de transport. Le volume d'eau journalier à épuiser s'élevait à 195,340 mètres cubes. On a employé pour les maçonneries 20 millions de briques et le nombre des ouvriers s'est élevé à 2000 et 3000.

Sur le quai nord du bassin on a construit de vastes hangars entièrement métalliques qui occupent presque toute la longueur du quai et qui ont 36<sup>m</sup> de largeur. (Voir le plan général fig. 1). Les portes d'entrée des écluses, les ponts volants, les grues, les cabestans, en un mot tous les appareils composant l'outillage des docks sont manœuvrés par des machines hydrauliques. On a établi à cet effet une conduite d'eau sous pression qui longe les quais et qui est munie de bouches d'incendie.

Les 14 grues hydrauliques qui fonctionnent actuellement peuvent se déplacer.

Les nouveaux bassins ainsi que les anciens sont reliés par des voies ferrées avec toutes les compagnies de chemins de fer, de sorte que les trains de marchandises, quelle que soit leur destination, peuvent être amenés le long des quais de déchargement et de chargement et des hangars.

Les docks dont on vient de donner une rapide description sont en communication directe avec Londres; ces nouveaux établissements donnant lieu à un mouvement important de voyageurs, on a établi pour ces derniers un service de trains en correspondance avec toutes les lignes des différentes compagnies, ce qui supprime les transbordements.

Ces travaux ont coûté 25 millions de francs environ. Ce chiffre eût été beaucoup plus élevé si on n'avait pu utiliser le gravier provenant des fouilles à la fabrication du béton; on a exécuté en effet, avec cette matière, 5,630 mètres du murs de soutènement.

## INSTALLATIONS GÉNÉRALES DES DOCKS-ENTREPÔTS

Voyons maintenant comment doivent être disposés les bâtiments des docks-entrepôts.

M. Barret, l'éminent ingénieur des docks de Marseille, a établi comme suit les règles générales qui doivent présider à la construction des docks-entrepôts :

Pour qu'un dock-entrepôt soit établi dans de bonnes conditions, il est nécessaire que toutes les opérations de débarquement et d'embarquement, de vérification, de magasinage et d'expédition par wagons, par camions, ou par eau, puissent s'effectuer le plus économiquement possible.

On obtient ce résultat en disposant l'ensemble de l'entrepôt pour que la marchandise ait la plus petite distance à parcourir lorsqu'on lui fait subir une ou plusieurs des opérations désignées ci-dessus ; en d'autres termes, les quais doivent, sur toute leur longueur, être desservis par des hangars de vérification, des magasins de dépôt et des voies ferrées et charretières.

La meilleure disposition à donner à un entrepôt consisterait à loger les marchandises dans des hangars fermés, ce qui supprimerait l'élévation aux étages, laquelle absorbe un travail mécanique assez important. Un mètre carré de hangar revient meilleur marché qu'une surface égale de planchers, et l'on peut charger le sol du premier jusqu'à 2,000 kilos et plus par mètre carré, tandis, que les planchers ne peuvent recevoir que 1,500 kilos au maximum. Toutefois, l'application de ce système nécessiterait un grand développement de quai et une grande surface de terrain ; ce qui fait généralement défaut dans les ports de commerce, et on est par suite obligé d'adopter des bâtiments à étages.

## DISPOSITIONS GÉNÉRALES DES MAGASINS A ÉTAGES.

La disposition des magasins à étages d'un entrepôt, leurs divisions intérieures, ainsi que leur mode de construction doivent réunir les conditions suivantes :

Les bâtiments sont à diviser en groupes complètement indépendants les uns des autres par des cours ou voies charretières dans le but de réduire les risques, ce qui permet d'assurer la construction et la marchandise à des prix raisonnables.

Chaque groupe composé de 5 à 6 étages ne devrait pas comporter plus de 18 à 20,000 mètres carrés de planchers pouvant contenir en moyenne de 13 à 14,000 tonnes de marchandises.

La largeur des corps de bâtiments varie en moyenne de 25 à 35 mètres ; le grand entrepôt de Marseille, qui a une surface de planchers de 80,000 mètres carrés, a 30 mètres de largeur, l'entrepôt du dock Albert à Liverpool a 30 mètres, les bâtiments à étages des docks Sainte-Catherine et de London-Docks à Londres ont une partie de leurs magasins qui ont 40 mètres de largeur ; l'entrepôt du Havre enfin a 23 mètres de largeur.

On comprend du reste que, si l'on dispose d'une certaine longueur de terrain pour loger un entrepôt capable de contenir un tonnage déterminé, une faible largeur donnée au bâtiment oblige à augmenter le nombre d'étages, ce qui occasionne nécessairement des frais de manutention plus élevés. D'un autre côté la largeur ne doit pas dépasser une certaine limite, car il faut que la lumière qui entre par les croisées des façades pénètre jusqu'au centre des salles afin qu'on puisse distinguer parfaitement les marques des divers lots de marchandises.

La largeur de 40 mètres devrait être considérée comme un maximum ; et celle qui paraît la plus convenable est 35 mètres.

Les salles d'un même groupe doivent être complètement indépendantes les unes des autres et n'avoir aucune ouverture les faisant communiquer entre elles, ce que l'on obtient en établissant à l'extérieur des magasins et à chaque étage des galeries de manutention munies d'escaliers pour le personnel et des appareils nécessaires à la montée et à la descente des marchandises.

La séparation des salles rend très facile la surveillance et le contrôle des ouvriers ; en outre, on peut louer les salles aux négociants qui en font la demande et leur permettre de faire

exécuter les opérations de mélange et de 'coupage qu'ils font subir à diverses marchandises.

Un avantage non moins important que présente cette disposition, c'est qu'en cas d'incendie le feu est complètement localisé.

La figure 12 représente l'ensemble des docks et entrepôts de Sainte-Catherine à Londres, construits de 1828 à 1832 et qui ont coûté 55 millions.

Les trois bassins d'opération sont circonscrits par des bâtiments établis perpendiculairement à l'aplomb des quais, et comportant des caves, un rez-de-chaussée et 5 étages.

La figure 13 indique à une plus grande échelle les divisions intérieures des salles d'une partie des bâtiments établis sur le quai nord du dock-ouest. Cette division montre clairement combien la surveillance des ouvriers est incommode dans cette masse énorme de constructions et combien il serait difficile d'y localiser le feu en cas d'incendie.

La coupe transversale (fig. 14) donne la disposition des caves et des étages ainsi que celle des colonnes en fonte de 1<sup>m</sup>35 de diamètre qui supportent les maçonneries des façades du côté du quai.

Lorsqu'on a mis en exploitation le dock Albert à Liverpool (fig. 15) dont l'entrepôt avait été aménagé comme ceux des docks Sainte-Catherine et des docks de Londres, les négociants voulaient absolument qu'on les autorisât à faire manipuler la marchandise par leurs portefaix ou bien qu'on leur louât les salles. Il n'a pas été possible d'accéder à leur demande à cause de la disposition de ces entrepôts dont les salles communiquent les unes avec les autres. On comprend, en effet, que si la Compagnie d'exploitation de cet établissement avait voulu recevoir les ouvriers de l'extérieur, comme elle est responsable de la marchandise, elle aurait dû employer à la surveillance presque autant de personnes qu'il y aurait eu d'ouvriers étrangers dans les magasins.

(A suivre.)

## OUTILLAGE DES TRAVAUX PUBLICS

## Nouveau type de wagon à ballast

A TRAPPE ET A DÉCHARGEMENT AUTOMATIQUE POUVANT ÊTRE TRANSFORMÉ EN WAGON PLATE-FORME OU TOMBREAU POUR L'EXPLOITATION.

M. Meraux, ex-chef de section aux chemins de fer de l'Est, en retraite, nous envoie la description d'un nouveau type de wagon à ballast, imaginé par lui en vue de réaliser économiquement le ballastage des lignes de chemin de fer.

Ce wagon peut, en effet, être utilisé très avantageusement comme wagon d'exploitation pour le transport des houilles, des sables et de toutes les matières meubles pouvant s'écouler sous un angle d'environ 40 degrés.

Les figures 1, et 2 donnent l'élévation, le plan, la vue par bout et la coupe transversale du wagon.

On voit à l'inspection de ces figures que le wagon dans lequel le châssis est complètement supprimé se compose d'une caisse à 3 compartiments fermée longitudinalement par deux côtés fixes A et par deux côtés tombants B articulés autour des points C et retenus en place par les crochets I.

Cette caisse est fermée à ses deux extrémités par la traverse D et son compartiment du milieu par les deux parois inclinées et fixes E et par deux côtés tombants F articulés autour des points G.

Les deux compartiments extrêmes ont pour fond les planchers H constituant chacun une plate-forme.

Le compartiment du milieu a son fond formé de la partie fixe j h L et de deux trappes M articulées autour des points N et retenues en place par des chaînes s'enroulant sur les tambours P et par les crochets de sûreté Q fixés sur une barre R qui peut se mouvoir longitudinalement au moyen du levier S et de la vis à volant T.

Les arbres U, qui portent les tambours d'enroulement P des chaînes, reçoivent leur mouvement de rotation par des engrenages V, calés sur leurs extrémités, engrenages qui sont commandés par les vis sans fin X qui sont elles-mêmes actionnées au moyen des volants Y.

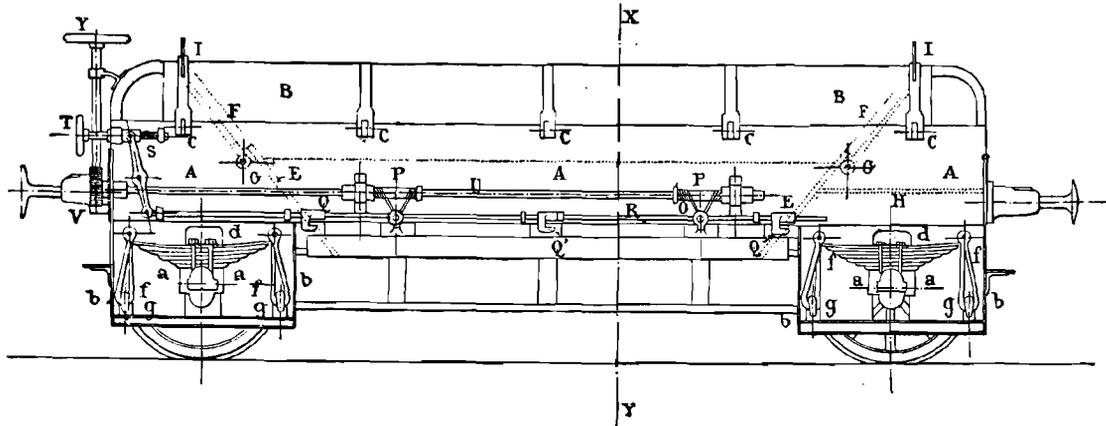
Les plaques de garde *a* portant les contreforts *b* sont fixées aux traverses D, aux parois inclinées E et aux planches H. La suspension se compose de ressorts à lames et à rouleau *a* reposant sur les boîtes à graisse et reliés au véhicule au moyen de mailles de suspension tordues d'un quart de tour et s'engageant dans un ressort à crochet *g* fixé sur les plaques de garde. Ces supports de crochets *g* sont placés de telle façon que le point d'articulation *f* se trouve en contre-bas du centre de rotation des roues.

Ce wagon, qu'il soit employé comme wagon à ballast, ou comme wagon d'exploitation, se charge exactement de la même manière que tous les wagons à ballast, à terrassements ou à tombereaux, au moyen de wagonnets ou de brouettes sous estacades, au moyen d'excavateur, ou à la pelle.

Son déchargement, qui se fait toujours *automatiquement*, peut avoir lieu au repos ou en marche, suivant les besoins du service pour lequel il est employé.

Lorsqu'il est employé pour le service du ballastage, son déchargement s'opère au repos en une ou plusieurs fois, suivant qu'il s'agit de la première ou de la deuxième couche de ballast d'une ligne en construction, ou de l'entretien du ballast d'une ligne en exploitation.

Pour la première couche de ballast d'une ligne en construc-



Coupe suivant XY.

La trappe ouverte La trappe fermée

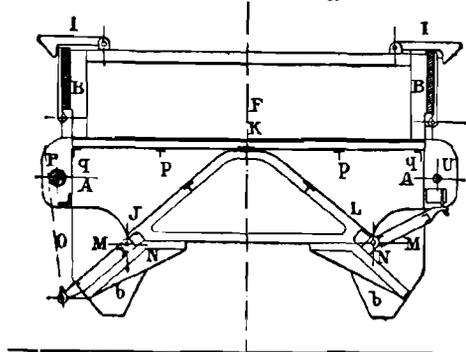


Fig. 2.

Les boîtes de l'essieu peuvent être à la graisse ou à l'huile, mais elles doivent être construites de façon à laisser aux plaques de garde assez de latitude transversalement et longitudinalement pour permettre à l'essieu de prendre toujours sa position normale à la direction de la voie dans le passage des courbes ayant le plus petit rayon admis dans les constructions de voies ferrées.

Des planches emmagasinées sur les plates-formes H doivent servir à transformer le wagon à ballast en wagon plat en les plaçant transversalement sur les longrines mobiles P et sur les supports *q* fixés sur les côtés A de la caisse. Enfin les appareils de choc et de traction, les freins, les essieux, les roues peuvent être établis suivant la construction habituelle de tout wagon.

Voici maintenant les divers modes d'emploi du wagon. Nous avons dit qu'il pouvait être transformé rapidement en wagon plat permettant le chargement des pierres de taille, des bois, des fers en barres, des rails, etc., etc.

Fig. 1.

A Côtés fixes.  
B Côtés tombants.  
C Charnières des côtés tombants.  
E Parois fixes des bouts.  
F Bout tombant.  
G Charnières des bouts tombants.  
H Plates-formes des bouts.  
I Crochets retenant les côtés tombants B.  
J K L Fond de la caisse.  
M Trappes de déchargement.  
N Charnières des trappes.  
O Chaînes de relevage des trappes.  
P Tambours d'enroulement des chaînes.  
Q Crochets de sûreté des trappes.  
R Barres de manœuvre des crochets de sûreté.

S Leviers des barres de manœuvre.  
T Volants des barres de manœuvre.  
U Arbre portant les tambours des chaînes.  
V Engrenages donnant le mouvement aux arbres U.  
X Vis sans fin des engrenages V.  
Y Volants commandant les vis sans fin X.  
a Plaques de garde.  
b Contreforts des plaques de garde.  
d Ressorts de suspension.  
f Menottes de suspension.  
g Supports à crochets de la suspension.

tion, alors que le niveau du rail est environ à 240 millimètres au-dessus de la plate-forme, il suffit aussitôt après l'arrêt du train de faire descendre complètement les trappes pour que le déchargement se fasse instantanément.

Pour la deuxième couche, alors que la quantité de ballast nécessaire pour parachever le ballastage sur une longueur de wagon, c'est-à-dire sur environ six mètres, est moindre que celle que renferme le wagon, le déchargement doit se faire au moins en deux fois, en ouvrant les trappes à demi pendant un premier arrêt du train, et en avançant ensuite la rame de wagons de toute sa longueur pour effectuer le reste du déchargement en faisant descendre les trappes à fond de course.

Pour l'entretien des voies, le déchargement au repos devra toujours se faire en plusieurs fois, suivant la quantité de ballast nécessaire sur le point où le déchargement a lieu.

Le déchargement en marche, qui est le plus rationnel parce qu'il répartit uniformément le ballast, et le plus économique parce qu'il est le plus prompt, peut être employé pour tous les cas de ballastage, qu'il s'agisse de voies neuves à établir ou de voies anciennes à entretenir. Il se fait à une vitesse calculée suivant l'épaisseur de la couche de ballast à obtenir, en ouvrant successivement les trappes de chaque wagon à leur arrivée en un point déterminé de la voie. Avec un peu d'habitude,

ce déchargement s'obtiendra dans toutes les circonstances d'une façon très régulière, tant par le mécanicien que par les hommes chargés de manœuvrer les trappes.

Lorsque le wagon Méraux sera employé comme wagon d'exploitation pour le transport des *houilles*, des minerais, etc., son déchargement devra se faire généralement sur estacades établies *ad hoc* dans les gares ou dans les chantiers des industriels. Dans ce cas, il aura lieu au repos en une seule fois.

L'économie résultant de l'emploi du wagon Méraux peut s'évaluer approximativement comme suit :

**Ballastage.** — Le déchargement du ballast, tel qu'il se fait actuellement au moyen d'hommes emmenés de la carrière ou pris parmi les diverses équipes réparties sur la voie, nécessite 4 hommes par wagon cubant 7 mètres et dure 4 minutes, c'est-à-dire que chaque mètre cube coûte  $\frac{4 \times 4}{7} = 2' 2/7$  de main-d'œuvre pour son déchargement proprement dit.

Le déchargement du wagon Méraux, qui cube 10 mètres, se fait par un seul homme en marche ou au repos, lorsqu'il a lieu en une seule fois, en 3 minutes, ou en 5 minutes lorsqu'il a lieu au repos en trois fois, soit en moyenne en 4 minutes, ou 4/10 de minute par mètre cube, d'où une économie de 82 fr. 50 pour 100 sur le déchargement proprement dit.

En raison de leur grande capacité, 14 wagons Méraux pouvant transporter la même quantité de ballast que vingt wagons anciens, le déplacement des hommes nécessaires pour faire le déchargement d'une rame de wagons ne sera que de 14 hommes contre 80 (quatre-vingts) employés actuellement pour décharger le même cube. Ce qui donne également 85 fr. 50 0/0 d'économie sur le déplacement des hommes, d'où l'on peut conclure que l'emploi du wagon Méraux pour le ballastage permet de réaliser 82 fr. 50 0/0 sur tous les frais de déchargement.

Le wagon Méraux ne coûte pas plus cher que les anciens wagons.

L'économie de 82 fr. 50 0/0 reste donc acquise dès le premier jour de l'emploi de ce wagon.

**Exploitation.** — Employé comme wagon d'exploitation pour le transport des matériaux meubles, il réalise pour le déchargement des *houilles*, des *minerais*, des *sables*, etc., etc., les mêmes économies de déchargement que pour le ballastage ; mais il est surtout des plus avantageux pour le transport des *houilles* dont le déchargement dans les gares d'arrivée est un des éléments les plus importants pour les destinataires, industriels et consommateurs.

Cette opération se fait actuellement en France à la pelle, s'il s'agit de combustible menu ou de tout-venant. Il en résulte que, par le piétinement des déchargeurs, par le tranchant des pelles, ou par l'emploi des pioches en temps de gelée, la proportion de poussier est augmentée de 15 à 20 0/0.

Les contestations qui s'élèvent journellement entre les houillères et les consommateurs, pour trop forte teneur en poussier, témoignent de ce que nous avançons.

Il convient donc de supprimer autant que possible ces causes de déchet, par l'écoulement de la houille sous l'influence de la gravité.

D'autre part, on sait qu'à Paris notamment, et dans les grandes villes, les exigences des consommateurs sont excessives, et que tous les entrepositaires sont obligés, après avoir déchargé leur gaillerie sur des aires pavées, de recharger les houilles dans les tombereaux ou dans des sacs, après un nouveau criblage à la pelle à grille ou sur des claies.

A Paris, ces opérations coûtent facilement 1 franc par tonne, et encore, par la négligence du personnel, présentent-elles des incertitudes qui donnent lieu tous les jours à des contestations entre l'acheteur et le vendeur.

Il suffit, pour faire disparaître toutes ces causes de dépenses et de discussions, d'employer le wagon Méraux en opérant son déchargement sur des estacades placées à 3 mètres environ au-dessus du sol où circulent les tombereaux.

Dans toutes les gares en remblai, ces estacades pourront être

établies généralement au niveau de la plate-forme de la gare ou à peu près ; dans les autres, elles pourront être établies au-dessus du sol et raccordées à ce dernier par un plan incliné d'environ 200 mètres de longueur, de façon que, dans tous les cas, les wagons pourront être amenés au point de déchargement par les locomotives de service dans les gares.

Dans ces conditions, le déchargement pourra se faire directement dans les tombereaux et au besoin dans des trommels permettant de faire immédiatement le triage des houilles.

Enfin, ce wagon, pouvant être transformé en wagon plat, peut être utilisé en retour pour le transport de marchandises diverses au lieu de revenir à vide.

G. MÉRAUX,

Ancien élève de l'Ecole Centrale, ex-chef de section aux chemins de fer de l'Est, en retraite, à Paris, rue de Poliveau, n° 36.

## CHRONIQUE

### Chronique française

**Mesure des vitesses dans les grands cours d'eau.** — M. Bazin, ingénieur en chef des ponts et chaussées, a publié dans les *Annales des ponts et chaussées* une notice sur l'emploi des doubles flotteurs pour la mesure des vitesses dans les grands cours d'eau. On sait que les doubles flotteurs, reliés par un cordeau, sont : l'un à la surface, l'autre à une certaine profondeur.

M. Bazin arrive à conclure, après avoir comparé les résultats de plusieurs expériences récentes, que les doubles flotteurs donnent des indications n'offrant pas toute la concordance désirable et que l'emploi du moulinet est de beaucoup préférable pour effectuer les mesures dont il s'agit.

**Durcissement des mortiers de ciment de Portland dans l'eau et dans l'air.** — M. de Perrodil, ingénieur en chef des ponts et chaussées, a fait une série d'expériences ayant pour but de déterminer la marche du durcissement du ciment de Portland (marque Lonquety) dans l'eau et dans l'air. Les résultats de ces essais sont les suivants :

1° La résistance des mortiers de ciment est plus grande dans l'eau que dans l'air ;

2° L'eau d'hydratation exerce une grande influence sur le durcissement, soit qu'elle se combine avec l'aluminate de chaux pour former un hydrate d'aluminate de chaux, qui a une grande dureté ; soit qu'elle s'unisse à de la chaux vive, afin d'agir pouzzolaniquement sur le silicate de chaux, suivant la théorie de M. Frémy.

**Transmission électrique de la force dans les mines.** — Certaines applications de transmission de la force par l'électricité ont eu lieu dans les mines, notamment à la Péronnière, près de Rive-de-Gier ; à la mine Thibaut, près de Saint-Etienne, à Blanzly ; à la mine de Zankeroda ; et enfin, à la mine Saint-Claude, près de Blanzly. Le professeur Schulz a examiné avec soin les résultats que donnent les installations au point de vue du rendement électrique, du rendement mécanique et du rendement total. Il a ensuite comparé les frais de la transmission électrique de la force avec ceux de la transmission au moyen de l'air comprimé et de l'eau appliqués aux foreuses et aux machines à extraire le charbon au moyen de locomotives, de machines à hisser le câble, et de ventilateurs.

Il résulte de ce travail de comparaison que les mines n'offrent aucun champ pour la transmission électrique en dehors de quelques cas isolés, et excepté pour le transport par locomotive sur un terrain plat, où elle pourrait avantageusement remplacer la traction à corde et à câble.

(La Lumière électrique.)

## Chronique Etrangère

**Le chemin de fer du Righi-Vaudois.** — M. Riggenbach, qui est fait une spécialité dans la construction des chemins de fer crémaillères, vient de construire entre Territet (sur le lac de Genève) et le village de Glion, surnommé le Righi-Vaudois, une petite ligne où il a combiné le système funiculaire avec la voie à crémaillère.

La différence d'altitude existant entre ces deux points est de 100 mètres; leur distance horizontale est de 586 mètres. La ligne a une longueur de 674 mètres, se décomposant comme suit : 95 mètres en rampe de 30 0/0, 32 mètres en raccordement et 547 mètres en rampe de 57 0/0.

La ligne est à deux voies; les rails sont à l'écartement de 1 mètre. Au milieu du parcours se trouve un croisement.

Les rails, qui pèsent 17 kilogrammes par mètre, sont posés sur des traverses métalliques formées d'un rail de 36 kilogrammes, reposant à ses deux extrémités sur des murs parallèles en maçonnerie.

La crémaillère, qui est placée entre les deux rails de chaque voie, pèse 50 kilogrammes le mètre courant; elle est du même modèle que celle existant sur la ligne bien connue du Righi-Valm.

A l'extrémité supérieure du plan incliné est une poulie sur laquelle passe le câble métallique, aux deux bouts duquel sont attachées les voitures.

Ce câble est formé de 6 torons, comprenant chacun 19 fils d'acier fondu de 2 millimètres. Le diamètre du câble est de 35 millimètres; il pèse 4 kilogrammes par mètre courant et sa charge de rupture est de 57,000 kilogrammes, soit 59 kilogrammes par millimètre carré. Il est supporté sur son parcours par des poulies ou galets placés sur la voie à des distances de 18 mètres les uns des autres.

Le matériel roulant se compose de voitures pesant à vide 7,000 kilogrammes et contenant 30 places de voyageurs, un compartiment pour les bagages et une plate-forme pour les agents.

Sous la voiture est disposée une caisse pouvant contenir les 7 à 8 mètres cubes d'eau qui constituent le poids moteur.

Les deux wagons attachés aux deux extrémités du câble sont disposés de manière à se faire équilibre; cet équilibre est rompu par la charge d'eau du wagon descendant; les essieux sont munis, au milieu de leur longueur, d'une roue dentée qui engrène avec la crémaillère et qui sert à modérer la vitesse de la descente et, en cas de rupture du câble, à arrêter le véhicule. Chaque voiture est munie, en outre, d'un frein à main manœuvré par le chef de train et agissant sur une roue à cannelures fixée aux roues dentées. Enfin un frein à contrepoids, qui agit automatiquement sur ces mêmes roues, et un frein à air comprimé, composé d'un cylindre dans lequel se meut un essieu, complètent les organes de sécurité du système.

Le chemin de fer du Righi-Vaudois a été mis en exploitation le 18 août 1884. Il a fonctionné depuis cette date avec un succès complet.

La dépense d'établissement a été de 480,000 francs.

Les frais d'exploitation étant extrêmement réduits, les recettes donnent un revenu fort satisfaisant.

**Construction, en un jour, d'un pont en béton de 12 mètres d'ouverture.** — Dans le courant du mois d'octobre 1884, on a construit à Aarau, dans la fabrique de ciment Portland de Zurhoden, un ouvrage d'art avec une rapidité qui mérite d'être signalée. Il s'agissait de jeter le plus promptement possible deux ponts de 12 mètres d'ouverture chacun sur un canal d'usine, afin de rétablir les communications qui avaient été coupées par ce canal.

Les ponts furent construits en béton; ils avaient 2 mètres de flèche, une épaisseur de 0<sup>m</sup>,50 à la clef et de 1 mètre aux culées. La largeur du tablier a été fixée à 4 mètres. Le terrain sur lequel devait reposer l'ouvrage se compose de granit, on jugea suffisant de donner aux culées une hauteur de 1<sup>m</sup>,50 et

une profondeur de 3 mètres. Sur les arcs on construisit des murs en aile jusqu'à la hauteur du tablier, lequel a été recouvert de dalles de béton et garni d'un garde-corps en fer. L'intervalle existant entre ces murs en ailes fut rempli de gravier.

Le poids de la partie du pont comprise entre les culées est de 200,000 kilos; si on y ajoute une charge de 300 kilos par mètre carré représentant le poids des personnes qui peuvent y stationner, on arrive à un total de 214,000 kilogrammes.

La construction se fit par les procédés ordinairement suivis pour les ouvrages en béton, c'est-à-dire que l'on creusa le terrain à l'emplacement des culées, puis on monta l'échafaudage et on plaça les cintres.

Les deux culées furent bétonnées en un jour; le lendemain on procéda au coulage de la voûte et des murs en ailes. On laissa le pont se durcir pendant deux mois, après quoi on le livra à la circulation, et on ne constata aucun affaissement ni aucune crevasse, bien qu'il livre passage à de lourds véhicules.

Ce qui précède s'applique à l'un des ponts qui est placé en biais sur le canal. L'autre pont dont l'axe est placé perpendiculairement à l'axe du canal fut complètement terminé dans l'espace d'un seul jour.

De six heures du matin à six heures soir, les soixante-cinq ouvriers employés à ce travail purent transporter dans des brouettes, d'une distance moyenne de 20 mètres, le sable et le gravier nécessaires, mélanger ces matériaux et faire le béton, couler enfin ce dernier dans les moules, le comprimer, en un mot former un monolithe de 80 mètres cubes.

Le béton était constitué de la façon suivante : On mélangeait à sec le ciment et le sable, puis on y ajoutait du gravier et ensuite l'eau en ayant soin de remuer constamment le mélange. On employait une quantité d'eau suffisante pour que le béton une fois comprimé se recouvrit d'une légère couche d'eau.

Les proportions du mélange étaient les suivantes :

	COMPOSITION EN VOLUMES			Poids de ciment employé par mètre carré de béton fini.
	Ciment.	Sable.	Gravier.	
Béton employé pour les culées.....	1	3	7	200
— les arcs.....	1	2	4	300
— les murs en aile.	1	2	6	250

Le cintre fut enlevé au bout de huit à dix jours et le pont fut livré à la circulation au bout de quatre semaines.

Les dépenses de construction peuvent s'évaluer comme suit :

Pouilles : 50 mètres cubes à 1 fr. le mètre cube...	50 fr.
Béton, y compris l'échafaudage et les cintres, 80 mètres cubes à 30 fr. le mètre cube.....	2.400
Remplissage des reins de la voûte, empierrément de la chaussée sur le pont et ensablement.....	200
Garde-fou, pose comprise.....	250
Total.....	2.900 fr.

Si l'on compare à ces ouvrages en béton les ouvrages en bois ou en métal, on reconnaît que les premiers résistent à toutes les influences atmosphériques, et par conséquent n'exigent pas d'entretien; de sorte que, lorsqu'il s'agit de ponts de petite dimension, l'emploi du béton est extrêmement économique.

(Schweizerische Bauzeitung.)

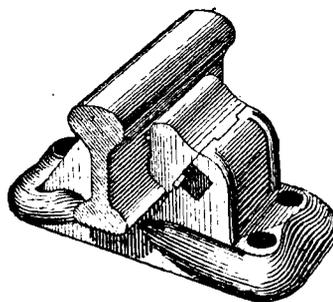


Fig. 1. — Coussinet ordinaire.

**Nouveau coussinet pour rails.** — Le coussinet pour rails à double champignon qui est représenté figures 1 et 2, a été construit dans le but de supprimer les coins en bois employés jusqu'ici et d'augmenter en même temps la stabilité de la voie. Il peut aussi servir de coussinet de joint et permet alors de sup-

primer les éclisses et les boulons. Enfin, il est utilisable pour les rails de tous les profils, présente le même poids que les coussinets ordinaires : son prix est seulement un peu plus élevé.

A l'inspection des figures on voit que le serrage du rail dans le coussinet est assuré par l'introduction dans ce dernier, d'un coin en fonte muni d'une saillie destinée à recevoir une clavette en fer forgé. Lorsqu'on frappe sur cette clavette, on serre le coussinet contre le rail, et on obtient ainsi un assemblage rigide.

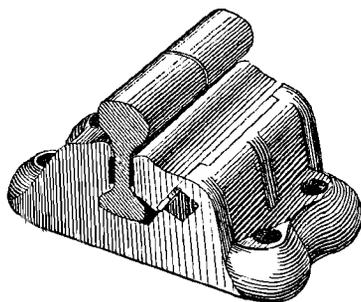


Fig. 1. — Coussinet de joint.

Les coussinets de joint présentent les mêmes dispositions, seulement ces coussinets portent deux saillies venues de fonte. Ces saillies pénètrent dans des trous percés dans l'âme du rail : ce qui empêche ce dernier de se déplacer. Lorsque les clavettes qui assurent le serrage de l'ensemble du joint ont été chassées à fond, on replie au marteau leur extrémité la moins épaisse, de façon à empêcher leur déplacement. Ce genre de coussinet a été employé avec succès sur une section à forte pente, de la ligne du Great-Northern (Angleterre).

(Engineering).

**Transport des ponts sur les voies ferrées.** — La figure 1 indique un nouveau mode mis en pratique sur la ligne Delaware-Lackawanna (Amérique), pour le transport des ponts métalliques, de leur atelier de construction jusqu'au point de la ligne où ils doivent être placés. Le but qu'on s'est proposé en trouvant un moyen pratique de transport du pont entier, c'est d'économiser le temps employé à monter le pont sur place et, par suite, des frais de montage dans des pays où l'on manque souvent de moyens d'action suffisants. Grâce au système dont il est question, on opère ce montage dans l'atelier de construction où l'on dispose de tous les engins nécessaires. Ce système

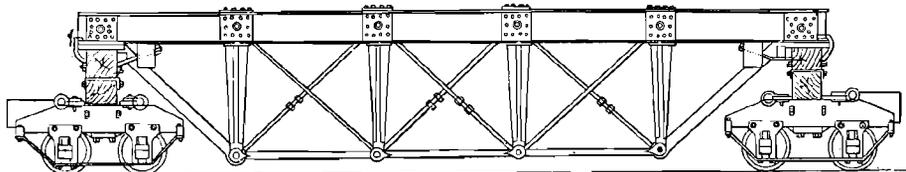


Fig. 1. — Élévation.

consiste, d'ailleurs à faire reposer les deux extrémités du pont sur des trucs qui sont remorqués ensuite par une locomotive. Le premier essai de transport de ce genre a été appliqué sur de petites distances, et comme il a parfaitement réussi, on l'a pratiqué pour de grands parcours. C'est ainsi qu'on a transporté un pont à 95 milles de distance.

Lorsque le pont est arrivé à destination, on soulève ses deux extrémités à l'aide de grues, et on le fait redescendre lentement sur ses culées. La vitesse moyenne du transport a été de 15 milles à l'heure.

(American Machinists).

**Reconstruction du barrage d'Abbeystead.** — La rivière de la Wyre, en Angleterre, a été barrée en 1851 pour permettre une prise d'eau destinée à l'alimentation de la ville de Lancaster. Le barrage consistait en une digue en maçonnerie de moellons à parois verticales, établie perpendiculairement à l'axe du cours d'eau, et dont les deux extrémités s'adossaient à la roche. La longueur de la digue était d'environ 30 mètres, sa hauteur de 9 mètres et son épaisseur de 1<sup>m</sup>,80. La face aval était tracée suivant une courbe d'un rayon d'environ 24 mètres.

On y ménagea 2 ouvertures voûtées de 1<sup>m</sup>,80 de largeur pour donner passage aux eaux de la rivière pendant la construction de l'ouvrage. La face amont du barrage est talutée à raison de 1/1 et ce talus est recouvert d'un perré en pierres sèches.

On constata au bout de quelques années que la digue n'était pas étanche ; pour faire disparaître cet inconvénient, on construisit contre sa face postérieure un mur de béton de 0<sup>m</sup>,90 d'épaisseur et un autre en maçonnerie de moellons de 1<sup>m</sup>,05. On augmenta ensuite la hauteur de la digue de 2<sup>m</sup>,55 en construisant derrière l'ancien ouvrage un mur de béton, un second en maçonnerie de moellons et un troisième en terre glaise fortement pilonnée. On plaça sur la face du dernier mur de maçonnerie un revêtement en maçonnerie de pierres sèches, recouvert lui-même d'un perreyage dressé au marteau, avec une pente de 1 de base pour 1 de hauteur. La crête de la digue était pavée avec des blocs de bois. Vers 1876, on résolut d'augmenter la capacité du réservoir, on reconnut qu'il fallait élever le niveau de l'eau de 3 mètres, et comme le mur du barrage ne pouvait supporter la pression qui devait en résulter, on le reconstruisit. On compléta le travail en établissant un réservoir de trop plein et un déversoir. Ce dernier est construit de façon à assurer un écoulement aussi calme que possible. La prise d'eau se fait à l'aide de tuyaux dont l'orifice est fermé par des vannes ; ces vannes se trouvent dans l'intérieur de tours auxquelles on accède par des passerelles métalliques.

La construction du mur a été exécutée à l'abri d'un batardeau formé de deux rangées de palplanches entre lesquelles on a foulé de la terre.

Ces travaux présentèrent certaines difficultés d'exécution.

L'axe du bassin fait avec l'axe de la rivière un angle de 36°. Grâce au profil donné au déversoir, l'eau s'écoule sans choc mais avec une grande vitesse dans le bassin et sans exercer d'action sur le mur nord. Près de la passerelle établie à l'amont on a construit un mur en courbe, en béton avec revêtement en maçonnerie, les deux extrémités de ce mur pénètrent dans la paroi rocheuse qui limite le lit de la rivière et empêchent ainsi tout affouillement en ce point.

La passerelle comprend 3 travées, savoir : une travée centrale de 18 mètres et deux autres petites travées latérales.

(Société des Ingénieurs civils anglais).

**L'utilisation des chutes du Niagara et le transport de l'électricité.** — M. Rhodes, dans une communication à la Société des ingénieurs civils américains, a traité la question de l'utilisation de

la force motrice des chutes du Niagara. Cet ingénieur a calculé que le travail brut des chutes est d'environ 7 millions de chevaux. Une très faible partie de cette force est employée actuellement par diverses industries, notamment pour élever l'eau nécessaire à l'alimentation d'un village.

En 1855 on a creusé à grands frais un canal de dérivation qui prend l'eau à l'extrémité des rapides et la rend au-dessous des chutes ; on pourrait utiliser à l'aide de cette dérivation une chute de 60<sup>m</sup>, mais en réalité on n'en tire pas tout le parti possible. On se sert bien de la force hydraulique pour faire tourner une machine Brush qui alimente des lampes électriques pour l'éclairage des chutes, mais on s'est borné jusqu'ici à cette application fort restreinte, et M. Rhodes pense qu'on pourrait facilement la développer. Il nous paraît intéressant de citer les conclusions auxquelles il arrive :

M. Rhodes admet tout d'abord qu'on peut sans difficulté transporter la force par des conducteurs électriques à 40 kilomètres de distance ; il pense même qu'en apportant des perfectionnements on arrivera à transporter cette force jusqu'à 300 kilomètres de distance. Les installations nécessaires pour l'uti-

isation des chutes du Niagara sont estimées par lui à 1,500 francs par cheval, ce qui, pour les 7 millions de chevaux disponibles, conduirait à un total de 24 milliards 500 millions de francs.

Comme on le voit, le capital de premier établissement s'éleverait à un chiffre colossal. Il faut remarquer aussi que d. Rhodes admet comme pratiquement réalisable le transport de l'électricité à grande distance. Or, la question est loin d'être résolue. Les ingénieurs électriciens cherchent, il est vrai, à résoudre ce problème, mais il faut attendre avant de se prononcer et de songer à des applications pratiques le résultat des expériences que M. Marcel Deprez prépare entre Paris et Creil.

(Société des Ingénieurs civils américains.)

**Des inondations et des moyens de les prévenir.** — Le *Bulletin de la Société des Ingénieurs et Architectes de Vienne* contient une étude intéressante sur la question des inondations; nous pensons qu'il est utile d'en donner un résumé.

Les inondations, dit l'auteur des études en question, ont pour causes :

1° Des pluies torrentielles qui tombent à des intervalles rapprochés dans une même région, et qui sont le résultat d'influences atmosphériques multiples;

2° L'écoulement rapide de ces eaux de pluie sur le flanc de montagnes escarpées et arides, sillonnées par d'innombrables ravins, ou encore la fonte subite des neiges due à la chaleur des rayons du soleil ou à des courants d'air chaud;

3° L'insuffisance d'endiguement des rivières qui reçoivent toutes ces eaux.

Les seuls moyens qui soient à la disposition des ingénieurs pour empêcher les inondations de causer des dégâts, souvent considérables, consistent à régulariser l'écoulement des eaux et à endiguer convenablement les rivières qui les reçoivent. On peut les classer en trois catégories, savoir :

1° Mesures à prendre pour retenir les eaux de pluie sur le terrain même où elles sont tombées et empêcher leur écoulement sur les territoires voisins;

2° Mesures à prendre pour consolider le sol et empêcher ainsi le glissement des terres, des rochers et des corps solides entraînés par les eaux;

3° Mesures à prendre pour régulariser l'écoulement des eaux en se basant sur un débit maximum.

Pour retenir les eaux, on peut employer divers moyens; le plus efficace est le boisement et le gazonnement des flancs de montagnes, non pas sur toute l'étendue du terrain, ce qui serait pratiquement impossible, mais sur les parties supérieures de la montagne.

Il résulte de nombreuses observations que, lorsque les eaux de pluie tombent sur un terrain incliné dont le sommet est boisé, les 74 0/0 seulement du volume total de ces eaux s'écoulent dans les vallées; les 26 0/0 restant sont absorbés par le feuillage des arbres. Il faut, bien entendu, tenir compte de la durée des pluies, car, au bout d'un certain temps, les arbres sont saturés d'humidité et ne peuvent, par conséquent, plus retenir les eaux de pluie qui, à partir de ce moment, s'écoulent en totalité sur le flanc de la montagne.

Une considération bien autrement importante est le choix à faire des matières ou des végétaux qui recouvrent le terrain boisé. On a calculé que la mousse peut retenir 200 à 900 0/0 du poids de l'eau tombée; les feuilles mortes en retiennent de 150 à 200 0/0 et la paille de 120 à 134 0/0. L'excédent de la masse d'eau pénètre en partie, par infiltration, dans le terrain naturel. Si on a égard à la perméabilité des diverses substances ci-dessus désignées, on peut les placer dans l'ordre suivant :

Les feuilles mortes, la paille et enfin la mousse, qui est la plus perméable.

Le dessèchement du sol des forêts varie également suivant l'épaisseur de la couche qui le recouvre. Ainsi, on a trouvé qu'un terrain gazonné se desséchait plus rapidement qu'un terrain nu; qu'un terrain recouvert de paille se desséchait plus vite qu'un terrain recouvert de mousse et que ce dernier con-

servait mieux son humidité, lorsqu'il était recouvert de feuilles mortes. Ainsi donc les feuilles mortes, qui ont une grande perméabilité, retiennent fort bien les eaux qui les imbibent.

Le simple gazonnement du sol influe seulement sur la consolidation de la surface. Il empêche l'écoulement des parties délayées par les pluies et s'oppose par suite au glissement du terrain.

Pour empêcher les eaux qui se rassemblent dans les fossés ou les ravins de se répandre sur les terrains environnants, on les conduit dans des réservoirs formés, soit par des barrages en maçonnerie, soit par des levées de terre qui barrent des vallées étroites où se rassemblent alors les eaux. Il importe que ces murs de barrage soient établis avec une grande solidité; on doit principalement porter toute son attention sur la construction des fondations, qui doivent pouvoir résister aux affouillements.

Un pareil réservoir doit toujours être vide, de façon à être prêt à recevoir, au moment voulu, tout le volume des eaux d'inondation. A cet effet, il est muni d'un canal de décharge de dimensions suffisantes pour donner écoulement au volume maximum que le ravin ou le cours d'eau situé au fond de la vallée barrée débite en temps ordinaire. Le réservoir aura donc la capacité nécessaire pour emmagasiner seulement le volume des eaux d'inondation. Si on désigne par W le volume en mètres cubes par seconde, débité par le cours d'eau en temps de crue, et par Q le volume débité par ce cours d'eau en temps ordinaire, la différence W-Q représentera le volume d'eau par seconde à emmagasiner par le réservoir. On devra naturellement tenir compte de la surface de ce réservoir, afin de calculer la hauteur du barrage. Cette hauteur sera telle que, pour une faible élévation du niveau de l'eau, le volume W-Q se déverse par-dessus la digue, en même temps que le volume normal Q s'écoulera par le canal de décharge.

Pour pouvoir vider le réservoir, qui reste plein d'eau lorsque l'inondation est terminée, on construit un canal souterrain. Ce canal suffit dans la plupart des cas.

Lorsqu'au lieu d'un simple ruisseau, on a affaire à une rivière de quelque importance, il faut établir des réservoirs sur chacun de ses affluents, car il serait matériellement impossible de créer un réservoir unique emmagasinant le volume d'eau d'inondation débité par la rivière elle-même, au cas où tous ses affluents subiraient simultanément une crue.

L'auteur de l'article que nous analysons ici donne des renseignements sur les grands réservoirs créés en Europe et particulièrement en France; nous ne les reproduisons pas, attendu que nous avons publié à diverses reprises des articles sur cette question, articles que l'on retrouvera en consultant la collection des années parues.

Nous arrivons donc à la question de l'endiguement: une méthode toute moderne, employée pour préserver une contrée des inondations, consiste à creuser des fossés horizontaux suivant les courbes de niveau du sol. Ces fossés ont une profondeur et une largeur calculées de telle sorte qu'ils puissent emmagasiner une quantité d'eau égale à celle qui tombe au moment des pluies les plus abondantes. Chacun de ces fossés joue ainsi le rôle d'un petit réservoir d'emmagasinement. Ce système, qui paraît à première vue présenter de grands avantages, offre cependant certains inconvénients. Au bout d'un certain temps, le terrain perd sa faculté absorbante et les fossés restent pleins d'eau; qu'une ondée survienne alors, les fossés ne donnent plus le résultat que l'on s'était proposé d'atteindre en les creusant. Il faut alors faire des travaux quelquefois assez compliqués pour assurer l'évacuation des eaux, et on arrive, tout compte fait, à une dépense plus considérable encore que celle résultant de la construction d'un réservoir d'approvisionnement bien réglé. Nous devons même ajouter que ces amas d'eau peuvent occasionner des glissements dans certaines couches de terrain, surtout lorsque la pente du sol est considérable.

Dans certains cas, lorsqu'on a affaire à des ruisseaux à régime torrentiel, on régularise le cours de ces ruisseaux en établissant de distance en distance de petits barrages qui arrêtent les terres et permettent d'y planter des arbres et du gazon dont

les racines contribuent beaucoup à accroître la consolidation des rives. Ces barrages successifs transformant complètement la forme du lit du ruisseau, ce lit prend en coupe transversale l'aspect d'un escalier à larges marches. Le lit du ruisseau finit aussi par s'exhausser par suite du dépôt des graviers, des sables et des pierres. Au pied de la montagne le lit du ruisseau s'élargit considérablement, et comme la déclivité de ce lit est de beaucoup réduite, il en résulte que la vitesse du courant est diminuée dans une grande proportion, ce qui a pour conséquence une diminution correspondante dans le transport des terres et des autres matériaux entraînés par les eaux.

Les travaux à faire pour régulariser les cours des ruisseaux à régime torrentiel ont une très grande importance au point de vue de la protection des vallées contre les inondations.

De plus, en empêchant les sables entraînés par ces torrents d'arriver dans le lit du fleuve, on diminue beaucoup la formation des bancs de sable qui viennent obstruer l'embouchure de ces fleuves et dont on ne peut se débarrasser qu'au prix de travaux extrêmement coûteux.

Enfin, il nous reste à examiner les procédés employés pour régulariser les cours d'eau à l'aide de digues qui, en retrécissant le lit, ont pour effet d'augmenter la vitesse de l'eau et de produire un approfondissement du lit en déterminant l'entraînement du limon et de la vase. Au bout d'un certain temps le niveau moyen des eaux ordinaires se trouve donc descendu d'une notable quantité au-dessous du niveau des rives, ce qui est très favorable puisqu'en temps de crue, les eaux d'inondation peuvent ainsi s'écouler sans déborder.

Parmi les causes des inondations, il faut signaler aussi l'existence des sinuosités dans le tracé du lit ; il est donc bon de régulariser le tracé en pratiquant des saignées si cela est nécessaire.

Ces travaux de rectification qui n'offrent aucune difficulté dans les cours d'eau de peu d'importance deviennent au contraire très compliqués lorsqu'il s'agit de rivières navigables.

Ce qu'il faut tâcher de réaliser, c'est de creuser dans le terrain naturel du cours d'eau un lit suffisamment large pour assurer l'écoulement des eaux en temps de crue. Mais lorsqu'il est impossible d'éviter l'inondation, soit par un élargissement du lit naturel, soit par un approfondissement de ce lit par dragages, etc., etc., il faut circonscrire le terrain d'inondation par des digues parallèles au cours du fleuve, établies sur les deux rives. La construction de ces digues présente une infinité de cas particuliers qu'il serait difficile d'examiner en détail, attendu que les circonstances locales influent beaucoup sur les dispositions à prendre.

(Bulletin de la Société des Ingénieurs et Architectes de Vienne.)

**Distribution d'eau de la ville de Sholapur (Indes). (Types de réservoirs de distribution d'eau).** — La ville de Sholapur a été pourvue d'une distribution d'eau alimentée par un étang ayant une superficie d'environ 7 milles carrés. Le climat de la région étant soumis à des variations considérables de sécheresse et d'humidité, il y avait nécessité à créer un réservoir d'approvisionnement suffisamment vaste pour parer au manque d'eau pendant les saisons particulièrement sèches. Aussi a-t-on barré à l'aide d'une digue la vallée au fond de laquelle coule le fleuve Lina. Cette digue qui a une longueur totale de 2,400 mètres et une hauteur maxima de 22<sup>m</sup>,80 est construite en terre.

La profondeur d'eau dans le réservoir d'approvisionnement est au maximum de 17<sup>m</sup>,70. On peut emmagasiner ainsi un volume d'eau pour ainsi dire illimité. Lorsque le niveau de l'eau a atteint la cote 4<sup>m</sup>875 au-dessus du fond du réservoir, ce dernier contient un volume d'eau plus que suffisant pour satisfaire aux besoins de la ville.

Les dispositions adoptées pour l'installation des vannes et de la tuyauterie ne présentant pas de particularité remarquable, nous nous occuperons seulement de certaines parties de cet ouvrage colossal.

Les eaux du réservoir d'approvisionnement arrivent par un canal dans un réservoir de décantation et sont reprises dans ce dernier réservoir par des pompes.

Le réservoir de décantation où l'eau se clarifie par le repos avant d'être distribuée affecte en plan une forme carrée; il a 43<sup>m</sup>,80 de côté, sa profondeur totale est de 3<sup>m</sup>,12, la couche d'eau emmagasinée a une hauteur de 2<sup>m</sup>,78; le reste est occupé par la couche de limon qui s'y dépose. Le réservoir ainsi construit contient le volume d'eau nécessaire à l'approvisionnement de la ville pendant 5 jours.

La fig. 3 donne une coupe transversale du mur de soutènement de ce réservoir.

On voit que sur le pourtour on a construit un parapet en moellons millés posés par assises. Le même genre de maçonnerie a été adopté pour le parement intérieur du mur, le reste de ce mur est construit avec des moellons bruts.

Le radier est formé d'une couche de béton de 0<sup>m</sup>,15 d'épaisseur minimum dans laquelle on a ménagé des canaux permettant le nettoyage de l'ouvrage. Les eaux puisées par les pompes dans le réservoir de décantation sont envoyées dans un réservoir de distribution, à niveau inférieur à la surface du sol et placé à la porte de la ville. Ce réservoir dessert la ville proprement dite, tandis que les faubourgs situés à une altitude supérieure à celle du réservoir, sont alimentés par un réservoir spécial.

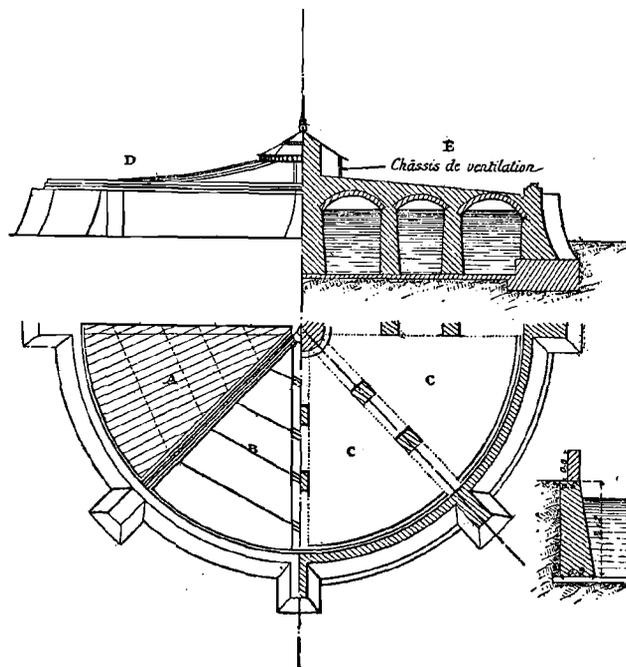


Fig. 1, 2 et 3. — Demi-plan, coupe diamétrale du réservoir de distribution et coupe transversale du mur de soutènement du réservoir d'approvisionnement.

Les fig. 1 et 2, représentent le demi-plan et la coupe diamétrale du réservoir de distribution de la ville, lequel a, comme on le voit, une forme circulaire; son diamètre intérieur est au niveau du radier de 24<sup>m</sup>,6, la profondeur totale de l'eau est de 3<sup>m</sup>,60.

Le second réservoir de distribution dont il a été parlé plus haut, celui destiné à l'alimentation des faubourgs, est semblable au précédent; il n'en diffère que par ses dimensions.

(Engineer.)

### Plafond incombustible en briques de terre réfractaire.

On fabrique maintenant des briques en terre réfractaire ayant forme de voussoirs et qui permettent de construire avec la plus grande précision des voûtes dont les retombées viennent appuyer sur les semelles des fers à T, qui composent l'ossature du plancher,

Les derniers voussoirs, c'est-à-dire ceux qui terminent de chaque côté la voûte en question, portent sur des briques, tant en coupe transversale la forme d'un triangle rectangle. Les deux côtés de l'angle droit s'appliquent sur l'âme et sur la semelle inférieure des fers à T, tandis que sur l'hypothénuse reposent les derniers voussoirs. Enfin des briques d'une forme spéciale constituent la clef de voûte; ces briques qui sont creuses ont en coupe transversale la forme d'un T renversé, les deux branches de ce T, branches qui arrivent au même niveau que celui des semelles des fers à T, servent de point d'appui à des voliges, de sorte que le plafond se trouve parfaitement plein et que la voûte en briques est ainsi dissimulée.

**Nouvelle méthode de construction pour plafonds et cloisons d'appartements.** — On a cherché à remplacer les couchis ou lambourdes employés jusqu'ici dans les constructions par une combinaison de lattes de roseaux et de fil de fer pouvant offrir une surface rugueuse et permettant, par suite, de recouvrir la surface d'un enduit de plâtre offrant toute la solidité désirable.

Voici la description d'un procédé imaginé par M. Schubert pour construire économiquement les plafonds en se servant des matériaux ci-dessus désignés. Depuis l'année 1881 ce genre de couchis a été employé non seulement pour des plafonds d'appartements mais aussi pour faire des cloisons légères et pour recouvrir les parois intérieures de murs en pierre de taille afin de pouvoir y appliquer un enduit de ciment dont la solidité soit suffisante. Enfin on a construit également par le même procédé les couvertures économiques.

Le système consiste dans l'emploi des lattes ou sorte de paillasons formés de lattes, de roseaux et de fil de fer; ces lattes sont livrées en rouleaux; elles ont de 5 à 8<sup>m</sup> de surface et se fixent à l'aide de clous sur les solives du plancher.

Autour du premier clou on enroule le fil de fer galvanisé de 1,8 à 2 millimètres de diamètre; ce fil de fer s'enroule ensuite autour du deuxième clou et ainsi de suite.

Lorsque ces lattes sont ainsi tendues et fixées solidement sur les solives, on les recouvre d'une couche de mortier; dès que cette première couche est sèche, on en pose une seconde.

Si on ajoute du ciment au mortier employé pour la première couche et si on applique ensuite sur cette couche un enduit en mortier de ciment pur, on obtient un plafond imperméable à l'humidité, aux gaz et aux vapeurs de toute sorte. Ce plafond convient donc parfaitement pour les écuries, attendu qu'il empêche les fourrages, généralement placés au-dessus de celles-ci, d'être avariés par les vapeurs et les gaz qui se dégagent du rez-de-chaussée.

Comme les lattes, les roseaux et autres matières qui constituent le plafond sont complètement entourés de mortier, il en résulte que ces matières sont presque incombustibles. Dans le cas d'un incendie d'une grande violence, tout ce qui pourrait arriver, c'est que les lattes soient carbonisées, mais elles ne brûleraient pas avec flammes.

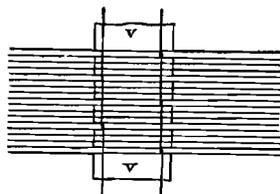


Fig. 1 et 2. — Vue en plan d'une natte clouée sur une volige et coupe à grande échelle d'une natte.

En somme, l'emploi des nattes permet de supprimer les entrevous, de ne pas charger les poutres du plafond et d'empêcher l'humidité de pénétrer à travers le plafond. Si on a soin de pratiquer quelques petites entailles dans les poutres afin de permettre à l'air de circuler dans les intervalles existant entre ces poutres, et si on dispose enfin quelques prises d'air et quelques sorties d'air avec l'extérieur, on établira entre le plafond et le plancher une circulation d'air, ce qui aura pour double avantage d'empêcher le refroidissement des pièces et de permettre à l'air vicié de s'écouler au dehors.

Quant aux cloisons faites avec ces nattes, elles présentent sur les cloisons de briques l'avantage d'une très grande légèreté. Leur solidité est d'autant plus grande qu'on les recouvre d'une couche de plâtre ou de ciment plus épaisse et dans la composition de laquelle entre une plus forte proportion de ces matières.

Voici d'ailleurs comment on les construit : On assemble les nattes de façon que les lattes qui les composent fassent entre elles des angles de 45°, puis on les maintient à l'aide de fers à T ou à U de faible épaisseur qu'on place des deux côtés de la cloison et qu'on boulonne ensemble.

Les lattes qu'on cloue ensuite sur les poutres du plafond et sur le plancher servent à consolider cette construction.

La cloison est ensuite enduite de mortier de ciment, lequel est recouvert d'une peinture imperméable à l'eau.

On fait, en opérant comme nous venons de l'indiquer, des cloisons qui ont 5 centimètres d'épaisseur seulement. Si on veut leur donner une épaisseur double ou triple, on commence par faire une carcasse en bois formée de poteaux verticaux écartés au plus de 50 centimètres. Des deux côtés de cette sorte de palissade, on cloue les nattes. L'intervalle existant entre ces deux parois peut être laissé vide ou peut être rempli de pisé ou de terre battue. On pose ensuite un crépi sur les deux faces de la cloison.

Enfin, si l'on veut composer une toiture, on cloue les nattes sur les chevrons. Si ces derniers sont trop espacés, on intercale dans les espaces existant entre ces chevrons des lattes disposées à 0<sup>m</sup>,40 de distance les unes des autres. Puis, au-dessus de ces nattes, on étend une couche de mortier de ciment. On obtient ainsi un couchis, à la fois beaucoup plus économique et plus imperméable que celui fait avec des planches et sur lequel on peut poser la toiture proprement dite.

La fig. 1 donne la vue en plan d'une natte clouée sur une volige VV en suivant le procédé indiqué plus haut et une coupe à grande échelle de ces nattes.

On voit que la natte est formée de lattes LLL... et de roseaux RRR..., réunis les uns avec les autres au moyen de fils de fer transversaux ff. et de fils de même métal de plus petit diamètre qui contournent successivement les lattes et les roseaux, de manière à solidariser ces derniers avec les fils de fer transversaux. (Deutsche Bauzeitung.)

**Le nouvel Entrepôt de marchandises de Berlin.** — Par suite du développement considérable pris par les chemins de fer qui aboutissent à Berlin, développement qui a amené une augmentation de trafic très importante, on a été obligé d'agrandir l'entrepôt de marchandises existant déjà dans cette ville depuis un certain nombre d'années. Mais comme le nouveau chemin de fer métropolitain passe justement au-dessus de cet entrepôt et qu'on a rencontré des difficultés presque insurmontables pour raccorder les voies des magasins avec celles du chemin de fer, on a préféré reconstruire les entrepôts sur un autre emplacement.

Les nouveaux docks comprennent divers bâtiments séparés par des cours et construits de façon à empêcher la propagation du feu, dans le cas où un incendie viendrait à se déclarer dans une partie d'entre eux. A cet effet, chaque corps de bâtiment est séparé du voisin par un mur massif allant jusqu'au sommet; la toiture est incombustible. Les étages et les divers corps de bâtiment isolés par ces murs communiquent au moyen de portes en fer; chaque corps de bâtiment est desservi par un escalier et

par des monte-charges. Les escaliers sont disposés de façon que l'on puisse accéder à chaque subdivision en empruntant les escaliers des deux subdivisions contiguës. Les quais de débarquement sont couverts de toitures en tôle ondulée; leur niveau se trouve à 0<sup>m</sup>,70 au-dessus du sol de la cour et du niveau des rails. Chaque corps de bâtiment est divisé, dans le sens de sa longueur, en 3 travées par deux rangées de piliers se composant d'une fondation en maçonnerie dans les sous-sols et de colonnes en fer forgé dans les étages supérieurs. Les piliers qui supportent les planchers sont distants de 5 mètres, d'axe en axe. Les planchers sont formés de poutres en I, en fer laminé, de 320 millimètres de hauteur, réunies les unes aux autres par d'autres poutres de même profil. Les intervalles existant entre cette ossature métallique sont comblés par des voûtes en briques. Le plancher, qui est calculé de façon à supporter une charge de 1,000 kilog. par mètre carré, est composé de planches en bois de hêtre de 5 centimètres d'épaisseur, posées sur des solives de 12/16 centimètres de section; ces solives sont placées sur les poutres métalliques, dans le sens de la longueur du bâtiment. La toiture est construite d'après le même principe, c'est-à-dire avec des fers à section de I qui réunissent les colonnes en fer et des chevrons en fer laminé qui sont écartés de 1<sup>m</sup>,67. La couverture proprement dite se compose de carreaux d'argile colorés, reposant sur des lattis en forme de T rivés sur les chevrons et distants d'axe en axe de 0<sup>m</sup>,31. Ces carreaux sont réunis par du mortier; on a ainsi obtenu une surface lisse, au-dessus de laquelle on a étendu une couche de mastic d'asphalte, puis du carton-pierre, et enfin 3 couches de papier de bois, une couche de terre limoneuse et du gravier. La toiture ne présente qu'une seule pente de 1/20, dirigée de façon à rejeter les eaux du côté de la cour.

Quant aux colonnes métalliques, dont il a été parlé plus haut, elles sont formées de tôles réunies par des fers cornières et elles présentent en coupe horizontale la forme d'une croix. Ces colonnes ont été préférées aux colonnes cylindriques, à cause de la facilité qu'elles offrent pour les assemblages des poutres maitresses et des poutres transversales, et aussi parce qu'elles prennent moins de place; il convient d'ajouter enfin qu'elles offrent une plus grande résistance aux chocs et aux atteintes du feu dans le cas d'un incendie.

Pour éviter les fausses tensions et simplifier le montage, les piliers des différents étages ne sont pas directement assemblés les uns sur les autres. Ainsi le pilier du dernier étage se trouve engagé dans l'encoche d'un sabot en fer forgé, qui, à son tour, se trouve fixé à la partie supérieure du pilier de l'étage immédiatement inférieur. Les surfaces de contact sont bien aplanies. Les piliers en maçonnerie, qui se trouvent dans les sous-sols, reçoivent toute la charge des colonnes par l'intermédiaire de puissants sabots en fonte; ces piliers sont construits en briques et mortier de ciment pur, tandis que la maçonnerie des murs de façade et de séparation des divers bâtiments est composée de moellons et mortier de chaux. Dans les parties de ces maçonneries, qui ont à supporter une charge dépassant la charge ordinaire, on a mêlé au mortier de chaux une certaine proportion de ciment.

Des grues hydrauliques de 5 mètres de portée sont installées de distance en distance sur les quais et devant les bâtiments pour la manutention des marchandises.

En ce qui concerne les fondations, il convient de remarquer que l'une des parties des bâtiments repose sur un sable compact et résistant, tandis qu'une autre partie a dû être établie sur un terrain placé en contre-bas du niveau des eaux de la Sprée. Il a donc fallu construire un sous-sol artificiel, consistant en un massif de béton coulé dans une enceinte de palplanches. Les piliers de cette partie de bâtiments ont été montés sur des caissons remplis de béton. Enfin la façade de ces bâtiments, qui se trouve bordée par la Sprée, repose sur des caissons remplis de maçonnerie et dont les parois sont formées de pieux jointifs. On a, de plus, relié intimement cette façade avec le mur du quai à l'aide de voûtes dirigées perpendiculairement à ce mur. Sous ces voûtes, on a établi une galerie qui reçoit les con-

duites d'eau sous pression pour l'alimentation des grues hydrauliques, ainsi que les cylindres moteurs de ces engins.

(Centralblatt der Bauverwaltung.)

**Extraction d'une roche dans la Moselle.** — Il existait dans le lit de la Moselle, à 3 kilomètres en amont de Coblenze, une roche qui rendait la navigation de cette partie de la rivière fort difficile et fort dangereuse. On résolut d'arraser l'obstacle à 1<sup>m</sup>,10 au-dessous du niveau des plus basses eaux; voici comment on procéda: On installa un échafaudage flottant composé de deux bateaux accouplés, et, à l'aide de cet échafaudage, on put percer dans la roche, au moyen de forets en acier, des trous de mine de 2 centimètres 1/2 de diamètre. Dans ces trous, on introduisit ensuite des cartouches de dynamite munies de capsules amorces et auxquelles on a donné le feu au moyen d'un cordon Bickford. Lorsque l'explosion est produite, un plongeur descend et recueille dans une corbeille en fer les débris de roche, pendant que l'on perce un deuxième trou de mine. Le travail est fait par une équipe comprenant 2 plongeurs et 7 ouvriers; chaque plongeur travaille pendant 5 heures sous l'eau. Deux des ouvriers sont occupés à la manœuvre de la pompe à air et les 5 autres au percement des trous et à l'enlèvement des déblais. Le cube total à enlever est de 2,584 mètres. Du 1<sup>er</sup> avril à la fin du mois de juin 1884, on a extrait 314<sup>m</sup>3, pour lesquels on a employé 156 livres de dynamite et 520 capsules amorces. On a donné 506 coups de mine, ce qui fait 0<sup>m</sup>3,600 de rocher extrait par chaque explosion. On faisait éclater 5 à 6 mines par jour. Le prix de revient du mètre cube extrait qui était de 22 marks (27 fr. 50), lorsque les travaux étaient exécutés à la tâche, s'est abaissé à 19 marks (23 fr. 75), du jour où ces travaux furent confiés à un entrepreneur qui prenait à sa charge l'entretien de l'échafaudage, la fourniture des matières explosibles et de l'outillage.

(Centralblatt der Bauverwaltung.)

**Renseignements pratiques sur la construction des édifices. — Préservation des murs contre l'humidité (suite).** — Les murs en briques ou en maçonnerie de moellons qui sont exposés à absorber de l'humidité sont généralement recouverts extérieurement d'une substance préservatrice. On a essayé un grand nombre de ces substances et voici quelques moyens à employer:

Le revêtement des briques émaillées ou vitrifiées, posées dans de l'asphalte ou du ciment de Portland, mélangé à du sable fin et lavé, est excellent, mais il présente l'inconvénient de revenir fort cher.

On a eu l'idée de fabriquer des briques spécialement destinées à ces travaux de revêtement. Ces briques sont en verre et sont enveloppées d'asphalte ou de toute autre matière bitumineuse mélangée avec du sable fin.

Depuis 1860, on emploie en Angleterre des dalles de terre cuite vitrifiées.

En Allemagne, on fait les revêtements avec des matériaux dépourvus de porosité et n'absorbant, par conséquent, pas l'humidité.

On emploie aussi avec succès, dans le même but, les plaques de fience vitrifiée ou vernie de Doullon; la face vitrifiée ou vernie de ces dalles ou carreaux doit être placée, bien entendu, à l'extérieur, en contact avec la terre humide qui touche le mur à protéger. On assemble ces carreaux avec la maçonnerie au moyen de crampons goudronnés ou galvanisés.

Mais tous ces systèmes de revêtement ne sont pas économiques. Si on tient à réduire la dépense, on pourra employer avantageusement, comme plaques protectrices, des ardoises posées dans du mortier de ciment et recouvertes d'un enduit de même composition, ou encore un mastic d'asphalte, de goudron ou de poix. Pour appliquer l'asphalte, il faut que la surface soit très lisse et on la recouvre, à cet effet, préalablement, d'une couche de mortier de ciment. Le goudron ou la poix est ensuite posée à chaud; on fait bouillir ces matériaux et on étend la pâte sur la surface à protéger; mais alors il faut avoir soin de ne procéder à cette opération qu'autant que les briques sont est

Ati le mur sont parfaitement sèches. Dans certains cas, même, est avantageux de les chauffer.

La dernière méthode qui vient d'être indiquée, est supérieure aux deux précédentes, attendu que le goudron végétal ou minéral possède une certaine élasticité.

L'enduit fait avec ces deux substances est bien moins exposé se fendiller que le revêtement de mortier de ciment ou celui ait avec des plaques d'ardoises.

Dans certains cas, il est indispensable de prendre des mesures pour empêcher l'humidité de se propager du pied des murs dans l'intérieur de ceux-ci ou dans toutes les autres parties de la construction qui ne sont pas munies d'un revêtement. On arrive à ce résultat en intercalant, dans les assises de mur supposé construit en briques ordinaires, des assises de briques imperméables qui constituent une barrière infranchissable contre les infiltrations d'eau par capillarité.

On peut employer, à cet effet, des briques creuses en faïence parfaitement vitrifiées, fabriquées par Taylor ou par Doulton. Les briques de Doulton sont munies, sur l'une de leur tranche, d'une languette, et sur l'autre tranche, d'une rainure, de sorte que la languette d'une brique puisse entrer dans la rainure de la brique placée à côté. On obtient ainsi un joint parfait, qui est complété par l'introduction, dans les interstices, de mortier de ciment de Portland ou de mastic fait avec de l'asphalte et du sable. Si on ajoute que ces briques ou carreaux imperméables ont une largeur égale à l'épaisseur du mur, on voit que l'assise imperméable offre une protection tout à fait efficace. Les évidements pratiqués dans l'intérieur des briques n'ont pas seulement pour but de diminuer le poids de ces matériaux, mais aussi de créer des canaux de ventilation qui contribuent beaucoup à assécher la construction.

On peut encore empêcher la propagation de l'humidité en intercalant dans le mur une feuille de plomb ayant une largeur égale à l'épaisseur du mur; mais cette méthode, quoique également efficace, revient plus cher que celle décrite ci-dessus. En tout cas, il faut avoir soin de plier le bord de la plaque de plomb de façon à constituer un rebord qui prend une position perpendiculaire à la surface de la plaque, et que l'on introduit dans un joint vertical. Il faut toujours éviter de souder les joints des feuilles, car on s'exposerait à des fractures dues aux mouvements causés par la dilatation du métal ou aux affaissements qui se produisent souvent dans les constructions.

Une bonne assise préservatrice consiste encore dans une couche formée d'un mélange d'asphalte bouillant et de sable; on donne à cette couche une épaisseur de 0<sup>m</sup>,0125 à 0<sup>m</sup>,0180.

On emploie aussi, dans le même but, un mélange de sable fin et de ciment de Portland appliqué en couche de 0<sup>m</sup>,0125 à 0<sup>m</sup>,0135 d'épaisseur, mais ce procédé donne de moins bons résultats que le précédent, parce que cet enduit est exposé à se fendiller, ainsi que nous l'avons déjà fait remarquer.

En Amérique et en Angleterre on pose très souvent des ardoises sur une couche de ciment. Dans ces conditions, on n'a à craindre de rupture que dans le cas d'affaissement très sensible du mur de fondation.

En ce qui concerne les parois intérieures des murs humides, on éprouve de grandes difficultés; on a proposé plusieurs moyens: entre autres, de recouvrir les parois du mur de minces feuilles de laiton, de draps imprégnés d'huile, etc. En France et en Allemagne, on a essayé des feuilles de verre, maintenues en place par une pâte à la litharge ou par du ciment. On enduit aussi les murs de peintures de compositions diverses; mais jusqu'ici ces moyens n'ont pas donné de résultats réellement efficaces, et, lorsqu'on veut construire des murs propres à recevoir des fresques, on est obligé de les cloisonner. L'opération s'exécute de la façon suivante: on fixe sur la paroi du mur des potelets verticaux; à la partie supérieure et inférieure, on remplit l'intervalle existant entre ces potelets avec deux ou trois rangées de briques, puis on continue le remplissage avec du plâtre.

Nous citerons également un moyen employé avec succès pour empêcher les eaux qui ruissellent le long du parement extérieur du mur, de s'accumuler dans les fondations, et, par suite,

de produire des détériorations dans ces parties de la construction. Ce moyen consiste à établir, au-dessous du niveau du sol, un plan incliné en briques, dont le sommet se trouve à l'intersection du terrain et du mur et dont l'inclinaison est de 45 degrés environ; ces plans inclinés sont prolongés de telle sorte que leur extrémité inférieure soit éloignée de 0<sup>m</sup>,60 à 0<sup>m</sup>,90 du parement du mur. On recouvre ensuite les briques d'une substance imperméable, par exemple, d'ardoises scellées avec du ciment, recouvertes d'une couche de mortier de ciment ou encore d'une couche de mastic d'asphalte et de sable, mais la préférence doit être donnée aux ardoises, et, dans ce cas, on a soin de faire pénétrer la première rangée des dites ardoises dans une rainure pratiquée dans la maçonnerie à cet effet.

Le plan incliné ainsi établi, doit être posé sur un massif de béton ou sur des planches si on craint des affaissements de terrain. On comprend, dès lors, que les eaux qui s'écoulent le long des parois extérieures du mur sont recueillies par le plan incliné et rejetées, par suite, à une distance suffisante du mur pour qu'elles ne puissent y pénétrer et y causer des dommages.

L'utilité des plans inclinés en question se fait surtout sentir dans le cas où on a affaire à des terrains sablonneux ou graveleux.

Pour protéger les parements extérieurs d'un mur de fondation, on emploie souvent des sortes de drains ou aqueducs qui peuvent être recouverts de terre. Une autre méthode consiste à construire, contre ce parement extérieur, un petit aqueduc en béton ayant un profil ellipsoïde; sa partie supérieure seule est en briques. Au-dessus on établit un plan incliné en béton, joignant le parement extérieur du mur à la face extérieure de l'aqueduc. L'eau qui s'écoule le long du mur rencontre ce plan incliné, se trouve ainsi repoussée de la construction qu'il s'agit de protéger et arrive enfin sur la face extérieure de l'aqueduc; comme cette face est percée de nombreuses ouvertures, l'eau pénètre dans l'aqueduc qui assure son évacuation. Devant les ouvertures dont il vient d'être parlé, on entasse des pierres qui empêchent leur obstruction par des terres. Enfin, l'aqueduc peut être soit immédiatement juxtaposé au mur de fondation qui, dans ce cas, forme l'un de ses côtés, soit construit isolément. L'intervalle existant alors entre le mur et l'aqueduc est comblé avec des pierres cassées.

On est quelquefois obligé, pour arriver à un assainissement complet du bâtiment, de construire parallèlement aux murs extérieurs et, à une certaine distance de ces derniers, un mur de soutènement de façon à entourer la construction d'une sorte de fossé de 0<sup>m</sup>,60 et quelquefois plus de largeur, dans lequel se rendent les eaux d'infiltration et qui préserve les murs du bâtiment de l'humidité des terres. Ces fossés sont recouverts à leur sommet, c'est-à-dire au niveau du sol, avec une grille reposant d'une part sur le mur de protection, d'autre part dans une rainure pratiquée dans le mur du bâtiment. Ce mode d'assainissement est préférable à celui qui consiste à accoler au bâtiment un aqueduc couvert, attendu que l'inspection de ce fossé ouvert est beaucoup plus facile.

(A suivre.)

## Bibliographie

Ceci posé, nous nous arrêterons un moment sur la classification bizarre qui, dans les essais tentés par l'Etat, range les maisons de garde dans l'infrastructure d'une ligne et les bâtiments des gares dans la superstructure; il y a là évidemment de l'arbitraire pur et fantaisiste.

La plate-forme des terrassements ne peut pas, il est vrai, servir de plan séparatif entre les deux divisions de travail, parce qu'il y a des terrassements en dessus comme au-dessous de cette plate-forme et des ouvrages d'art dans les mêmes conditions, mais si l'on range indistinctement tous les terrassements comme tous les ouvrages d'art dans l'infrastructure, pourquoi diviser les bâtiments? Que tout soit infrastructure, sauf la voie de fer.

son ballast et ses appareils spéciaux, il y aura là une certaine logique, parce que le reste constituera comme le réceptacle complet de la voie ferrée (matériel et personnel), réceptacle approprié à l'exploitation de cette voie.

Que l'infrastructure ne comprenne, au contraire, que les ouvrages courants (terrassements et ouvrages d'art) et laisse au compte de la superstructure tous les accessoires de la voie proprement dite, tels que barrières des passages à niveau, tabliers des ponts métalliques, prises d'eau, bâtiments de tout genre, etc., ce sera logique encore, mais à coup sûr la répartition des bâtiments entre les deux sectionnements du travail a quelque chose de notablement irrégulier.

Du reste, tous ces démembrements sont contraires à la bonne exécution des travaux, à la réalisation tant du progrès que de l'économie, ils arrivent à faire constituer et mettre en présence des séries d'entreprises distinctes, à favoriser le spécialisme qui est la lèpre des chantiers, à engendrer les conflits qui sont la résultante fatale de ces intérêts divers placés en opposition, à légitimer enfin toutes les conditions d'infériorité contre lesquelles l'unité d'entreprise est la seule garantie, sinon absolue comme succès, tout au moins relative comme résultats.

Ceci dit, entrons avec L. Partiot dans l'établissement de l'avant-projet, d'abord par l'étude sur la carte de l'état-major au  $\frac{1}{80.000}$ ; cette carte ne peut guère servir qu'à des études très som-

maires et nous sommes de cet avis; elle ne peut servir, comme le dit fort bien M. Partiot, qu'à écarter des tracés impossibles, et l'emploi de la carte au  $\frac{1}{40.000}$  doit lui être constamment pré-

féré; sur cette carte au  $\frac{1}{40.000}$  on pose, d'après l'auteur, des teintes plates de tons divers, mais conservant la même intensité entre des limites d'altitude choisies *a priori*; par exemple de 0 mètre à 50 mètres, de 50 mètres à 100 mètres, de 100 mètres à 150, etc. On a ainsi une vue très nette du relief du pays. Inutile de dire que l'on pourrait adopter tout autre système de divisions, par exemple 0 à 25, 25 à 50, etc..., ou 0 à 100, 100 à 200, etc., on fait ensuite une étude sommaire sur cette carte et puis l'on va reconnaître ses tracés sur le terrain et y constater la nature du sol, le régime des eaux, etc.

Un tracé quelconque se combine sur la carte par la méthode de cheminement, et la charpente polygonale qui en résulte est ensuite essayée au point de vue des courbures et des alignements intermédiaires, puis on dresse le profil en long par la méthode dite à la bande (méthode connue dans toutes les écoles de dessin où l'on relève par ce moyen les éléments d'un modèle à reproduire à l'échelle). On étudie, sur ce profil en long, la ligne des déclivités du tracé, on indique sommairement les stations, ouvrages d'art et autres éléments, puis on vérifie, dans une tournée de reconnaissance, si rien n'est sur place en contradiction avec le projet; après quoi l'on établit le dossier d'avant-projet renfermant diverses pièces très simples, dont le détail serait trop long à énumérer et dont une partie seulement, après l'approbation de l'administration supérieure, servira à l'enquête d'utilité publique prévue par le titre premier de la loi du 3 mai 1841.

Nous arrivons maintenant à une nouvelle phase de l'ouvrage de M. Partiot, comprenant le projet du tracé et de terrassements, c'est-à-dire l'étude du tracé définitif à l'aide d'un plan coté dont l'axe est déterminé par le tracé provisoire jusqu'alors combiné à l'aide des cartes d'état-major.

Une fois la déclaration d'utilité publique effectuée et la direction générale adoptée, cette direction est reportée sur un extrait du cadastre à  $\frac{1}{10.000}$  extrait que l'on complète autant que

possible comme voies de communication, cours d'eau, etc., et sur lequel on détermine une ligne polygonale suivant autant que possible le tracé proposé. Cette ligne polygonale est ensuite établie sur le terrain pour servir de base au levé d'un plan à  $\frac{1}{2.000}$ ; cette question a été traitée amplement par les

Annales, aussi n'y aurait-il lieu que d'en faire ressortir quelques

différences de détails, sur les balises, peintes en rouge et en blanc, avec les fameux drapeaux en étoffe, sur la théorie du lecteur adjoint au niveleur, sur l'emploi de la mire à voyant, de l'équerre d'arpenteur et autres données aujourd'hui heureusement mises de côté et dont la réapparition n'implique qu'un retard sur les méthodes actuelles et une pratique très superficielle des opérations. Notons, en passant, que l'auteur recommande, toutefois, l'emploi du tachéomètre, ce qui atténue les circonstances précédentes, et que, pour le tracé sur papier des courbes de niveau, il indique un petit instrument inventé par un chef de section, instrument naturellement moins facile à se procurer qu'un isomètre, mais qui constitue déjà un progrès sur les anciens procédés.

Après quoi nous passons à l'étude du tracé rectifié sur le plan au  $\frac{1}{2.000}$  et aux conditions générales d'un bon tracé, à la détermination de la ligne rouge, et au calcul approximatif des terrassements à l'aide de tables calculées avec la cote sur l'axe. A cet endroit se trouve intercalée l'étude sur profils en travers dans les terrains très inclinés, étude qui a pour but de chercher à réduire les terrassements en tâtonnant un axe qui se rapproche le plus possible des points où la plate-forme des profils prolongés transversalement rencontre le terrain. Le tracé définitif, ainsi arrêté, donne lieu à la confection d'un dossier composé de diverses pièces qui servent à l'appréciation du projet.

Le point capital à noter dans l'ensemble de cet exposé, c'est que l'étude du tracé définitif a lieu sur un plan coté spécial à l'échelle de  $\frac{1}{2.000}$  et que les stations sont étudiées d'après le même plan et soumises à l'enquête à la suite de ce travail.

D'autre part, il est à regretter qu'en parlant du calcul des terrassements, l'auteur ait totalement oublié le profilomètre Siégler, c'est-à-dire le succès du jour; les choses vont si vite, il est vrai, que la question n'est plus nouvelle, bien que l'invention ne remonte qu'à la fin de l'année 1876, mais dès 1878 cette découverte se trouvait propagée par une publication spéciale, et dès l'année 1880 les Annales la reprenaient pour leur compte et depuis elles ont à diverses reprises étudié le profilomètre et poursuivi ses applications, précédant en cela d'autres revues scientifiques qui sont venues un peu en retard présenter le même sujet.

Cette innovation qui supprimait du même coup les tables de surfaces calculées, les tableaux de limites, les cubes additionnels, les majorations de déblai et les méthodes planimétriques, n'a pas encore été dépassée, malgré les tentatives nombreuses dont les Annales pré-sentaient dernièrement un exemple et si, comme le prétendent certains chroniqueurs, le profilomètre Siégler n'est pas aussi répandu qu'il devrait l'être, cela tient non pas à ses imperfections de détail, mais plutôt à l'absence d'une recommandation officielle qui lui a fait défaut dès le début. Le profilomètre Siégler a dû s'introduire pour ainsi dire par lutte, c'est pour cela même qu'il restera, malgré les critiques minutieuses qui ne lui ont pas été épargnées et dont nous pouvons ici faire une citation pour l'édification des lecteurs.

« La méthode Siégler ne donne quelque précision que si le sommet de l'équerre est bien exactement sur l'échelle des hauteurs, au point voulu. Cette condition, dit le rapporteur, ne peut guère se réaliser que si l'on a recours à un instrument spécial comme celui que M. Siégler a imaginé et décrit, et cette circonstance est sans doute la cause principale qui a empêché ce procédé de se répandre. »

Mais un élève à l'École des Ponts et chaussées a eu l'idée de substituer le tracé d'une parallèle à celui d'une perpendiculaire, en compliquant l'usage de l'équerre de l'usage d'une règle, et voici comment: Supposons un gabarit en déblai, l'échelle des côtes sur l'axe est, suivant OH, au-dessus de l'horizontale et a son zéro en A; l'échelle des surfaces est à gauche du point O et a son zéro en C; les échelles des déclivités sont à droite de ce point O et ont leur zéro commun en B (fig. 1).

Au lieu de cela, traçons l'échelle des surfaces en prolonge-



les : la légende du « quart d'heure trop tard » poursuivait son cours et sans le réveil qui s'est opéré lors des études faites récemment par l'Etat, la méthode risquait fort de reporter ses espérances vers des temps meilleurs, tout au moins en France, où l'initiative et le progrès ont tant de peine à se frayer un passage à travers la routine et l'immobilisme !

À côté de cette lacune, il est à regretter enfin que l'auteur n'ait pas développé davantage les considérations économiques qui doivent présider à la création d'une voie ferrée ; « sans doute ces détails, comme le disait, dans une certaine étude critique, un rédacteur des *Annales des conducteurs des ponts et chaussées*, ces détails sont du ressort de l'ingénieur et intéressent moins directement les agents auxquels le livre est destiné ; cependant, ils ne sont pas superflus, ils font mieux comprendre l'utilité et la portée de la tâche que chacun doit remplir et rendent la collaboration du personnel plus intelligente et par suite plus appréciée. »

Sans discuter cette dernière assertion, plus ou moins véridique elle-même, il y a lieu de reconnaître que l'auteur eût bien mérité du public, en entrant dans la voie réaliste, voie qu'il faut suivre en tout et partout et qui a pour but de mettre au jour, sous les yeux du peuple des travaux, pour son entendement et son usage, toutes les questions de haute envergure dont il doit avoir la connaissance, quand même il ne serait appelé en rien à discuter leur adoption. Tout ce qui intéresse l'humanité doit être mis à la portée de tout le monde. Dans la science, comme dans tout autre ordre de choses, la devise du poète latin « *homo sum et nihil humani...* » est la règle de la civilisation naissante, et si les modestes agents, qui projettent les travaux et en surveillent l'exécution, ne sont pas, et naturellement, appelés à un double emploi, c'est-à-dire à la direction générale de l'œuvre, il convient néanmoins qu'ils s'y intéressent et qu'ils puissent en apprécier sciemment les infériorités ou les grandeurs.

Nous en avons terminé avec les études préliminaires, mais avant de quitter ce sujet, il serait peut être opportun de dire un mot d'une méthode, toute différente, préconisée par Z. Vallée.

Le point capital de cette méthode est de substituer l'étude sur le terrain à l'étude sur le papier, de remplacer les plans cotés ordinaires par un plan avec cotes de reconnaissance. Un plan coté général, dit Z. Vallée, présente toujours des zones complètement inutiles, il exige en outre une exactitude rigoureuse dans le nivellement de chaque point et dans son repérage sur le plan et il est difficile, vu la multiplicité des cotes, de satisfaire, à cette double condition, même avec le concours d'une ligne de repères qui localise les erreurs et les empêche de s'accumuler.

Malheureusement, l'auteur de cette théorie oublie qu'en administration il faut faire voir, aux personnes chargées de l'examen et de la vérification du travail, non seulement où l'on passe, mais encore pourquoi l'on passe là et pourquoi on ne peut passer plus loin ; les zones inutiles trouvent là leur utilité ; en outre les tâtonnements sur le terrain entraînent avec eux une certaine lenteur et un certain manque d'ensemble ; sur un plan coté on domine la question. Sur le terrain qui est un plan à trop grande échelle, on risque quelquefois de se perdre dans certains détails. D'ailleurs un avant-projet, même adopté, est généralement rectifiable sur quelques points, et à la dernière heure, et ce qui le prouve, c'est l'admission et l'existence des études spéciales, dites définitives et qui nécessitent toujours un plan coté ; plus l'avant-projet aura été soigné, moins le projet final comportera de rectifications. Le travail du début abrège ainsi celui de la fin, mais comme, pour des raisons de contrôle et autres, il faut montrer non seulement où l'on se dirige mais encore pourquoi là et non ailleurs, le plan coté général est préférable, car il renferme en lui-même les réponses à toutes les objections. Au contraire le système de Z. Vallée supposerait une confiance absolue dans le résultat du travail, tel qu'il sort des mains des opérateurs, et cela ne peut exister administrativement.

On comprend qu'un industriel, établissant sur ses propriétés ou sur celles d'autrui avec consentement, une voie ferrée à son

usage, pourrait à la rigueur étudier sur le sol même la position définitive de l'axe, mais lorsque cette voie vient à toucher à des intérêts publics, ce mode de faire n'est plus admissible en raison des examens que la question a à subir et des autorisations qu'elle doit se concilier ; le plan coté devient alors nécessaire, quitte à le réduire à l'essentiel et à ne pas l'allonger ou le surcharger au hasard et machinalement.

La méthode des plans cotés, reconnue par les règlements des Ponts et chaussées et suivie par les grandes Compagnies, nous paraît donc rationnelle ; assurément l'idée de prendre le terrain lui-même pour un plan est assez originale, mais l'échelle est trop grande et le dessinateur est trop petit.

L'étude sur le papier sera toujours plus nette et ne laissera aucun doute après elle, et le tracé d'axe complet doit s'effectuer non pas avec des tâtonnements, mais d'une manière précise et déterminée *à priori*.

Abordons maintenant les études définitives, avec l'ouvrage de Partiot, en laissant de côté les généralités qui frisent un peu la monotonie. C'est ainsi que sans revenir sur l'établissement des repères de nivellement, ni sur le balisage, nous passerons de suite aux courbes paraboliques usitées aux extrémités des courbes de raccordement. Le système indiqué par L. Partiot consiste à déplacer vers le centre la courbe circulaire et à la raccorder aux alignements par deux arcs de parabole. C'est le système allemand, ou plutôt le système Nordling et ce procédé altère le tracé primitif bien plus que la méthode des chemins de fer de l'Est et des Charentes, établie par l'ingénieur Combier, méthode qui consiste simplement à conserver la courbe primitive à sa place et sur sa plus grande étendue, à lui substituer tangentiellement et près des extrémités une courbe d'un rayon

égal environ aux  $\frac{98}{100}$  du rayon primitif et à raccorder les bouts

de ces deux arcs de cercle ainsi substitués, et par des arcs paraboliques, aux alignements enveloppes de la courbe primitive ; nous ne nous arrêterons pas davantage à cet objet qui n'est pas en usage dans la plupart des grandes Compagnies, et nous ne pensons pas que dans ces Compagnies la voie soit inférieure pour cela à celle des réseaux partiels qui ont adopté ce mode de faire.

Vient ensuite la question du raccordement des déclivités sur le profil en long, raccordement parabolique suivant Partiot et d'autres auteurs connus, raccordement usité jadis au P. L. M., mais qui a été très avantageusement remplacé par la courbure de 10,000 mètres de rayon intercalée dans toutes les sinuosités de la ligne rouge et appliquée directement aux terrassements ; la plate-forme offrant cette courbure, la voie ferrée la répète, sans que le ballast cesse d'avoir son épaisseur normale, et ce procédé, facile en application, nous paraît en dernier ressort préférable à toutes les paraboles du monde.

Nous arrivons au chaînage définitif où l'auteur nous dit : Si c'est une chaîne d'arpenteur, il faut veiller... passons vite au piquetage, par-dessus la chaîne à maillons ! Là, il est vrai, nous ne serons pas plus heureux, tant est singulière la manière de planter un piquet d'axe, et au point que nous serons obligés de faire appel à tous les auteurs de notre connaissance, pour voir si jamais aucun d'eux a songé à pareil moyen. Il s'agit en effet de faire un trou avec un avant-pieu et très exactement à l'emplacement du piquet définitif, d'enfoncer soigneusement une pierre au fond de ce trou élargi en cône, de placer sur cette pierre le piquet coupé carrément à sa base, puis de mettre d'autres pierres et de la terre autour et enfin de damer le tout fortement ; l'encoche du piquet est ensuite recépée sur place, et la tête du piquet est terminée par un petit plan incliné, sans doute pour l'écoulement des eaux.

Prenons maintenant Vindrinet, Bourdaloue, Claudel, Serge t, Gonin, Endrès, Cambier, Z. Vallée, nous les voyons tous employer des piquets appointés, enfoncés dans le terrain à coups de masses en bois, après ouverture préalable du sol par un trou environ du diamètre de l'avant-pieu.

Nous doutons que le coinçage et le damage vaillent jamais le

frottement du bois entré dans le terrain et si le procédé de la pierre installée au fond du trou a eu pour but d'assurer au piquet la stabilité dans le sens vertical, nous craignons pour la stabilité dans le sens transversal et nous pensons que cette manière de faire n'est pas appelée à un grand succès, malgré les intentions louables qui ont présidé à son invention.

Après ce piquetage laborieux, l'auteur recommande de dresser un plan de piquetage ; ce plan fait double emploi assurément avec le profil en long.

Passant sur le tableau des repères, les tableaux des routes, chemins et cours d'eau, celui des ouvrages d'écoulement et sur les profils en travers, nous arrivons à l'élargissement de la plateforme dans les courbes, correspondant à un élargissement de la voie, précaution qui n'est pas usitée partout, par suite n'a pas des valeurs absolues et est à ranger, comme les raccords paraboliques, dans les améliorations microscopiques et secondaires, puis après quelques aperçus sur les revets d'eau, les dalles de garage et les sondages pour tranchées et pour ouvrages d'art, nous touchons aux projets qui comportent les études définitives, tels que déviations, dériviatives et ouvrages d'art, et pour lesquels doivent être dressés des plans cotés spéciaux. L'auteur donne ensuite les règles principales pour la confection de ces projets, les conditions de déclivité admises par l'Etat, l'angle minimum de traversée dans les communications de voie, l'établissement de banquettes de sûreté sur les déviations, les rayons minimum applicables, les largeurs des plates-formes et fossés, les dimensions des empiètements, etc., etc.

Pour les dériviatives de cours d'eau, tout l'essentiel est également dit en peu de mots.

Pour les ouvrages d'art courants, si l'instruction est très concise, en revanche elle en comporte long, si l'on veut bien, avec l'expérience et les données de la pratique, commenter, ligne par ligne, ce tissu serré de prescriptions administratives.

Quant aux ouvrages en dehors de la voie, ce sont des éventualités prévues, mais d'une nature simple et de peu d'intérêt, ou tout au moins d'un intérêt secondaire, en raison de l'objet considéré.

Il est cependant un point sur lequel nous ne saurions passer et qui est celui-ci.

Les aqueducs, projetés sous le chemin de fer ou sous les déviations, devront avoir, dans le premier cas, au moins 0 m. 60 d'ouverture sur 0 m. 70 de hauteur, et, dans le second cas, autant que possible ces dimensions.

Cette mesure a trait à l'établissement d'aqueducs de section trop restreinte et qui dès lors ne sont plus réparables facilement. Elle vise donc un principe d'économie à savoir : qu'un ouvrage d'art doit pouvoir être entretenu en bon état et que si ses dimensions ne permettent pas cet entretien, l'économie réalisée sur la construction est illusoire, et le rappel de cette prescription, nettement formulée dans l'ouvrage de M. Parriot, est une loi de sécurité que l'on ne doit jamais perdre de vue.

A la suite des ouvrages d'art viennent les passages à niveau avec leurs dispositions sommaires, puis quelques généralités sur les souterrains et les stations, sur les semis et plantations ; la question des enquêtes parcellaires, du bornage et rigolage, est également très brièvement traitée, et l'étude du dossier d'adjudication se réduit, en quelque sorte, à un simple énoncé des pièces à fournir.

On peut donc dire que, dans la fin de cet article, le livre est resté conforme à ce qu'il s'est montré jusqu'alors, une nomenclature, une table de matières, un aide-mémoire, un programme donnant la série des prescriptions à suivre, sans indiquer foncièrement les moyens de les réaliser et cela se comprend si l'on considère que les études définitives ne comportent pas plus de trente pages de texte ; ce cadre restreint ne pouvait permettre de faire ni de la didactique, ni de la technologie ; il admettait au plus l'exposé des conditions générales qui président à la question.

Nous arrivons maintenant à la deuxième partie de l'ouvrage : surveillance des travaux de chemin de fer.

L'auteur débute par poser en principe qu'avant l'ouverture des chantiers il y a lieu de vérifier les repères de nivellement, en installer au besoin, vérifier et compléter le piquetage : c'est ce qui se fait toujours, chez les Compagnies, dans les services bien organisés ; nous ne suivrons pas l'auteur dans les formalités un peu ambiguës qu'il développe à cette occasion, sur les croquis des courbes et de leurs coordonnées, sur les tableaux des piquets existant sur les profils en long et sur les profils en travers, toutes paperasseries que la pratique industrielle remplace par des mesures de plus d'efficacité. Nous passerons rapidement sur la prise de possession des terrains par l'Etat, prise de possession qui, paraît-il, ne se fait que par zones, et sur la rétrocession des récoltes et matériaux, à vendre par l'administration des Domaines.

Toutes ces circonstances sont en général défavorables, elles arrêtent la marche des entreprises, elles appartiennent à des habitudes d'une autre époque, elles ont un cachet de lenteur, un manque d'ensemble qui contraste avec les manières de faire, amples, précises, et fécondes employées par les Compagnies, où les terrains sont, non plus exceptionnellement mais généralement livrés en bloc aux entreprises, sur l'étendue de leur parcours, ce qui permet de disposer les attaques et d'organiser les chantiers avec une largeur d'allures propice à l'exécution des travaux.

D'ailleurs la question a été résolue au grand jour ; l'Etat a voulu construire des voies ferrées avec les méthodes techniques et le système financier qui avaient présidé à l'établissement des routes ! il a dû renoncer à cette tâche trop lourde pour son outillage administratif et la remettre à l'industrie privée pour qui elle n'a été et ne sera jamais qu'un jeu ! Car, en empruntant à l'Etat ses ingénieurs officiels pour les mettre en tête de leurs services, les Compagnies se sont assurées d'un part l'esprit d'ordre et de discipline, alors qu'en plaçant, à leurs côtés ou sous leur direction, des ingénieurs de toute origine, elles s'assuraient, d'autre part, l'esprit d'initiative et de fécondité, les sources de la vitalité et du progrès ; en outre, leur organisation financière leur permet de faire face aux dépenses, au fur et à mesure de leur production, et, s'il le faut, de leur totalité et à un instant quelconque ; le nerf de la guerre est ainsi parfaitement aménagé, le travail ne risque pas d'être arrêté par manque d'argent ; il s'enlève dans son ensemble, de manière à ne pas laisser perdre les intérêts des sommes avancées en des travaux inachevés et, au contraire, à réaliser au plus vite ce que l'exploitation peut rendre sur les tronçons exécutés ; enfin les Compagnies ont des personnels rompus au métier, aguerris dans la pratique et maintenus toujours au courant de l'actualité ; ainsi elles ont les munitions, elles ont les soldats ; elles sont en tout point aptes à une entreprise dont on n'aurait jamais dû, pour le bien du pays, leur distraire une seule parcelle, et si pour des motifs particuliers l'Etat ne croyait pas devoir leur confier l'exécution du troisième réseau, il eût dû, d'autre part, faire néanmoins appel à l'industrie privée, provoquer et soutenir la création de Compagnies nouvelles de construction, qui, s'organisant elles-mêmes sur le type des Compagnies existantes, auraient su mener à bien la tâche qui est restée en route et devait fatalement aboutir là, en raison de causes multiples et variées qui trouveront plus tard leur place dans les archives de l'histoire des voies ferrées.

(A suivre.)

Le Directeur Gérant : EDOUARD CAHEN.

# Les Annales des Travaux Publics

REVUE UNIVERSELLE DE L'OUTILLAGE DES TRAVAUX PUBLICS ET DES PROCÉDÉS DU GÉNIE CIVIL

Paraissant du 1<sup>er</sup> au 10 de chaque mois

L'ABONNEMENT D'UN AN

Paris . . . . . 20 fr.  
Départements . . . . . 24 fr.  
Étranger . . . . . 28 fr.

Publiées par le JOURNAL DES TRAVAUX PUBLICS

35, RUE LE PELETIER, A PARIS

L'ANNONCE D'UN AN

Une page entière . . . . . 1000 fr.  
Une demi-page . . . . . 500 fr.  
Un quart de page . . . . . 300 fr.

Les abonnements sont reçus à Paris au bureau du Journal des Travaux Publics, 35, rue Le Peletier, et, dans les départements, chez tous les libraires.

N° 63

Mars 1885

6<sup>e</sup> Année

## SOMMAIRE

ETUDES DIVERSES. — Détermination précise de la stabilité des murs de soutènement et de la poussée des terres (suite, 3 fig.). — Etudes sur la construction et l'aménagement des ports de commerce (suite, pl. CXXV). — Le pont de l'Impératrice sur le Sutlej, aux Indes (pl. CXXVI). — La téléphonie à grande distance. — Outillage des travaux publics : Système de dragage à l'anama.

CHRONIQUE FRANÇAISE. — Distribution des eaux de la ville de Dieppe. CHRONIQUE ÉTRANGÈRE. — Pont de chemin de fer sur le Dniéper (2 fig.) — Le chemin de fer de l'Arberg. — Type de déchargeur à ballast (1 fig.). — Nouveau système de caisson à air comprimé (4 fig.) — Procédé de fondation pour murs de quai. — Barrages de la Kanawha. — Renseignements pratiques sur la construction des édifices (suite et fin).

CHOSSES NOUVELLES. — Règle servant à transformer les grades et leurs fractions en degrés et fractions de degrés et réciproquement.

BIBLIOGRAPHIE. — Traité pratique d'électricité appliquée à l'exploitation des chemins de fer.

### Détermination précise de la stabilité des murs de soutènement et de la poussée des terres

Suite.

Le mode de destruction par renversement étant ainsi expliqué, il y a à considérer l'influence que la forme du profil peut avoir en la question. Si au lieu d'un profil rectangulaire pour lequel existeraient soit l'équilibre, soit un coefficient de stabilité, on adopte un fruit extérieur (fig. 23) en faisant passer ce fruit par le milieu M de la hauteur.

- 1° Le moment de la poussée Q ou  $Q \times \frac{h}{3}$  ne change pas ;
- 2° Le moment de l'arrachement  $t \times \frac{OB^2}{2}$  devient  $t \times \frac{O'B^2}{2}$  et augmente proportionnellement à la section OO' ;
- 3° Le moment du poids ( $\pi c'$ ) devient plus grand également, car, si le point G vient en G', la distance G'G est plus petite que OO' et par suite  $c' > c$  et  $\pi c' > \pi c$  ;
- 4° Le frottement des terres sur AB ne change pas ;
- 5° Enfin le mur se trouve dans de meilleures conditions de résistance, puisque son épaisseur augmente graduellement avec la poussée.

On peut se demander si un mur rectangulaire étant calculé avec l'épaisseur (b) en vertu de la relation

$$2Q \frac{h}{3} = t \frac{b^2}{2} + \pi \frac{b}{2} + fQb$$

on pourrait adopter un fruit extérieur et conserver la même stabilité, le fruit partant de l'arête o, ce qui évidemment économiserait de la maçonnerie.

Soit  $CD = \frac{h}{n}$  (fig. 24) ; si on remplace le mur OABC par le mur OABD,  $2Q \times \frac{h}{3}$  ne change pas,  $\frac{tb^2}{2}$  reste le même ainsi que  $fQb$  ; il n'y a que  $\pi \frac{b}{2}$  qui varie, car le centre de gravité (G') vient

quelque part sur la ligne mn qui joint les milieux de DB et de OA, de sorte que l'on aura toujours  $c' > \frac{b}{2}$ , mais d'autre part le poids  $\pi$  diminue proportionnellement à la surface OCD ou

$$\frac{h}{2} \times \frac{h}{n} = \frac{h^2}{2n}$$

pour qu'il n'y ait pas d'altération dans l'équation ci-dessus, il faudrait que le poids de la nouvelle section,  $\pi'$ , multiplié par  $c'$  donnât un produit équivalent à  $\pi \frac{b}{2}$ .

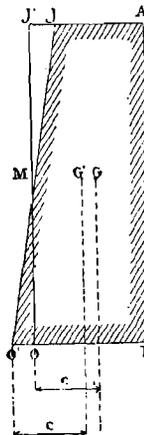


Fig. 23.

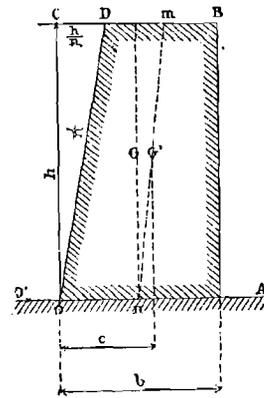


Fig. 24.

En appelant  $\delta$  la densité, on a  $\pi = bh\delta$  ; d'autre part la surface OABD est égale à  $bh - \frac{h^2}{2n}$  et le poids

$$\pi' = \left( bh - \frac{h^2}{2n} \right) \delta,$$

on devrait donc avoir

$$\left( bh - \frac{h^2}{2n} \right) \delta \times c' = bh\delta \times \frac{b}{2}$$

ou

$$c' = \frac{nb^2}{2nb - h} = \frac{b}{2 - \frac{h}{bn}}$$

Mais la valeur de  $c'$  est fixée d'autre part, par le théorème des moments ;

$$c' \times OABD = OABC \times \frac{b}{2} - OCD \times \frac{CD}{3}$$

ou

$$c' \left( b + b - \frac{h}{n} \right) \frac{h}{2} = hb \times \frac{b}{2} - \frac{h^3}{2n} \times \frac{h}{3n}$$

d'où

$$c' = \frac{\left( \frac{hb^2}{2} - \frac{h^3}{6n^2} \right) 2}{\left( 2b - \frac{h}{n} \right) h} = \frac{hb^2 - \frac{h^3}{3n^2}}{\left( 2b - \frac{h}{n} \right) h} = \frac{b^2 - \frac{h^2}{3n^2}}{2b - \frac{h}{n}} = \frac{b - \frac{h^2}{3n^2}}{2 - \frac{h}{bn}}$$

Les deux valeurs de  $c'$  sont incompatibles; la deuxième étant plus petite que la première, ne peut satisfaire à l'équivalence des moments des poids, par suite le fruit ne peut pas partir du joint  $o$ , mais bien d'un point  $o'$  situé au delà de  $o$ , sur la gauche;

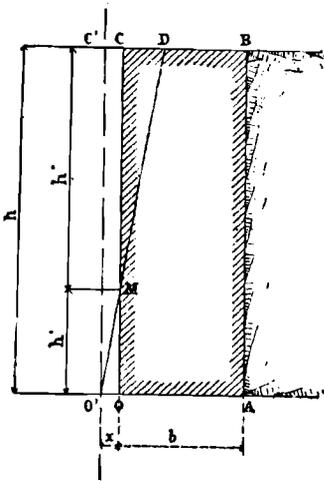


Fig. 25.

le problème doit donc se poser de la façon ci-après : à quelle distance  $x$  de l'arête  $o$  doit commencer un fruit  $\frac{1}{n}$ , pour que le mur à section trapézoïdale, résultant, ait la même stabilité que le mur rectangulaire donné et que l'économie de maçonnerie réalisée par mètre courant, atteigne son maximum (fig. 25).

L'égalité de stabilité est facile à obtenir; le mur rectangulaire est calculé d'après la relation

$$2Q\frac{h}{3} = \frac{tb^2}{2} + \pi\frac{b}{2} + fQb$$

Le mur trapézoïdal devra satisfaire à la relation :

$$2Q\frac{h}{3} = \frac{t(b+x)^2}{2} + \pi'c' + fQ(b+x)$$

$\pi'$  étant le poids de la section trapézoïdale et  $c'$  le bras de levier de ce poids.

La stabilité étant égale de part et d'autre :

$$\frac{tb^2}{2} + \pi\frac{b}{2} + fQb = \frac{t(b+x)^2}{2} + \pi'c' + fQ(b+x)$$

ou

$$\frac{tb^2}{2} + \pi\frac{b}{2} + fQb = \frac{t}{2}(b^2 + 2bx + x^2) + \pi'c' + fQb + fQx$$

$$\frac{tb^2}{2} + \pi\frac{b}{2} + fQb = \frac{t}{2}b^2 + tbx + \frac{tx^2}{2} + \pi'c' + fQb + fQx$$

et par suppression des mêmes termes dans chaque membre, il vient

$$\frac{\pi b}{2} = tbx + \frac{tx^2}{2} + fQx + \pi'c'$$

déterminons  $\pi'c'$ ; soit  $\delta$  le poids du mètre cube de maçonnerie

$$\pi'c' = O'ABD \times \delta = \frac{(b+x+BD)}{2} h \delta = \frac{2(b+x) - \frac{h}{n}}{2} h \delta = (b+x - \frac{h}{2n}) h \delta$$

or

$$\pi = bh\delta$$

d'où

$$h \delta = \frac{\pi}{b}$$

et

$$\pi'c' = \frac{\pi}{b} (b+x - \frac{h}{2n})$$

D'autre part, le théorème des moments donne :

$$c' \times O'ABD = O'ABC' \left(\frac{b+x}{2}\right) - O'C'D \times \frac{h}{3n}$$

ou

$$c' \left(b+x - \frac{h}{2n}\right) h = (b+x) h \left(\frac{b+x}{2}\right) - \frac{h^2}{2n} \times \frac{h}{3n}$$

ou

$$c' \left(b+x - \frac{h}{2n}\right) = \frac{(b+x)^2}{2} - \frac{h^2}{6n^2}$$

d'où

$$c' = \frac{\frac{(b+x)^2}{2} - \frac{h^2}{6n^2}}{b+x - \frac{h}{2n}}$$

et

$$\pi'c' = \frac{(b+x)^2}{2} \frac{h^2}{6n^2} \times \left(b+x - \frac{h}{2n}\right) h \delta = \left[\frac{(b+x)^2}{2} - \frac{h^2}{6n^2}\right] h \delta = \left[\frac{(b+x)^2}{2} - \frac{h^2}{6n^2}\right] \frac{\pi}{b}$$

et par conséquent

$$\frac{\pi b}{2} = tbx + \frac{tx^2}{2} + fQx + \frac{\pi}{b} \left(\frac{(b+x)^2}{2} - \frac{h^2}{6n^2}\right)$$

$$= tbx + \frac{tx^2}{2} + fQx + \frac{\pi}{b} \left(\frac{b^2 + 2bx + x^2}{2} - \frac{h^2}{6n^2}\right)$$

$$= tbx + \frac{tx^2}{2} + fQx + \frac{\pi b}{2} + \pi x + \frac{\pi x^2}{2b} - \frac{\pi h^2}{6bn^2}$$

ou

$$0 = tbx + \frac{tx^2}{2} + fQx + \pi x + \frac{\pi x^2}{2b} - \frac{\pi h^2}{6bn^2}$$

$$= (tb + \pi + fQ)x + \left(\frac{t}{2} + \frac{\pi}{2b}\right)x^2 - \frac{\pi h^2}{6bn^2}$$

or

$$\frac{t}{2} + \frac{\pi}{2b} = \frac{tb + \pi}{2b}$$

on a donc

$$0 = (tb + \pi + fQ)x + \frac{(tb + \pi)}{2b} x^2 - \frac{\pi h^2}{6bn^2}$$

$$= \frac{(tb + \pi + fQ)2b}{(tb + \pi)} x + x^2 - \frac{\pi h^2 \times 2b}{6bn^2 (tb + \pi)}$$

$$= \frac{2b(tb + \pi + fQ)}{tb + \pi} x + x^2 - \frac{\pi h^2}{3n^2 (tb + \pi)}$$

posons pour abrégier les écritures :

$$2b \times \frac{tb + \pi + fQ}{tb + \pi} = A$$

et

$$\frac{\pi h^2}{3(tb + \pi)} = B$$

il vient

$$0 = Ax + x^2 - \frac{B}{n^2}$$

d'où

$$x = -\frac{A}{2} \pm \sqrt{\frac{A^2}{4} + \frac{B}{n^2}} = -\frac{A}{2} \pm \sqrt{\frac{A^2 n^2 + 4B}{2n}}$$

$$= \frac{-nA \pm \sqrt{A^2 n^2 + 4B}}{2n}$$

La valeur positive convient seule au problème, car nous avons vu précédemment que l'on ne peut supposer le point  $o'$  confondu avec le point  $o$ , par conséquent, il faut avoir  $x > 0$  ou  $x$  positif, donc

$$x = \frac{\sqrt{A^2 n^2 + 4B} - nA}{2n}$$

Le triangle  $O'MO$  constitue un excédent de maçonnerie sur le mur rectangulaire, excédent égal à  $\frac{\alpha \times h'}{2}$ ; mais  $h' = nx$ , cet excédent est donc  $\frac{n\alpha x^2}{2}$ .

Le triangle  $CMD$  constitue une économie de maçonnerie sur le mur rectangulaire;

$$CMD = CD \times \frac{h''}{2} = CD \frac{(h-h')}{2} = CD \frac{(h-nx)}{2}$$

mais

$$\frac{CD}{x} = \frac{h''}{h'} = \frac{h-h'}{h'} = \frac{h-nx}{nx}$$

d'où

$$CD = \frac{x(h-nx)}{nx} = \frac{h-nx}{n}$$

d'où

$$CMD = \frac{(h-nx)(h-nx)}{n} = \frac{(h-nx)^2}{2n}$$

l'économie finale sera donc

$$CMD - O'MO = E = \frac{(h-nx)^2}{2n} - \frac{nx^2}{2} = \frac{(h-nx)^2}{2n} - \frac{n^2x^2}{2n}$$

$$= \frac{(h-nx)^2 - n^2x^2}{2n} = \frac{h^2}{2n} - hx$$

mais

$$x = \frac{\sqrt{A^2n^2 + 4B} - nA}{2n}$$

donc

$$E = \frac{h^2}{2n} - h \frac{\sqrt{A^2n^2 + 4B} - nA}{2n} = \frac{h(h - \sqrt{A^2n^2 + 4B})}{2n} + \frac{hA}{2}$$

(A suivre).

### Etudes sur la construction et l'aménagement des ports de commerce

(suite)

Planche CXXV.

Le grand entrepôt des docks de Marseille, l'un des plus remarquables de tous ceux qui ont été construits jusqu'à ce jour a coûté à la Compagnie dix millions.

Ce bâtiment a 305 mètres de longueur, 37 mètres de largeur et comporte des caves, un rez-de-chaussée et six étages. Lorsqu'il a été livré à l'exploitation, le commerce de Marseille voulait, comme celui de Liverpool pour le dock Albert, que la Compagnie autorisât les négociants à faire manipuler leurs marchandises par leurs portefaix ou qu'on leur louât des salles.

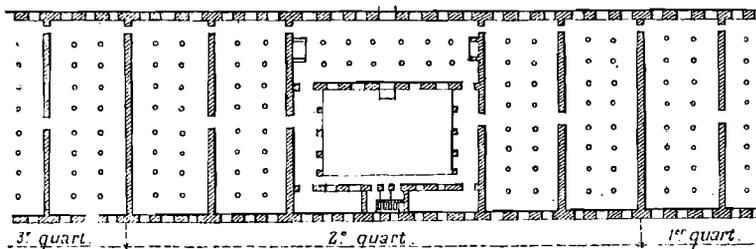


Fig. 1. -- Disposition générale du bâtiment des docks de Marseille.

Or, le plan de cet entrepôt (fig 1.), montre que les divisions intérieures sont disposées de telle façon, que toutes les salles communiquent entre elles, ce qui n'a pas permis à la Compagnie d'accéder au désir du commerce.

Les planchers des magasins doivent être disposés pour recevoir indistinctement toutes sortes de marchandises, à l'exception toutefois :

- (a) Des suifs, des graisses, du goudron, des vins et des huiles que l'on conserve en fûts dans des caves.
- (b) Des trois-six en fûts, en foudres ou en bâches qu'on loge dans les rez-de-chaussée afin de pouvoir les maintenir sans avoir recours à la lumière artificielle.
- (c) Des huiles végétales de bouche, d'éclairage et de fabrique qu'on emmagasine au rez-de-chaussée, dans des piles en maçonnerie, dans des bâches métalliques ou en fûts.
- (d) Des tabacs et des sucres en boucauts, des bois de teinture et d'abénisterie, des salaisons, des cuirs en saumure, des cuivres, étains et plombs qu'on loge au rez-de-chaussée.
- (e) Des cotons en balles pressées ou non, qu'on emmagasine également au rez-de-chaussée, ou, en cas d'un stock considérable, qu'on met sur le terrain naturel recouvert d'une couche de gravier, l'humidité qui se dégage du sol empêchant la dessiccation de la marchandise.

(f) Des céréales pour lesquelles on a établi récemment dans les grands centres commerciaux des silos ou greniers spéciaux où elles sont mises à l'abri de la fermentation due à l'humidité et des parasites rongeurs, tels que les charançons, l'alucite et la fausse teigne.

(g) Des huiles et essences de pétrole, du phosphore, du salpêtre et des autres substances dangereuses qui doivent être placées dans des magasins spéciaux, où il est expressément défendu de pénétrer avec la lumière artificielle.

Les bâtiments doivent être construits en matériaux incombustibles ; en outre, on doit avoir soin de mettre à l'abri de l'action du feu les pièces métalliques entrant dans la constitution des planchers, telles que les parties qui peuvent occasionner la chute d'un plancher, et les colonnes qui peuvent déterminer la destruction complète de tous les étages qui leur sont superposés. En effet, si la construction est incombustible par elle-même, les marchandises qu'elle renferme étant pour la plupart très combustibles, s'il n'est pas pris de dispositions spéciales en prévision de l'incendie, le feu se développant avec d'autant plus de rapidité que les salles ont plus d'étendue, enveloppe les colonnes qui s'échauffent jusqu'au point de perdre toute leur force de cohésion et cèdent sous la charge, en entraînant dans leur chute tous les planchers qu'elles supportent ; les poutres, en se dilatant, disloquent les voûtes et poussent les murs de refend ; de cette manière, l'incendie détruit complètement l'édifice, comme cela s'est produit à l'entrepôt de Gootey-Street, au Bazar allemand à Londres et aux docks Sainte-Catherine, ainsi qu'à l'Entrepôt royal d'Anvers.

En ce qui concerne les poutres des planchers, il suffit de les noyer dans la maçonnerie des reins des voûtes en ne laissant en vue que leur semelle inférieure (fig. 2) ; il faut, en outre, avoir soin de ne pas les encastrer dans les murs, mais de les faire reposer sur de simples appuis, avec assez de jeu pour qu'elles puissent se dilater sans exercer de poussée sur les maçonneries (fig. 3).

Dans un incendie qui a eu lieu dans une des salles du grand entrepôt de Marseille contenant du coton en balles pressées et dont on s'est rendu maître en trois heures, la colonne la plus rapprochée du foyer ayant été chauffée à la température rouge sombre, s'est tordue, pliée et raccourcie, tandis que les poutres en fer qu'elle supportait et qui étaient noyées dans la maçonnerie des voûtes n'ont nullement souffert.

Le moyen le plus sûr pour conserver intactes les colonnes placées au milieu d'un foyer incandescent, consiste à les laisser toujours pleines d'eau, en se réservant la faculté de faire circuler cette dernière au moment où l'incendie vient à se déclarer.



Fig. 2.

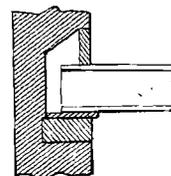


Fig. 3.

En effet, des expériences faites pour rechercher dans quelles proportions un récipient en fonte transmet la chaleur à l'air, à la vapeur ou à l'eau qu'il contient, ont donné les résultats suivants :

Chaleur transmise par un récipient en fonte :

A l'air qu'il contient.....	45 0/0
A la vapeur.....	65 0/0
A l'eau.....	100 0/0

Ce qui revient à dire que le récipient en fonte, rempli d'air, absorbe lui-même les 55 0/0 de la chaleur qui lui est transmise; s'il est rempli de vapeur, il n'en absorbe que les 35 0/0, et s'il est rempli d'eau, il n'en absorbe pas du tout, c'est-à-dire qu'il se comporte sur le feu comme les marmites en fonte dans lesquelles on fait cuire les aliments.

Voici comment la distribution d'eau peut être faite dans les colonnes des entrepôts.

Au rez-de-chaussée, les bases de ces dernières sont mises en communication au moyen de tuyaux *cd ef* (fig. 4.) avec une conduite d'eau AB, munie d'une soupape d'arrêt C embranchée sur le tuyau des eaux de la ville ou alimentée par un réservoir.

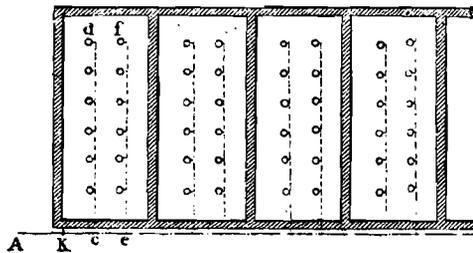


Fig. 4.

Les chapiteaux des colonnes de l'étage supérieur sont mises également en communication avec les tuyaux *gh* et *mn* placés dans les reins des voûtes (fig. 5.) et allant déboucher dans un chéneau spécial disposé à cet effet.

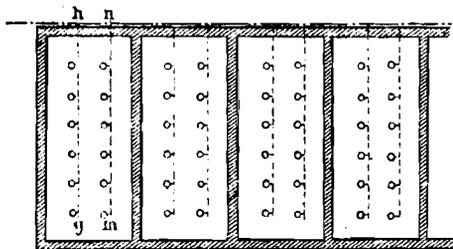


Fig. 5.

Les colonnes étant pleines, lors de l'incendie, on ouvre la soupape K, l'eau pénètre dans leur intérieur et la surverse se faisant à leur partie supérieure, il se forme de bas en haut une circulation qui facilite le dégagement de la vapeur qui peut se produire. Le métal se trouve donc toujours en contact avec une masse d'eau froide sans cesse renouvelée.

Les ingénieurs anglais se sont beaucoup préoccupés de la préservation des colonnes contre l'incendie. M. Rendel avait proposé de les envelopper d'une chemise en briques réfractaires, en laissant entre celle-ci et la colonne un espace libre pour la circulation de l'air chauffé. Ce moyen serait certainement efficace, mais, pour que la chemise en briques résistât aux chocs qu'elle pourrait recevoir pendant l'arrimage et le désarrimage des marchandises, il faudrait lui donner une épaisseur assez considérable. Elle occuperait par suite beaucoup de place et serait très coûteuse.

M. l'ingénieur en chef Desplaces, qui a présidé à la construction des entrepôts de Marseille, fit établir dans les colonnes du grand bâtiment, une circulation d'air, dont l'intensité devait augmenter avec leur température. Or, comme il a été dit ci-dessus, ce procédé n'a pas eu en pratique assez d'efficacité puisqu'il n'a pas empêché les colonnes de se tordre et de se raccourcir.

L'emploi de l'eau circulant à l'intérieur des colonnes paraît préférable et plus économique.

Dans ce cas, les joints d'assemblage des colonnes aux divers étages doivent être parfaitement étanches et combinés comme l'indique la figure 6.

Les moyens de sécurité ci-dessus indiqués ont moins pour but la préservation de l'entrepôt que la diminution des pertes dues à la destruction de la marchandise. Un bâtiment parfaitement établi peut être évalué à 100 francs par mètre carré et par étage.

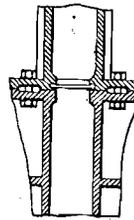


Fig. 6.

Les magasins pouvant recevoir en moyenne 700 kilos de marchandise par mètre carré, si l'on suppose un plancher détruit par le feu, on aura une perte de 100 francs par mètre carré pour le bâtiment, tandis que les marchandises donneront une perte de 800 fr. à 1,000 fr., c'est-à-dire une somme dix fois plus grande, en supposant que les marchandises valussent de 12 à 1,500 francs la tonne.

D'après ce qui précède, on voit qu'il suffit d'une division vicieuse de l'ensemble des bâtiments et d'une mauvaise disposition des fers et des colonnes entrant dans la construction des planchers et des combles pour que les entrepôts puissent être entièrement détruits par l'incendie, tandis que, mieux étudiés, il serait possible de combattre le feu et de le localiser dans la partie de l'édifice où il viendrait à se déclarer.

Les moyens de sécurité qu'on vient d'indiquer ne s'appliquent pas seulement aux entrepôts, mais à toutes les grandes constructions, telles que fabriques industrielles, ateliers, magasins d'approvisionnement militaires, etc., etc., ainsi qu'aux monuments servant de lieu de réunion aux assemblées commerciales et politiques.

Pour faire suite à l'étude générale que nous venons de reproduire, nous donnons la description et les dessins de quelques entrepôts établis dans ces dernières années, à Brême, à Berlin et à Rotterdam.

Les docks et entrepôts peuvent être classés en 5 catégories suivant le mode adopté pour leur construction, savoir :

- 1° Docks entièrement en bois.
- 2° Docks avec colonnes en fonte, poutres maîtresses et charpentes en bois.
- 3° Docks avec colonnes en fonte, poutres maîtresses en fer, entrants de fermes et planchers en bois.
- 4° Docks avec colonnes en fonte, poutres maîtresses en fer, entrants de fermes en bois, planchers voûtés en maçonnerie ou briques ou en béton.
- 5° Docks entièrement métalliques.

Le choix à faire entre ces différents types dépend des circonstances locales.

L'emmagasinage des marchandises dans les magasins peut se faire mécaniquement ou manuellement. On emploie à cet effet des grues de chargement placées sur les quais et pouvant élever les marchandises jusqu'aux étages supérieurs du bâtiment, des monte-charges, des treuils, etc.

Dans certains cas, on met le premier étage en communication directe avec les quais au moyen d'un pont métallique sur lequel circule une grue roulante qui prend les marchandises dans les navires ou dans les wagons en stationnement sur les voies du quai et les amène dans les magasins.

Cette installation est très usitée dans les divers ports de mer allemands et hollandais.

Dans certains de ces ports, les voies ferrées pénètrent jusque dans les sous-sols de l'entrepôt : ce qui permet de décharger les wagons dans les caves.

Voici plusieurs types de magasins et entrepôts de construction récente.

**1° Entrepôts de la digue de Neustadt à Brême.** — Cet entrepôt construit en 1879 se compose d'un groupe de 6 magasins isolés les uns des autres par des murs à l'épreuve du feu. Les dessins de la planche CXXV qui sont empruntés au bulletin de la Société des Ingénieurs et Architectes de Vienne (Autriche) donnent l'élevation, la coupe transversale et le plan d'un de ces magasins.

L'intérieur est construit entièrement en bois. Les planchers des différents étages sont supportés par des poteaux doubles

de 30/60 centimètres entre lesquels passent des sous-poutres de 30/34 centimètres, renforcées par des longerons en chêne de 8/30 centimètres d'équarrissage et 0<sup>m</sup>,90 de longueur. Les poutres-maitresses des plafonds ont 27,5/27,5 centimètres d'équarrissage et reposent sur les sous-poutres.

Les murs de clôture et de séparation des magasins sont fondés sur pilotis, ainsi que les poteaux. Pour chacun de ces poteaux on a battu 9 pieux ; on a pratiqué ensuite une fouille de 80 centimètres à 1 mètre de profondeur qu'on a remplie de pierres cassées et de sable. Après avoir damé ces matériaux, on a posé les fondations en maçonnerie ordinaire et on a recouvert ces dernières d'un socle en granit.

L'entrée de chaque magasin se trouve sur le pignon et donne accès à la cage qui contient un escalier en bois et une grande poulie fixée sous les combles, et à l'aide de laquelle on actionne une chaîne pour le transport de certaines marchandises.

On a pensé qu'il était préférable de construire l'intérieur de ce bâtiment en bois parce qu'étant destiné à emmagasiner des marchandises combustibles, telles que des balles de coton, du tabac, du sucre, etc., s'il se manifestait un incendie, la chaleur développée serait assez intense pour déformer les pièces de fer. Enfin le bois offre plus de sécurité contre les chocs de lourds tonneaux que la fonte, et le prix de la construction en bois est notablement inférieur à celui qui résulterait de l'emploi du fer.

Ce magasin qui a 33<sup>m</sup>,14 de longueur sur 12<sup>m</sup>,57 de largeur a coûté (y compris l'achat du terrain) 78.750 fr., soit environ 187 fr. 50 par mètre carré.

Le bâtiment a 7 étages.

**2° Entrepôt de Berlin.** — Les figures de la planche CXXV représentent, d'après des dessins publiés par la Société des Ingénieurs et Architectes de Vienne (Autriche), les coupes et le plan d'un entrepôt construit à Berlin pour l'emmagasinage des blés. Ce magasin qui est à 7 étages est entièrement en fer. Le sous-sol est recouvert de voûtes en briques et les planchers des divers étages sont supportés par des colonnes creuses en fonte. Ces planchers sont formés de plaques de tôle ondulée reposant sur des traverses cintrées. Les voûtes ainsi constituées ont une ouverture de 3<sup>m</sup>,40 ; les colonnes sont espacées de 3<sup>m</sup>,75 d'axe en axe. Le plancher est recouvert d'un pavage en briques noyées dans du ciment, l'espace existant entre ce pavage et la voûte métallique est remplie de sable et de cendres. La charge maxima par mètre carré de plancher est de 1,500<sup>k</sup> pour chaque étage.

La toiture est également faite avec de la tôle ondulée cintrée ; cette toiture est surmontée d'une lanterne vitrée.

L'intérieur des bâtiments est pourvu de tous les engins mécaniques propres à l'aérage, et à la dessiccation des blés. On a placé à cet effet, dans le plancher de chaque étage, environ 140 tuyaux métalliques de 52 millimètres de diamètre pourvus de prises d'air supérieures et inférieures qui peuvent être ouvertes ou fermées au moyen de clapets à leviers et chaînes de traction manœuvrées du centre du bâtiment.

Une disposition analogue permet de manœuvrer à distance les fenêtres à jalousies.

Les grains, après avoir été pesés, sont versés dans un réservoir à fond circulaire dans lequel tourne le tambour d'une chaîne à godets servant à élever la marchandise aux divers étages. Le blé transporté ainsi au sommet de l'édifice est versé dans une vis d'archimède qui s'étend sur toute la longueur du bâtiment et dont le fond est percé d'ouvertures correspondant à des tuyaux distants de 3<sup>m</sup>,75 d'axe en axe. De ces tuyaux, partent des conduites inclinées qui distribuent le blé sur toute la surface de l'étage supérieur. Le blé passe de là aux étages inférieurs par des tuyaux. Arrivée au premier étage, la marchandise est ramassée par une autre vis sans fin qui la conduit de nouveau dans le réservoir d'où elle est reprise par la chaîne à godets et ainsi de suite.

Toute cette installation mécanique est mise en mouvement par une machine à vapeur placée à 15 mètres du bâtiment ;

cette machine actionne en même temps un moulin appartenant au même établissement.

La dépense a été de 500 fr. par mètre carré de surface couverte.

(A suivre.)

## Le pont de l'Impératrice sur le Sutlej (Indes)

### Planche CXXVI.

La Pl. CXXVI représente l'élévation d'un pont construit dans les Grandes Indes pour traverser les fleuves Sutlej et Beas.

Ce pont comprend 16 travées de 79<sup>m</sup>,20 d'ouverture et des piles fondées à plus de 30 mètres au-dessous du niveau des basses eaux (voir fig. 1). Le pont traverse un banc naturel de sable qui forme une sorte d'îlot au milieu du fleuve.

Les piles qui sont protégées extérieurement par des enrochements se composent chacune de 3 tubes métalliques placés les uns à côté des autres et réunis à leur partie supérieure par un massif de maçonnerie affectant en plan la forme d'un rectangle à coins arrondis. L'axe des piles est perpendiculaire à l'axe longitudinal du tablier du pont.

Les enrochements dont il a été parlé ci-dessus n'ont pas seulement pour but de protéger les piles, mais aussi de provoquer l'affouillement du lit du fleuve dans l'intervalle de deux piles consécutives.

Les culées du pont sont formées de deux piles construites de la même manière que les piles en rivière, mais qu'on a entourées d'empierrements et qui ont été réunies par un massif en pierres sèches.

L'extrémité du remblai d'accès de chaque côté du pont est soutenu par un perré perpendiculaire à l'axe de l'ouvrage.

Les diamètres extérieur et intérieur des tubes qui constituent les piles sont respectivement de 5<sup>m</sup>,70 et 5<sup>m</sup>,475. Ces tubes sont garnis intérieurement d'un cuvelage de bois dont les différentes pièces sont solidement boulonnées et frettées (voir fig. 5 et 7). Enfin l'ensemble des tubes est entouré d'une ceinture protectrice.

Le sol a été excavé de 0<sup>m</sup>,60 au-dessous des cuvelages dans le sable et de 4<sup>m</sup>,50 dans l'argile. Les tubes et l'excavation creusée au-dessous ont été remplis de béton hydraulique ; au-dessus on a coulé du sable fin et on a fermé les tubes avec une masse de béton de 2<sup>m</sup>,70 d'épaisseur et une couche de maçonnerie de 0<sup>m</sup>,90. La profondeur des fondations est ainsi de 31 mètres 50 à 35<sup>m</sup>,40 soit en moyenne de 33 mètres. Les briques employées à ces constructions sont cuites jusqu'à la vitrification de leurs faces afin d'empêcher leur attaque par l'eau salée. Le mortier se composait de 1 partie de chaux grasse pour 2 parties de fin poussier de briques et 1 partie de chaux hydraulique. Ces matières étaient soigneusement mélangées à sec.

Au sommet de chaque pile on a placé une plate-forme en pierre de taille de 0<sup>m</sup>,60 d'épaisseur sur laquelle est posée la plaque d'appui des poutres ; ces dernières sont fixées sur les plaques au moyen de boulons.

Les poutres de chaque travée sont à treillis ; leur longueur d'axe en axe des points de support est de 77<sup>m</sup>,10 et leur poids y compris le tablier de 405 tonnes environ. Ce tablier est composé de plaques de tôle embouties, suffisamment fortes pour résister au poids des canons du plus gros calibre montés sur affût. Le pont fut, en effet, construit pour permettre à l'armée anglaise employée dans la dernière guerre afghane de passer d'une rive à l'autre du fleuve. Pour provoquer l'enfoncement des tubes, on employait des rails posés les uns en travers des autres ainsi que le montrent les figures 2, 3 et 4. Ces poids variaient nécessairement suivant la marche du travail ; les puits de 10<sup>m</sup>,50 à 12 mètres de hauteur au-dessus du sol étaient chargés d'une pile de rails de 4<sup>m</sup>,50 à 6 mètres de hauteur. Pour extraire le sable dans l'intérieur des puits on employa une drague à mâchoires dont les godets avaient une capacité de 0<sup>m</sup>3,28 à 0<sup>m</sup>3,336. Dix des puits furent forés à travers une couche d'argile très compacte qui se trouvait à 9 mètres de profondeur au-dessous de la

surface du sol naturel ; on déblaya d'abord cette argile à la pioche et à la pelle, mais on n'obtenait ainsi qu'un approfondissement assez lent ; on eut alors recours à l'excavateur Gaitmell. La drague à mâchoires (système Bull) se compose de deux godets qu'on laisse tomber brusquement dans le sable de façon à permettre à leur bord tranchant de s'y enfoncer ; on redresse alors les godets de façon à les ramener de la position verticale qu'ils occupaient lors de leur chute à la position horizontale nécessaire pour empêcher le sable qui les remplit de retomber, puis on remonte l'ensemble. Lorsque l'intérieur des puits fut suffisamment déblayé, on épuisa l'eau qui les remplissait à l'aide de godets en cuir attachés à l'extrémité d'une chaîne s'enroulant sur un treuil à vapeur.

La fig. 5 qui donne la coupe longitudinale d'un tube pendant la période de l'enfoncement montre la manœuvre de l'excavateur, ainsi que le treuil à vapeur qui actionne ce dernier.

L'épuisement de l'eau dans l'intérieur des tubes avait pour effet d'augmenter le poids de ces tubes et d'accélérer par suite leur mouvement de descente. Généralement cette descente s'effectuait par saccades ; le tube s'enfonçait chaque fois de 1<sup>m</sup>,80. On constata quelquefois des enfoncements brusques de 3<sup>m</sup>,90.

Les figures 5 et 7 permettent de se rendre parfaitement compte de l'installation du chantier. On voit que l'enfoncement des tubes a nécessité l'établissement d'échafaudages assez importants.

La fig. 6 donne le plan, l'élévation et la coupe du batardeau employé pour la construction du massif de maçonnerie qui surmonte les tubes et repose sur leurs extrémités supérieures.

Les pièces du pont étant d'un poids considérable, on facilitait leur transport à pied d'œuvre en disposant sur le pont de service, représenté fig. 7, des rails graissés et en donnant à cette voie de manœuvre une pente convenable.

Le bardage des matériaux se faisait à l'aide de 4 grues roulantes de 10<sup>m</sup>,50 de hauteur et de 10<sup>m</sup>,50 de portée. La fig. 7 représente l'une de ces grues.

## La Téléphonie à grande distance.

Depuis plusieurs années on recherche activement les procédés à employer pour appliquer le téléphone à la transmission des dépêches à grande distance, en utilisant les lignes télégraphiques actuelles, c'est-à-dire les fils de fer supportés par des poteaux.

Les essais de communications interurbaines exécutés dernièrement entre Rouen et le Havre par l'Administration des Postes et Télégraphes ont ramené l'attention générale sur cet important problème de la téléphonie à grande distance, et on comprend l'intérêt avec lequel le public suit ces expériences, si l'on réfléchit aux conséquences pratiques de leur réussite.

Il est bien évident qu'au point de vue des transactions commerciales, on gagnera beaucoup de temps, et on épargnera une longue correspondance lorsqu'on pourra se livrer à une conversation de quelques minutes avec une personne résidant dans une autre ville. La preuve en est dans l'empressement avec lequel les villes industrielles de Rouen et du Havre ont accueilli l'établissement de la ligne téléphonique qui les relie.

En ce qui concerne l'exploitation des chemins de fer, il n'est pas douteux que la téléphonie est appelée à rendre des services considérables. Elle est déjà utilisée dans la plupart des grandes gares pour relier des bureaux ou des postes qui ont de fréquents rapports, et elle permet ainsi d'économiser un personnel employé autrefois à porter des ordres ou à rapporter des renseignements. Mais du jour où il sera suffisamment prouvé qu'il est possible de correspondre à grande distance, les Compagnies qui ne négligent aucun moyen d'améliorer leur service, n'hésiteront pas à poser à côté de leurs lignes télégraphiques des fils spécialement destinés aux relations téléphoniques, afin de mettre les inspecteurs principaux, les ingénieurs principaux et les

chefs de traction des différentes sections en rapport entre eux et avec le service central.

L'établissement de ce réseau spécial ne conduirait pas à une dépense hors de proportion avec les facilités qu'il offrirait pour assurer la bonne marche du service, car on posséderait ainsi un moyen facile de régler une foule de questions exigeant des solutions immédiates. Il est bien évident que l'usage du téléphone ne ferait aucune concurrence au télégraphe auquel on aura toujours recours pour la transmission des ordres intéressant directement la sécurité, attendu que les dépêches écrites permettent seules de déterminer les responsabilités ; mais on supprimera certainement une partie notable de la correspondance par lettres.

Malheureusement lorsqu'on envisage le problème dans toute sa généralité, on se heurte à des difficultés considérables et on s'aperçoit que la solution de cette importante question nécessite des recherches nombreuses.

Il est donc intéressant de résumer les principaux essais tentés jusqu'à ce jour, d'indiquer les résultats acquis et d'exposer enfin la marche qui nous paraît la plus rationnelle pour arriver au but indiqué.

Un poste microtéléphonique se compose, comme on sait, d'un microphone transmetteur et de téléphones récepteurs.

Le microphone, quel que soit son système, repose sur la propriété que possède le charbon ou tout autre corps semi-conducteur de l'électricité, tel par exemple que la pyrite de fer, de modifier l'allure d'un courant qui le traverse, lorsqu'on exerce sur ce corps une pression plus ou moins forte.

Le courant, au lieu de s'écouler uniformément et tranquillement, est, comme on dit, rendu ondulatoire, et ce sont ces ondulations qui, arrivant dans les téléphones récepteurs, font vibrer les plaques de ces appareils.

On peut employer les courants électriques directs, c'est-à-dire ceux fournis par une pile, mais on a reconnu qu'on obtenait de meilleurs résultats en faisant usage des courants induits.

Ainsi donc, le courant de la pile passe dans le microphone, puis dans le fil inducteur d'une bobine. Les courants induits produits dans cette bobine par les ondulations du courant primaire qui circule dans le fil inducteur, arrivent aux téléphones récepteurs et les impressionnent.

La pile, le microphone, la bobine, la ligne, le récepteur, tels sont les divers éléments du système qu'il faut étudier et combiner pour obtenir une bonne transmission.

De nombreux essais ont été faits pour perfectionner les appareils connus, et il faut malheureusement reconnaître que, malgré la somme énorme de travail et de science dépensée pour arriver à un résultat satisfaisant, on n'a pas pu améliorer autant qu'on l'espérait les appareils primitifs.

On peut employer pour les transmissions téléphoniques les piles dont on se sert en télégraphie, c'est-à-dire les piles Leclanché, Callaud, etc. Ces piles donnent de bons résultats pour les transmissions à petite distance, c'est-à-dire lorsqu'il s'agit de constituer un réseau urbain, et la Société générale des Téléphones de Paris n'en emploie pas d'autres. Mais lorsqu'on veut correspondre à grande distance, on reconnaît qu'il est préférable de faire usage de piles ayant peu de résistance intérieure et fournissant un courant intense. Telles sont les piles Bunsen, les piles Lalonde et Chaperon et enfin les piles au bichromate de potasse.

Ces dernières qui servent d'une manière pratique en Angleterre et en Amérique, n'ont été utilisées jusqu'ici en France, que pour des expériences de peu de durée. Il est cependant facile de les construire de façon à éviter la prompte polarisation des éléments et par suite de les faire servir à l'échange de conversations d'une assez longue durée.

Il suffit de constituer le pôle négatif à l'aide d'un zinc bien amalgamé placé dans un vase poreux contenant de l'eau acidulée par de l'acide sulfurique et de disposer autour de ce vase, qui occupe le centre de l'élément, de larges plaques de charbon plongeant dans le liquide bichromaté.

Un élément ainsi construit ne se polarise que très lentement et peut par conséquent fournir un courant assez constant pendant plusieurs heures.

Parmi les piles au bichromate de potasse, nous signalerons la disposition toute nouvelle prise par MM. Buchin, Tricoche et C<sup>e</sup>. Cette pile se compose d'un crayon de zinc amalgamé, entouré de plusieurs crayons de charbon préparés de façon à augmenter leur pouvoir dépolarisant. Le tout plonge dans le liquide bichromaté. L'appareil ainsi constitué donne 2 volts 1/10 et 5 ampères.

La question des piles nous paraît donc résolue, et ce n'est pas le choix de la source d'électricité qui présente le plus de difficultés.

Étudions maintenant l'appareil transmetteur.

Il existe de nombreux systèmes microphoniques qui ne diffèrent entre eux que par la forme et l'arrangement donnés aux contacts du corps semi-conducteur.

Parmi ces corps, celui qui est le plus employé et qui donne les meilleurs résultats est le charbon aggloméré. Il est infusible et inoxydable, ce qui le rend précieux dans le cas considéré.

L'un des meilleurs microphones est celui du système Ader, constitué, comme on sait, par une mince plaque rectangulaire en bois de sapin sous laquelle est fixée une grille de 10 charbons cylindriques, donnant 20 contacts. Cette grille est formée de 3 traverses de charbon parallèles entre elles et placées perpendiculairement aux sens des fibres du bois de la membrane vibrante. Dans chacun des deux intervalles existant entre ces trois traverses sont insérés 5 charbons. Le courant venant de la pile entre dans l'une des traverses extrêmes, s'écoule par les 5 premiers charbons jusqu'à la traverse intermédiaire, puis aboutit à la dernière traverse, de sorte que l'on obtient par cette disposition de montage 10 contacts en quantité sur deux en tension.

Le microphone Ader présente le grand avantage d'être indé-réglable.

Les ondulations produites dans le courant qui traverse le microphone résultant, comme nous l'avons dit, des vibrations qui agitent la plaque lorsqu'on parle devant elle, on est toujours tenté, pour augmenter l'amplitude de ces vibrations, d'élever la voix. Mais on ne saurait ainsi dépasser certaines limites.

On comprend donc que plusieurs inventeurs aient été conduits à rechercher des dispositions microphoniques leur permettant d'obtenir des variations de courant plus considérables.

Parmi les essais tentés dans cet ordre d'idées, il convient de citer ceux du D<sup>r</sup> Boudet.

Le système microphonique se compose de plusieurs sphères de charbon mathématiquement semblables, placées les unes à la suite des autres dans un tube de verre.

La plaque vibrante appuie sur l'une des sphères extrêmes, de sorte que les pressions résultant des mouvements de cette plaque se transmettent d'une sphère à l'autre. Le microphone ainsi constitué offre au passage du courant une résistance de 20 ohms environ, tandis que dans la grille Ader, cette résistance est réduite à 1 ohm. Les résultats obtenus ont été des plus satisfaisants ; malheureusement on n'a pas essayé l'appareil pour les transmissions à grande distance.

En 1881, le D<sup>r</sup> Herz a combiné des microphones destinés à augmenter l'amplitude des vibrations électriques ; il a également fait usage de condensateurs et de diffuseurs dans le but de supprimer l'induction.

Son système a été essayé à grande distance et les résultats des expériences ont été publiés dans plusieurs journaux spéciaux qui affirmaient alors que la question de la téléphonie interurbaine se trouvait entièrement résolue.

Le microphone de M. Herz se composait essentiellement d'une membrane vibrante circulaire sous laquelle étaient fixées six plaques minces de charbon ou de pyrite, ayant la forme de secteurs et disposées en couronne. Sur chacune de ces plaques venaient appuyer deux crayons de même substance, taillés en pointe et portés par des leviers basculants dont on réglait la pression par des ressorts à boudin. On disposait ainsi de 12 contacts.

Ce microphone était intercalé sur une dérivation de la pile composée de 12 éléments réunis en tension.

Le pôle positif de l'élément n° 1 était relié à la plaque de charbon n° 1, le pôle positif de l'élément n° 2 à la plaque n° 2, et ainsi de suite. Du pôle positif de chaque élément d'ordre pair partait un fil qui se bifurquait à son extrémité et dont les deux branches aboutissaient aux crayons voisins l'un de l'autre et appuyant sur deux plaques consécutives. Le premier crayon était en communication avec le pôle négatif de la pile et avec la terre, et le dernier était relié au pôle positif de l'élément n° 12 et avec la ligne.

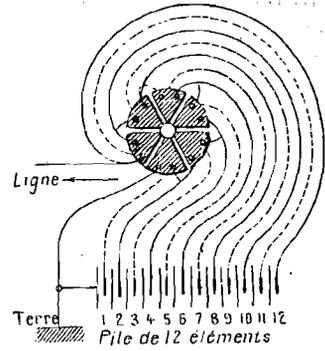


Fig. 1.

Grâce à cette disposition dont la fig. 1 donne le schéma, on voit que le courant émanant de chaque élément traversait chaque contact. Ce courant avait deux voies pour s'écouler : le circuit des contacts du transmetteur et le circuit de la ligne.

La combinaison que nous venons de décrire avait pour but de diminuer, dans une grande proportion, la résistance des douze contacts du transmetteur et d'amplifier les variations de cette résistance.

Des expériences furent faites entre la France et l'Angleterre (de Brest à Penzance), sur une ligne sous-marine de 300 kilomètres de longueur. On reconnut alors que le réglage des appareils était assez difficile, et on remédia à ce défaut capital en suspendant, au-dessous de la membrane microphonique, à l'aide de tiges rigides, des disques de pyrite ou autres sulfures métalliques. Ces disques étaient réunis par couples et des rondelles de plomb appuyaient sur chaque couple pour maintenir leur contact.

Avec les appareils ainsi modifiés, on recommença les essais entre Orléans, Blois, Tours, Poitiers, Angoulême et Bordeaux.

Poursuivant toujours le même but, l'amplification des vibrations microphoniques, M. Herz imagina encore une nouvelle disposition qui avait, de plus, l'avantage de ne nécessiter l'emploi que d'un nombre restreint d'éléments de pile. Cette disposition est basée sur l'observation suivante :

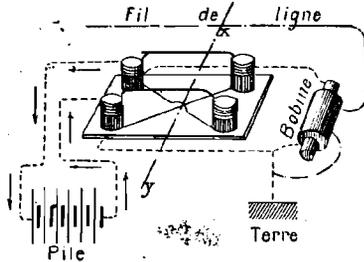
Si on dispose aux quatre coins d'une planchette de forme rectangulaire et mobile autour d'un axe horizontal des couples formés de deux rondelles de charbon superposées, et si on imprime à cette planchette un mouvement de bascule, il est bien évident que les disques placés à l'extrémité qui se soulève, appuieront plus fortement l'un contre l'autre en vertu de leur force d'inertie, surtout si ces disques sont déjà pressés par une rondelle de plomb posée dessus. Au contraire, les disques placés à l'extrémité qui s'abaisse adhéreront moins fortement par suite du rebondissement qui se produit au moment même où a lieu le mouvement de bascule.

Ceci posé, il suffisait de munir l'une des extrémités de la planchette d'un levier coudé appuyant sur une membrane vibrante pour imprimer à cette planchette le mouvement de bascule dont il a été parlé plus haut toutes les fois que la membrane est impressionnée par la parole.

Les disques constituant les contacts microphoniques étaient reliés électriquement entre eux de la façon suivante :

Les deux disques supérieurs placés à l'extrémité gauche de la planchette, par exemple, communiquaient, d'une part, avec les pôles de la pile microphonique, d'autre part, avec les rondelles supérieures correspondantes placées à l'extrémité droite de la planchette. Les quatre rondelles inférieures appartenant aux quatre couples microphoniques étaient reliées en croix.

Enfin, les deux disques inférieurs des couples placés à gauche de la planchette étaient attachés aux extrémités du fil inducteur. Le fil induit de la bobine communiquait, bien entendu, avec la ligne et la terre, comme dans les systèmes ordinaires (fig. 2).



Eig. 2.

On comprend que les choses étant ainsi disposées, au moment des vibrations ascendantes, il se produisait dans la bobine d'induction un courant induit inverse auquel succédait instantanément un courant induit direct, lequel étant renversé par suite de la liaison en croix des disques inférieurs, continuait l'action du premier, en augmentait la durée, et, par suite, la force à travers le récepteur téléphonique.

De nombreuses expériences ont été faites avec des appareils construits sur le principe que nous venons d'indiquer. On a, paraît-il, obtenu des résultats très satisfaisants, d'après les rapports publiés dans certains journaux spéciaux, notamment la *Lumière électrique*. Mais comme on n'a fait aucune application pratique de ce système, nous devons supposer que les avantages qu'il présente ne sont pas encore suffisamment complets.

Si nous nous sommes étendus aussi longuement sur les appareils de M. Herz, c'est pour montrer que les combinaisons ingénieuses imaginées jusqu'ici pour augmenter, dans une proportion notable, l'amplitude des variations du courant qui traverse le microphone, n'ont pas donné de grands résultats.

Nous pourrions citer encore de nombreuses tentatives faites dans la même voie sans plus de succès.

Un point qui mérite également d'attirer l'attention de ceux qui cherchent à transmettre la parole à de grandes distances, c'est la résistance à donner à l'hélice secondaire de la bobine d'induction. Théoriquement, le circuit secondaire de la bobine de chacun des postes en correspondance, doit offrir une résistance égale au tiers de la résistance totale du circuit, c'est-à-dire au tiers de la somme des résistances des deux bobines extrêmes et de la ligne qui les sépare. Ainsi, en supposant que l'on opère sur un fil télégraphique ayant une résistance de 1,900 ohms, on serait conduit à donner au circuit induit de chaque bobine une résistance de 1,900 ohms également.

La pratique ne confirme pas ces indications.

Dans des expériences faites récemment par nous entre Troyes et Vesoul sur un fil de fer de 4 millimètres de diamètre et de 214 kilomètres de longueur, offrant une résistance totale de 1,020 ohms, nous avons successivement essayé des bobines dont le fil induit avait des résistances variant de 2,400 ohms jusqu'à 30 ohms. Les meilleurs résultats ont été obtenus avec une bobine ayant un induit de 53 ohms et un inducteur de 0,75 ohm environ.

Ces résultats concordent parfaitement avec ceux publiés par M. Preece.

Cet ingénieur électrique anglais rapporte, en effet, que, dans des expériences faites par lui sur une ligne de 1,800 ohms de résistance, les meilleurs effets étaient produits avec un fil secondaire n'ayant que 30 ohms de résistance.

Il était naturel de se demander si on n'obtiendrait pas des résultats meilleurs en remplaçant la bobine unique jusqu'ici employée dans les microphones par une série de bobines plus petites reliées entre elles.

Cette disposition qui a été essayée par M. Tommasi ne constitue pas un progrès réel.

La conclusion qui se dégage de ces faits, c'est que la pratique seule permet de déterminer quelles sont les meilleures résistances à donner à l'inducteur et à l'induit pour communiquer à une distance connue suivant les conditions d'établissement de la ligne, sa nature, son diamètre, son isolement, etc., etc.

Et cette conclusion est logique si l'on veut bien réfléchir qu'on se trouve en présence de phénomènes électriques très compliqués et insuffisamment connus pour pouvoir être soumis à l'analyse.

Nous engageons donc tous ceux qui poursuivent la solution de l'important problème de la téléphonie à grande distance à monter sur une planchette indépendante de l'appareil microphonique une série de bobines de résistances différentes comme inducteur et comme induit. Ces bobines sont disposées de telle sorte qu'on puisse instantanément, par une simple manœuvre de commutateur, les mettre en relation avec le microphone. En opérant ainsi, nous déterminons rapidement quelle est la bobine la plus avantageuse pour la ligne que nous expérimentons.

L'un des obstacles les plus sérieux à vaincre lorsqu'on opère sur les fils télégraphiques ou sur les fils téléphoniques spéciaux, mais posés sur des poteaux existants et par suite dans le voisinage immédiat des fils affectés aux transmissions télégraphiques, c'est l'audition, dans les récepteurs, de crépitements continuels, d'intensité variable, mais souvent assez forts pour couvrir complètement la voix du correspondant.

Ces bruits anormaux ont de nombreuses origines :

1° Lorsqu'on transmet des dépêches télégraphiques sur les fils voisins de celui employé à la conversation téléphonique, ce fil est parcouru par des courants d'induction provenant des interruptions et des fermetures brusques déterminées par la manipulation.

2° Les fils télégraphiques servent de conducteurs à des courants telluriques dont on constate l'existence sans connaître les lois qui les régissent.

3° Ces mêmes fils sont enfin traversés par des courants thermo-électriques provenant des différences de température auxquelles sont soumises les diverses parties de la ligne. On comprend, en effet, que le fil n'étant pas parfaitement homogène se comporte comme une série de couples thermo-électriques.

Tous ces courants d'origine si diverse viennent impressionner les récepteurs et y produisent une série de bruits qui ont une grande ressemblance avec ceux que produit l'ébullition de la graisse et que, pour cette raison, on a appelé en pratique : la *friture*.

On a naturellement cherché à supprimer ou du moins à atténuer dans la plus grande mesure possible ces bruits si gênants lorsqu'on veut téléphoner à grandes distances.

Nous avons dit plus haut que, dans ses essais, M. Herz s'était appliqué non-seulement à augmenter l'amplitude des vibrations électriques dans le transmetteur, mais aussi à supprimer la friture. Il avait pensé atteindre le but cherché en empêchant les courants étrangers à ceux directement transmis, de passer à travers le circuit téléphonique ; et il interposait, à cet effet, entre son microphone transmetteur et le fil de ligne un condensateur, et entre le téléphone récepteur et la terre un diffuseur.

Le condensateur est, comme on sait, un appareil composé de feuilles d'étain superposées et séparées les unes des autres par des feuilles de papier. Toutes les feuilles d'ordre pair et toutes les feuilles d'ordre impair sont respectivement réunies entre elles et à deux bornes qui constituent les deux pôles du condensateur.

Quant au diffuseur, c'est une sorte de paratonnerre à cardes.

La fig. 3 donne le schéma d'un montage établi avec un condensateur entre le microphone transmetteur et la ligne, et un diffuseur entre le téléphone récepteur et la terre.

Malheureusement l'intercalation des condensateurs et des paratonnerres à cardes dans le circuit téléphonique n'a pas produit des résultats aussi importants qu'on l'espérait, attendu

qu'on affaiblit ainsi dans une mesure assez grande l'intensité des courants transmis. Cependant, on a constaté qu'à l'aide de ces appareils on pouvait empêcher dans une limite restreinte les effets de certains courants anormaux et accidentels.

En résumé, on affaiblit un peu les bruits d'induction, mais comme d'un autre côté on affaiblit beaucoup le son des paroles, il en résulte que, tout compte fait, on n'améliore pas sensiblement les conditions de la transmission.

Dans les expériences dont nous parlons, M. Herz a employé aussi comme récepteurs des condensateurs dont les armatures étaient polarisées préventivement et d'une manière continue, ce qui est d'ailleurs une condition essentielle pour que le condensateur puisse émettre des sons articulés.

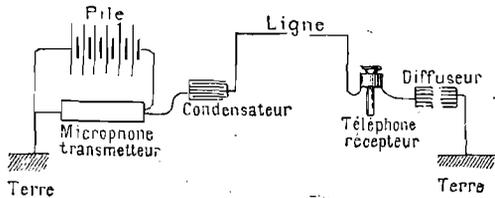


Fig. 3.

Avec ces récepteurs on a pu converser convenablement d'Orléans à Bordeaux, c'est-à-dire à 456 kilomètres. On a pu également entendre quelques phrases détachées à 1,100 kilomètres, mais il fallait le silence absolu de la nuit et la cessation complète des transmissions télégraphiques dans les fils voisins.

Depuis la découverte de Bell, on a construit une quantité de modèles différents de téléphones, en cherchant à augmenter l'amplitude des vibrations des plaques et par suite la puissance des sons rendus par ces appareils.

Tous ces téléphones reposent sur le même principe et comprennent les organes suivants : une bobine à noyau aimanté et une plaque de fer placée en regard de l'un des pôles de l'aimant, à une aussi faible distance que possible, et dont les bords se trouvent fortement serrés entre la boîte qui renferme la bobine et l'embouchure évasée qui sert à la fois à protéger la plaque et à appliquer l'appareil contre l'oreille.

Le fil de ligne est relié à l'une des extrémités du fil de la bobine, l'autre extrémité étant en communication avec la terre.

On a augmenté la dimension des plaques vibrantes, on a constitué le noyau de la bobine avec des aimants plus ou moins puissants, on a même employé plusieurs aimants; on a enfin remplacé les aimants par des électro-aimants actionnés par une pile puissante, sans obtenir des renforcements de sons bien appréciables. En fait on peut dire qu'un téléphone Bell soigneusement construit donne des résultats aussi satisfaisants que tous ceux connus jusqu'à ce jour.

Nous croyons cependant intéressant de signaler ici la modification apportée dans la construction des téléphones, quel que soit le système de ces appareils, par M. Tommasi dans le but d'atténuer une partie des bruits d'induction.

Dans des expériences faites sur la ligne de Paris à Rouen, cet ingénieur électricien avait remarqué que la friture était due en partie à une sorte de contraction qui s'opérait dans les plaques téléphoniques lorsqu'elles entraient en vibration. Pour supprimer les bruits occasionnés par cet effet mécanique ou moléculaire, il avait imaginé de remplacer la plaque vibrante ordinaire par un disque de fer blanc, simplement collé sur un diaphragme de caoutchouc, et libre par conséquent de se mouvoir parallèlement à lui-même.

M. Tommasi est ainsi parvenu à réduire un peu la friture, mais par contre on perçoit moins nettement les paroles du correspondant, de sorte que cette disposition n'est pas absolument avantageuse.

Pour épuiser la série des essais tentés par les ingénieurs pour combattre les bruits d'induction, il nous reste à indiquer le principe du système imaginé par M. Van Rysselberghe; ce système

est comme on sait, installé depuis peu, à titre d'expérience, entre Rouen et le Havre, sur la ligne télégraphique de l'État.

Les appareils Van Rysselberghe ont fonctionné en 1882 entre Bruxelles et Ostende, puis entre Bruxelles et Paris; ils sont combinés de façon à empêcher l'induction de naître en l'étouffant sur les lignes ou elle se produit. Il devient alors possible de transmettre simultanément sur le même fil des dépêches télégraphiques et téléphoniques; c'est même le principal avantage du système.

On arrive au but indiqué plus haut en substituant pour le télégraphe des courants graduels aux courants brusques. On intercale à cet effet, dans le circuit de petits électro-aimants graduateurs, on place sur la ligne des condensateurs faisant l'office de dérivateurs, et enfin dans certains cas on combine les électro-aimants avec des condensateurs. Ces divers appareils agissent comme des réservoirs absorbant une certaine quantité d'électricité, quantité qu'ils restituent lorsque le circuit est rompu.

On comprend facilement que les courants électriques ainsi gradués deviennent silencieux et ne peuvent être perçus dans les téléphones, qu'ils soient directs, induits ou dérivés. Quant à la transmission simultanée par le même fil des dépêches télégraphiques et téléphoniques, elle résulte de la nature bien différente des courants qui servent à ces transmissions. Le télégraphe se sert de courants lents et intenses, tandis que la téléphonie emploie des courants ondulatoires rapides et peu intenses. Il suffit donc de barrer le passage aux courants télégraphiques à l'aide d'un condensateur de faible capacité qui transmet intégralement les courants ondulatoires téléphoniques.

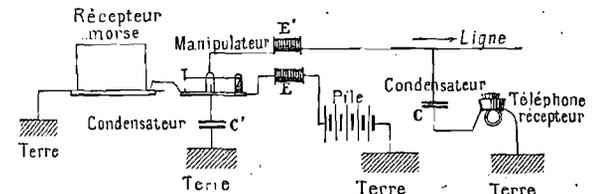


Fig. 4.

Ceci posé, la fig. 4 nous donne l'ensemble de la disposition prise pour approprier un poste télégraphique aux transmissions téléphoniques dans le cas où la terre sert de fil de retour.

On voit que le manipulateur du poste télégraphique est séparé de la ligne et de la pile par des électro-aimants graduateurs E et E' et qu'entre ces deux électros se trouve un condensateur C' placé en dérivation.

C est un autre condensateur de faible capacité qui est interposé entre la ligne et le téléphone récepteur.

On sait qu'on obtient de biens meilleurs résultats en adoptant pour les transmissions téléphoniques un fil de retour, au lieu de se servir de la terre; du moment où l'usage du téléphone ne gêne en aucune façon les communications télégraphiques, il devient possible de prendre deux fils voisins pour constituer un circuit téléphonique complet.

Dans ce cas, voici (fig. 5) comment on dispose le téléphone récepteur dans le poste télégraphique : les fils de ligne sont reliés en dérivation à deux condensateurs, à deux bobines inductrices et aboutissent enfin à la terre. Les deux bobines en question sont montées sur une bobine induite dont l'une des

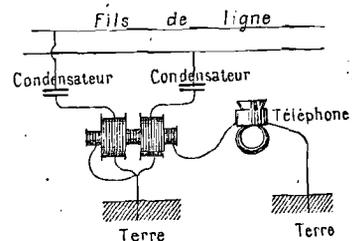


Fig. 5.

extrémités du fil est mise à la terre et dont l'autre extrémité aboutit au téléphone récepteur.

Le système de M. Van Rysselberghe est certainement ingénieux, mais quand on l'étudie de près, on s'aperçoit qu'il ne donne pas la solution complète du problème.

Voici d'ailleurs les critiques qu'on peut lui adresser :

Le système n'assure pas la transmission téléphonique à des distances plus considérables que les systèmes ordinaires ; il éteint bien les bruits d'induction des télégraphes Morse, mais il ne peut être appliqué au télégraphe Baudot.

C'est un inconvénient qui est grave, puisque le Baudot tend à être substitué au Morse sur toutes les grandes lignes en raison de sa rapidité.

Un inconvénient encore plus grave, c'est que la vitesse de la manipulation du Morse est réduite dans une assez forte proportion, de sorte que ce que l'on gagne d'un côté en faisant servir le fil télégraphique aux communications téléphoniques est perdu par la lenteur avec laquelle se fait la transmission des dépêches.

Pour que le système de M. Van Rysselberghe fonctionne convenablement, il est nécessaire d'employer un circuit complet, formé de deux fils ; dans ces conditions, il ne présente pas d'avantages marqués sur les autres systèmes connus, qui donnent des résultats très satisfaisants dès qu'on dispose d'un fil de retour.

Enfin l'application du système en question exige non seulement la transformation du montage des deux postes télégraphiques extrêmes, mais encore de tous les postes placés sur le même trajet. On arrive ainsi à une dépense énorme qui, dans bien des cas, dépasserait probablement les frais d'établissement d'un réseau spécialement construit pour les communications téléphoniques.

En terminant cet exposé des divers systèmes proposés et essayés avec plus ou moins de succès pour l'utilisation des lignes télégraphiques actuelles, nous croyons intéressant de citer les expériences faites dernièrement par M. Tommasi sur le réseau télégraphique des chemins de fer de l'Est.

Cet ingénieur avait pensé qu'il améliorerait sensiblement les conditions de la transmission téléphonique en chargeant préalablement la ligne par un courant constant.

Il avait placé à cet effet aux deux extrémités du fil de fer de 3 millimètres de diamètre et de 167 kilomètres de longueur, mis à sa disposition par la Compagnie, douze éléments Leclanché réunis en tension.

Cette pile était indépendante de celle qui actionnait le microphone.

Malgré les espérances qu'on avait conçues au début, on n'a pas obtenu de résultats bien concluants.

On correspondait plus ou moins facilement, suivant qu'on opérait par des temps plus ou moins secs et que, par conséquent, les déperditions sur la ligne étaient moins ou plus fortes.

On a amélioré dans une mesure notable la transmission, lorsqu'on a eu substitué les piles au bichromate de potasse aux piles Leclanché, primitivement employées pour actionner les microphones.

En résumé, les différents systèmes proposés par MM. Herz, Van Rysselberghe et Tommasi ne résolvent pas complètement le problème. On assure que l'électricien si connu, M. Marcel Deprez, possède un moyen efficace de supprimer complètement les bruits d'induction. Cette découverte n'a pas encore été publiée, nous ne pouvons donc l'apprécier ; mais ce qu'il importe de remarquer, c'est qu'en France on s'est toujours appliqué à combattre l'induction, parce qu'on s'est toujours préoccupé d'utiliser les fils télégraphiques pour la transmission téléphonique.

Les Américains et les Anglais ont cherché à résoudre la question en opérant tout autrement, et nous croyons qu'ils sont dans le vrai. Ils ont abandonné complètement l'idée d'utiliser les fils télégraphiques et ont cherché à construire des lignes téléphoniques spéciales.

Il n'est pas douteux pour nous qu'en marchant dans cette voie on n'arrive à téléphoner, avec les appareils actuels, à des distances considérables. La preuve nous en est fournie par les résultats déjà obtenus en Amérique et en Angleterre, et par nos propres expériences sur les lignes de la Compagnie de l'Est.

L'American Bell Telephone Co<sup>e</sup> a posé, à titre d'essai, entre New-York et Boston, une ligne de 480 kilomètres de longueur formée d'un fil de cuivre dur de 2<sup>mm</sup>, 79 de diamètre, offrant une résistance de 2.8 ohms par kilomètre. La ligne est double ; le circuit a par conséquent une longueur totale de 960 kilomètres et une résistance de 2,600 ohms en nombre rond, c'est-à-dire la même résistance qu'une ligne télégraphique en fil de fer de 3 millimètres de diamètre et de 168 kilomètres de longueur.

Il faut ajouter que la ligne est posée en partie sur des poteaux supportant déjà des fils télégraphiques, qu'elle traverse huit rivières à l'aide de câbles formés d'un conducteur de cuivre de 1.65 millimètre de diamètre, et qu'elle se trouve enfin dans le voisinage immédiat d'autres lignes téléphoniques.

Malgré ces conditions défavorables, les conversations s'échangent d'une façon régulière et normale, ainsi que l'ont constaté plusieurs ingénieurs français qui ont été visiter, l'année dernière, l'exposition de Philadelphie.

Les appareils employés sont des transmetteurs Hunnings (à poussière de charbon) actionnés par 3 éléments au bichromate de potasse. On se sert à chaque poste d'un seul récepteur Bell.

En Angleterre, le système du double fil croisé fonctionne dans de très bonnes conditions entre Londres et Brighton. La ligne a une longueur de 96 kilomètres, elle est formée de deux fils de fer galvanisés offrant une résistance électrique de 6.25 ohms par kilomètre. Les fils d'aller et de retour qui constituent un circuit complet tournent les uns autour des autres. Grâce à cette disposition, les conducteurs téléphoniques se trouvent à une égale distance des conducteurs télégraphiques, et on évite l'induction.

Des lignes établies suivant le même système vont être posées pour relier téléphoniquement les villes de Londres, de Northampton, d'Oxford et de Birmingham. Ces essais ne sont pas les seuls à invoquer pour prouver que le principal facteur à faire entrer en ligne de compte, c'est la résistance électrique des conducteurs.

Dans des expériences faites l'année dernière sur le réseau souterrain de Paris, on a téléphoné sur un circuit métallique jusqu'à une distance de 33 kilomètres, correspondant à 2,000 ohms. D'autres essais exécutés sur une ligne entièrement métallique allant de Paris à Orléans par Essones, ont permis l'échange de conversations à une distance de 134 kilomètres avec des transmetteurs Ader, Edison, Blake, Hunnings et Berton (ces deux derniers à poussière de charbon.) La ligne était formée d'un fil télégraphique de 4, à 5.3 ohms par kilomètre, offrant par conséquent une résistance totale de 710.2 ohms. Enfin, en modifiant convenablement la réunion des charbons du transmetteur Ader et en employant une bobine d'induction n'ayant que 3/4 d'ohm de résistance pour l'inducteur et 50 ohms de résistance pour l'induit, nous avons réussi à correspondre très clairement et avec une puissance bien suffisante pour dominer les bruits d'induction entre Paris et Troyes. La ligne qui avait 167 kilomètres de longueur se composait d'un fil de fer de 3 millimètres de diamètre, offrant une résistance de 2,005 ohms, inférieure de 577 ohms à la résistance normale qu'elle devrait avoir si elle était bien isolée. Les microphones étaient actionnés par une seule pile au bichromate de potasse (forme bouteille) de deux litres de capacité ; on ne se servait que d'un seul récepteur Boisselot.

Les mêmes expériences répétées le 13 février dernier, avec les mêmes appareils et les mêmes piles, entre Troyes et Vesoul, ont donné des résultats encore plus satisfaisants. Des personnes qui n'avaient jamais fait usage de téléphones ont pu converser pendant plus d'un quart d'heure sans aucune hésitation et sans avoir besoin de se faire répéter la moindre partie des phrases qui leur étaient transmises.

Or, on sait que les personnes qui n'ont pas l'habitude d'écouter dans les téléphones sont toujours un peu désorientées lorsqu'elles se servent pour la première fois de ces appareils.

Ces résultats sont d'autant plus importants à enregistrer que la distance de Troyes à Vesoul est de 215 kilomètres, c'est-à-dire supérieure de 52 kilomètres à la distance de Troyes à Paris. Mais on ne s'étonnera pas que les communications aient été meilleures sur la première de ces lignes, lorsqu'on saura qu'elle est construite avec un fil de 4 millimètres de diamètre, mieux isolé, et offrant une résistance moindre que la seconde. La résistance mesurée de Troyes à Vesoul est en effet de 1,926 ohms.

Tout ceci prouve clairement, à notre sens, que pour résoudre le problème de la téléphonie à grande distance, il faut s'attacher à diminuer autant que possible la résistance électrique des fils de ligne, qu'il faut employer pour constituer cette ligne un métal très conducteur de l'électricité, et qu'il faut combiner un modèle de support permettant d'arriver à un isolement aussi complet que possible. Cette dernière condition est essentielle, attendu que les courants induits employés en téléphonie étant doués d'une force électro-motrice très grande tendent à s'échapper plus facilement que les autres.

Le choix de la pile a une grande importance. Il faut également faire entrer en ligne de compte la capacité électro-statique de la ligne. Cette capacité électro-statique ne pouvant être supprimée, il faut donner aux courants induits qui circulent dans les conducteurs la plus grande intensité possible, afin de contrebalancer, dans une certaine mesure, l'action nuisible de la dite capacité.

Ce qu'il est juste de reconnaître, c'est que, grâce aux recherches savantes des constructeurs, on possède aujourd'hui des transmetteurs et des récepteurs très puissants. Parmi les premiers nous citerons les microphones à poussière de M. Hunnings et celui de M. Berthon. M. Ochorowitz a présenté dernièrement à la Société internationale des électriciens un appareil de son invention qui donne aussi des résultats très remarquables. Ce microphone dont la description n'a pas été donnée par l'inventeur repose, paraît-il, sur la propriété que possède le charbon très poreux de devenir plus conducteur de l'électricité lorsqu'il est échauffé par le passage d'un fort courant de pile. De là le nom de thermo-téléphone donné à l'instrument.

Les récepteurs ont été perfectionnés également : Ceux de MM. Goloubitzky, de M. Boisselot et enfin le téléphone de M. Ochorowitz permettent de percevoir avec netteté et avec une très grande puissance les sons transmis. Le dernier de ces appareils permet même de faire entendre dans toutes les parties d'une grande salle les paroles prononcées dans le microphone construit par le même inventeur.

La fabrication des fils a été perfectionnée dans ces dernières années d'une façon des plus remarquables. L'emploi de métaux très conducteurs et à la fois très résistants aux efforts mécaniques, tels par exemple que le bronze phosphoreux, le bronze silicieux et le bronze chromé, à la construction des lignes téléphoniques, permet de réaliser, dès maintenant, ce qui était impossible il y a quatre ou cinq ans.

Ainsi, une ligne téléphonique complète, c'est-à-dire avec fil d'aller et fil de retour, en bronze silicieux de 2<sup>m</sup>/<sub>m</sub> de diamètre coûte toute posée 200 fr. par kilomètre. Sa résistance en ohms par kilomètre n'est que de 5 ohms 31. Si donc on peut téléphoner avec les appareils connus et modifiés convenablement, à des distances de 250 kilomètres en se servant des fils télégraphiques en fer de 4<sup>m</sup>/<sub>m</sub> de diamètre, on pourra certainement correspondre dans d'aussi bonnes conditions à 450 kilomètres dès que l'on disposera d'une double ligne en bronze silicieux de 2<sup>m</sup>/<sub>m</sub> de diamètre, puisque les résistances électriques de ces deux lignes sont les mêmes.

Quant à l'induction des fils télégraphiques voisins, on pourra certainement sinon complètement l'éviter, du moins la diminuer dans une grande proportion en plaçant les deux fils téléphoniques à égale distance de ceux qui servent à la transmission des dépêches.

L'administration des Postes et Télégraphes français s'occupe beaucoup de la téléphonie interurbaine; elle expérimente les divers systèmes proposés. De leur côté il n'est pas douteux que les grandes Compagnies de chemins de fer français qui possèdent un réseau télégraphique voudront également créer un réseau téléphonique, et c'est, croyons-nous, en marchant dans la voie que nous venons d'indiquer qu'elles atteindront ce but.

Les lignes télégraphiques des chemins de fer sont déjà, pour la plupart, extrêmement chargées; il serait difficile de leur demander un surcroît de travail, d'autant plus que le téléphone une fois mis à la disposition des intéressés deviendra bientôt d'un usage journalier.

GEORGES DUMONT.

Ingénieur-Inspecteur Principal chargé du service télégraphique des Chemins de fer de l'Est.

## OUTILLAGE DES TRAVAUX PUBLICS

**Détails sur les travaux de dragage à Panama.** — Voici quelques détails intéressants sur les travaux de dragage qui s'exécutent à Panama pour le creusement du canal interocéanique.

On emploie, dans les parties où la fouille peut se faire à l'aide de dragues, 22 appareils ayant chacun une force de 180 chevaux. Ces dragues sont munies de chaque côté d'un déversoir.

Les coques, en fer et en bois, ont 34<sup>m</sup>,20 de longueur, 0<sup>m</sup> de largeur hors bordé et 3<sup>m</sup>,50 de creux. Le tirant d'eau moyen est de 2<sup>m</sup>,25 et le déplacement correspondant de 610 tonneaux.

Chaque drague est munie d'une machine à vapeur verticale (système Compound) ayant la force indiquée plus haut, soit 180 chevaux sur les pistons. Cette machine sert à faire mouvoir la chaîne dragueuse seule, les 6 treuils d'avancement de papillonnage d'éclinde et de recul étant mis en mouvement par une machine spéciale.

La machine motrice de 180 chevaux est alimentée par deux chaudières marines de forme cylindrique ayant une surface de chauffe totale de 94<sup>m</sup><sup>2</sup> et timbrées à 5 kilogrammes.

Ces mêmes chaudières alimentent également, en marche normale, la machine des treuils, mais comme, dans certains cas, on peut avoir besoin de faire marcher ces treuils sans que les grandes chaudières soient en feu, on a annexé une chaudière spéciale ayant seulement 7 mètres carrés de surface de chauffe et qui est exclusivement destinée à atteindre le but que nous venons d'indiquer. Enfin les treuils peuvent aussi être manœuvrés à la main.

L'éclinde a une longueur calculée de façon à pouvoir draguer à 10<sup>m</sup>,50 de profondeur dans les circonstances ordinaires et à 12<sup>m</sup>,50 en faisant usage d'un tambour de renvoi; on fait alors glisser l'éclinde inclinée à 45 degrés entre deux glissières fixées dans le haut du beffroi, ce dernier à une hauteur de 9 à 10<sup>m</sup> au-dessus du niveau de l'eau.

La chaîne dragueuse porte 28 godets pour le dragage à 10<sup>m</sup>,50 de profondeur, et 31 lorsque le dragage doit être poussé au delà de cette profondeur. Les godets ont une capacité de 420 litres chacun; ils sont en tôle d'acier sauf le dos qui, faisant corps avec les maillons, est en acier fondu.

Le nombre des godets passant sur le tourteau supérieur étant de 14 par minute, et ces godets n'étant comptés que pour une capacité de 409 litres, on aura un rendement de 5 à 6<sup>m</sup><sup>3</sup> par minute, soit au moins 300<sup>m</sup><sup>3</sup> par heure en terrain facile.

Le transport des déblais se fait à l'aide d'une série de tuyaux en tôle d'acier de 0<sup>m</sup>,40 à 0<sup>m</sup>,50 de diamètre, qui, partant du dessous des déversoirs de la drague, descendent jusqu'à la surface de l'eau et se recourbent ensuite à angle droit, pour suivre cette surface, sur laquelle ils sont maintenus par des bouées en tôle galvanisée. Ces tuyaux s'élèvent enfin sur la berge et se terminent au-dessus, à la hauteur fixée pour le cavalier de dépôt que doivent former les déblais.

Les tuyaux qui sont d'une longueur courante de 5<sup>m</sup> sont assemblés les uns aux autres à l'aide de brides en cornières, avec rondelles en caoutchouc ; il y a, de plus, des tuyaux coulés pour les changements de direction déterminés d'avance, et, pour les autres, on emploie des joints sphériques en fonte, d'un nouveau système, permettant tout changement de direction nécessaire, sans diminution de la section intérieure du tuyau.

Il y a quatre bouées-supports par longueur de 10 mètres.

Pour que les déblais puissent se mouvoir dans les tuyaux, il faut qu'ils soient délayés dans une suffisante quantité d'eau. A cet effet, une pompe à vapeur montée sur la drague peut refouler vers le milieu de la hauteur du beffroi, un volume d'eau de 800<sup>m<sup>3</sup></sup> à l'heure, qui, venant se mélanger avec les produits du dragage, leur donne la densité d'environ 1,200 kilos par mètre cube, nécessaire pour la circulation dans les tuyaux.

Les déblais ainsi délayés pénètrent dans les tuyaux de transport fixés à la drague, et y sont mis en mouvement par l'action de la charge d'au moins 3<sup>m,50</sup> de hauteur, résultant de la différence de niveau qui existe entre le point de départ de ces déblais et leur arrivée dans la partie horizontale des tuyaux flottants. Cette charge suffit à un transport horizontal de 400 mètres dans des tuyaux de 0<sup>m,50</sup>.

A cette distance, se trouve, montée sur un chaland en tôle d'une longueur de 20 mètres, une pompe centrifuge, mise en mouvement par une machine à vapeur de la force de 80 chevaux, et susceptible de transporter par heure un volume de déblais d'au moins 1,000 mètres cubes, soit à une hauteur verticale de 8 mètres, soit à une distance horizontale correspondante, à raison d'une cinquantaine de mètres par mètre de hauteur. Ces 1,000 mètres cubes proviennent des 200 mètres cubes de déblais fournis par la drague (et nous avons vu tout à l'heure que son rendement en terrain facile peut s'élever à 300 mètres cubes) et des 800 mètres cubes d'eau fournis par la pompe qui est sur la drague.

En résumé, on voit qu'une simple pompe centrifuge de 80 chevaux suffit pour transporter par heure 200 mètres cubes de déblais fournis par la drague et délayés à la densité de 1,200 kilos par une pompe à eau placée sur la drague, pour transporter, disons-nous, ce volume à une distance horizontale de 400 mètres de la drague et à une hauteur de 8 mètres au-dessus de l'eau. Avec une seconde pompe de relais (on compte en effet munir chaque drague de deux pompes) qui serait placée sur la berge, on pourra faire ce transport à 600 mètres de distance horizontale et à 12 mètres de hauteur verticale, ce qui suffira largement dans toutes les conditions de terrain qu'on peut rencontrer dans l'isthme.

L'expérience a démontré qu'il était, en général, préférable d'employer des tuyaux de 0<sup>m,40</sup> de diamètre plutôt que de 0<sup>m,45</sup> ou de 0<sup>m,50</sup> afin d'obtenir une plus grande vitesse de circulation dans les tuyaux (au moins 2 mètres par seconde), et, par suite, moins de tendance au dépôt des matières lourdes, de sorte que tous les tuyaux sont maintenant commandés avec ce diamètre ; mais pour ceux qui sont déjà expédiés dans l'isthme, on compte employer les tuyaux de 0<sup>m,50</sup> dans les parties horizontales et rectilignes du parcours, parce que dans ces parties les matières sont plus facilement entraînées par une vitesse moindre. Les tuyaux de 0<sup>m,45</sup> et de 0<sup>m,40</sup> seront, à l'inverse, placés dans les parties sinueuses ou ascendantes.

Telles sont les conditions principales du fonctionnement de ce nouveau mode de transport du produit des dragages, mode qui est récent, puisqu'il a fait sa première apparition, mais sur une petite échelle, aux travaux du canal d'Amsterdam à la mer du Nord, en 1868, et que M. M. Couvreux et Hersent l'ont employé, quelques années plus tard, aux travaux du canal de Gand à Thierceux.

Le canal de Panama fera certainement ressortir les avantages considérables qu'on peut en tirer et ne manquera pas non plus de l'amener au degré de perfection que le canal de Suez a procuré à l'appareil de fouille, la drague.

(Bull. du Canal Interocéanique).

## CHRONIQUE

### Chronique française

**Distribution des eaux de la ville de Dieppe.** — *Les Annales des ponts et chaussées* contiennent un travail intéressant de M. Alexandre, ingénieur, sur la nouvelle distribution des eaux de Dieppe : nous en donnons ci-dessous une analyse succincte :

Les eaux sont prises aux sources de Saint-Aubin à l'altitude de 20<sup>m,50</sup> au-dessus du niveau moyen de la mer et sont amenées à Dieppe à la cote 19<sup>m,50</sup>, soit à 12 mètres au-dessus du niveau moyen de la basse ville, par une canalisation de 6,412 mètres de longueur. Cette canalisation se compose de 3,423 mètres d'aqueduc maçonné construit en tranchées, de 2,579 mètres d'aqueduc maçonné construit en tunnel et enfin de 405 mètres de siphon en fonte.

La pente de l'aqueduc est de 0<sup>m,10</sup> par kilomètre et la chute du siphon est de 0<sup>m,40</sup> ; l'aqueduc maçonné, de forme ovoïde, a 1 mètre de largeur, sur 1<sup>m,40</sup> de hauteur en tranchée et 1 mètre de largeur sur 1<sup>m,80</sup> de hauteur en tunnel.

Quant au siphon en fonte établi à la traversée de la vallée de la Scie, il consiste en un tuyau de 0<sup>m,50</sup> de diamètre qui franchit la rivière sur un pont-bâche en tôle de 12<sup>m,20</sup> de longueur et passe au moyen d'un aqueduc voûté sous la ligne du chemin de fer de Dieppe à Rouen.

Les réservoirs de distribution sont au nombre de trois, savoir : le réservoir d'Arques situé au point d'arrivée de la dérivation, le réservoir de la Cité de Limes, placé au faubourg du Pollet à l'extrémité Est de la ville, et enfin le réservoir dit de Caude-Côte établi sur le plateau qui domine la ville à l'ouest.

Les deux premiers réservoirs servent à l'alimentation des quartiers bas, le troisième à celle des quartiers hauts. Une partie des eaux amenées par la dérivation y est envoyée à l'aide d'une machine à vapeur installée auprès du réservoir d'Arques.

Les sources de Saint-Aubin ont un débit constant de 178 litres par seconde ; elles fournissent des eaux d'une limpidité remarquable.

L'aqueduc d'amenée a, comme nous l'avons dit, une forme ovoïde ; le profil de la cuvette est un demi-cercle de 0<sup>m,50</sup> de rayon, celui de la voûte une courbe se rapprochant beaucoup d'une demi-ellipse. La cuvette est constituée par deux rouleaux de briques de 0<sup>m,22</sup> d'épaisseur totale, la voûte n'a qu'une épaisseur de 0<sup>m,11</sup>, correspondant à un seul rouleau. La différence d'épaisseur de la cuvette et de la voûte est rachetée par une couche de béton qui garnit les reins. Dans les parties où, en raison de la profondeur, on pouvait craindre que la voûte ne fût atteinte par les instruments aratoires et sur certains autres points, on a remplacé le rouleau unique par un rouleau double ; enfin, on a même porté à trois rouleaux l'épaisseur de la voûte sur certaines parties du parcours. Les maçonneries de briques et la chape extérieure ont été exécutées avec un mortier composé de 350 kilos de ciment portland de Boulogne par mètre cube de sable de mer. Le béton a été confectionné avec le même mortier mêlé à du petit galet de mer dans la proportion de deux volumes de mortier pour trois volumes de galet. Enfin pour la chape intérieure garnissant la cuvette, on a fait usage de mortier contenant 500 kilos de ciment par mètre cube de sable.

Le système de construction de l'aqueduc en souterrain ne diffère pas de celui décrit ci-dessus pour la dérivation en tranchée.

Pour percer le grand souterrain de 2,100 mètres de longueur prévu sous le faite séparatif des vallées de la Scie et de l'Arques, on a dû creuser douze puits d'une profondeur variant de 5 mètres à 65<sup>m,75</sup>. Ces puits étaient circulaires et d'un diamètre de 1<sup>m,00</sup>. Dans la craie compacte les parois de ces puits étaient laissées nues, mais, dans la craie ductile et l'argile mélangée de silex, elles étaient revêtues au moyen de feuillards verticaux en sapin de 0<sup>m,012</sup> d'épaisseur, maintenus par des cercles en fer

horizontaux de 0<sup>m</sup>,04 de largeur, sur 0<sup>m</sup>,001 d'épaisseur et espacés de 1 à 2 mètres d'axe en axe suivant la consistance du terrain. Lorsque quelques fragments se détachaient sous le choc des benes, on garnissait le vide derrière les feuillets avec de la paille tassée afin d'éviter les éboulements. Le déblai d'un puits était exécuté par un seul ouvrier. Quand il creusait dans la craie compacte, la respiration devenait difficile à partir d'une certaine profondeur et il fallait lui envoyer de l'air par un tuyau de 0<sup>m</sup>,10 de diamètre, à l'aide d'un ventilateur. L'avancement journalier d'un puits atteignait en moyenne 1 mètre de hauteur, correspondant à un déblai de 2 mètres cubes.

Les terrains rencontrés dans le percement du grand souterrain étaient de la craie compacte, de la craie divisée, de la terre argileuse mélangée de silex. Quand la cuvette était creusée dans un terrain solide, on soutenait simplement le plafond ; quand les parois étaient peu solides, on les blindait à l'aide de cadres espacés de 1<sup>m</sup>,50 à 2 mètres d'axe en axe.

Les déblais étaient élevés par les puits à l'aide de treuils horizontaux mus à la main et de treuils verticaux mus par un cheval.

Lorsque les galeries à percer ont une section considérable, ces derniers treuils présentent sur les premiers un avantage marqué, mais tel n'était pas le cas dans le travail qui nous occupe ; le treuil à main fonctionnant régulièrement suffisait pour l'ascension du déblai exécuté par les deux attaques correspondantes, sans nécessiter de la part des manœuvres un travail excessif.

Le siphon établi pour la traversée de la Scie se compose de tuyaux de fonte de 0<sup>m</sup>,50 de diamètre du type ordinaire, reposant sur une couche de béton de chaux hydraulique mesurant 0<sup>m</sup>,50 d'épaisseur.

## Chronique Étrangère

**Pont de chemin de fer construit sur le Dnieper (ligne de Iekaterinen).** — Le chemin de fer de Iekaterinen qui a une longueur de 474 kilomètres a été livré à la circulation au mois de mai 1884 ; il comprend deux sections, l'une qui relie les villes de Ieasinowataja et de Sinelicikowo, l'autre qui part de Iekaterinoslaw sur le Dnieper et aboutit à Dolinskaja.

On remarque sur cette ligne deux ouvrages d'art qui méritent d'être signalés, savoir : un pont qui franchit la vallée du Iuguletz et un viaduc sur le Dnieper, près de Iekaterinoslaw.

Le premier de ces deux ouvrages a une longueur de 320<sup>m</sup>,37 ; la hauteur du rail au-dessus du niveau des basses eaux est de 49<sup>m</sup>,10 ; de ce dernier niveau à la base du caisson de la pile fluviale, on mesure une hauteur de 68<sup>m</sup>,20.

Ce pont est à voie supérieure ; il se compose de 4 travées formées de poutres en treillis continues du système américain et d'une travée à poutres demi-paraboliques dont la courbure est dirigée vers le bas.

Le second ouvrage dont il est parlé plus haut peut être classé, au point de vue de sa longueur, au 3<sup>e</sup> rang des grands ponts existant actuellement en Europe. (Nous en exceptons les viaducs de la Tay et du Forth, qui ne sont pas encore terminés). Il a été construit à deux étages. Le tablier placé à l'étage inférieur sert au passage des trains ; le tablier placé au-dessus sert à la circulation des voitures et des piétons.

La longueur totale du viaduc atteint 1,248 mètres entre les culées de rives. On compte 15 travées de 83<sup>m</sup>,23 chacune, mesurées d'axe en axe des piles fluviales.

Le bord inférieur de la superstructure est à 13 mètres

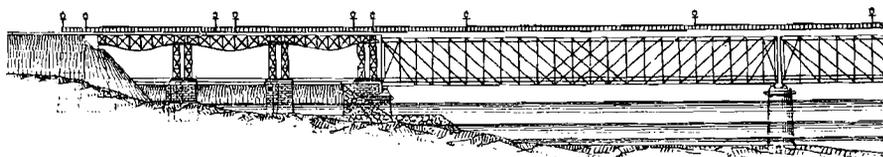


Fig. 1. — Élévation.

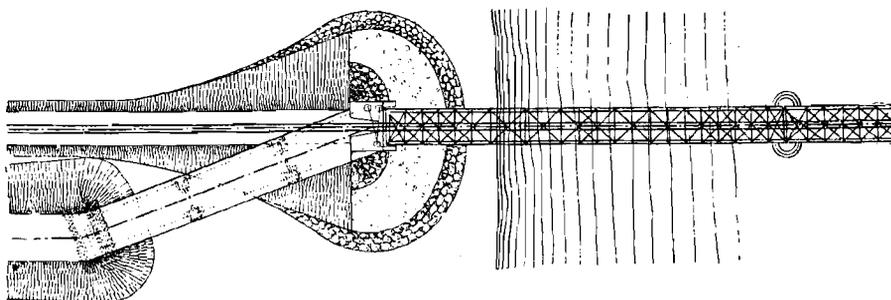


Fig. 2. — Plan. (Echelle de 1-1,200)

Le pont-bâche au moyen duquel le siphon traverse la rivière de Scie a une portée de 13<sup>m</sup>,80 ; c'est une sorte de tube en tôle ayant une section carrée de 0<sup>m</sup>,70 de côté, dans lequel on a logé le tuyau de 0<sup>m</sup>,50. Il repose sur deux culées en maçonnerie de briques. La bâche est constituée par des feuilles de tôle de 0<sup>m</sup>,01 d'épaisseur assemblées au moyen de cornières de 0<sup>m</sup>,70×0<sup>m</sup>,70×0<sup>m</sup>,10 et renforcées sur son pourtour par des cornières de 0<sup>m</sup>,60×0<sup>m</sup>,60×0<sup>m</sup>,10. La bâche a une inclinaison générale de 0<sup>m</sup>,02 par mètre.

La construction des réservoirs de distribution ne présente rien de bien particulier : quant aux machines élévatoires, elles sont à balanciers, à deux cylindres inégaux du système Wolf et à condensation. Chacune d'elle fait mouvoir deux pompes verticales constituant un système à double effet. Les pistons de ces pompes sont actionnés par les balanciers.

environ au-dessus du niveau des basses eaux et à 4<sup>m</sup>,25 seulement au-dessus du niveau des plus hautes eaux connues (crue de 1845).

Il est utile de faire remarquer que le fleuve Dnieper n'est navigable que jusqu'à Iekaterinoslaw.

La superstructure métallique du pont consiste pour chaque travée en deux poutres à treillis placées parallèlement à 5<sup>m</sup>,78 d'écartement et réunies par d'autres poutres transversales et longitudinales.

Les cours supérieurs des poutres principales servent de support au plancher en bois qui constitue le tablier du pont affecté à la circulation des voitures et des piétons, tandis que les semelles inférieures de ces mêmes poutres supportent le tablier du pont affecté à la circulation des trains.

Les grandes poutres ont 82<sup>m</sup>,50 de longueur et 9<sup>m</sup>,26 de hau-

teur. Elle sont réunies entre elles en 23 points distants entre eux de 3<sup>m</sup>,50.

Les trottoirs du tablier supérieur reposent sur des consoles ; ce tablier, y compris les trottoirs, mesure une largeur de 10 mètres environ ; il est placé à 9 mètres au-dessus du niveau des rails et à 23 mètres au-dessus du niveau des basses eaux.

La culée de droite et la première pile fluviale sont fondées sur du roc. Les fondations ont été exécutées à l'abri d'un batardeau, depuis le fond rocheux jusqu'au niveau des basses eaux. Ce batardeau a été utilisé ensuite comme caisson définitif pour la construction de la pile n° 4.

Toutes les autres piles, ainsi que la culée de gauche, ont été bâties sur caissons ; ces derniers reposaient soit sur de la roche, soit sur de l'argile blanche qui se trouvait à une profondeur moyenne de 14 mètres. Exceptionnellement (le cas s'est présenté pour la culée gauche et la pile n° 14), cette profondeur a atteint 17<sup>m</sup>,97, de sorte que la distance entre la base des fondations et le niveau supérieur du tablier le plus élevé s'est trouvée de 40<sup>m</sup>,15.

Les maçonneries ont été faites avec des pierres granitiques. Les piles dont les avant-becs sont de forme cylindrique, mesurent 4<sup>m</sup>,68 d'épaisseur et 13<sup>m</sup>,63 de longueur.

Les chemins d'accès au pont supérieur sont en rampes de 1/30. Chacune de ces rampes est supportée par un viaduc métallique, dont la direction fait avec celle de la plate-forme de la voie ferrée un angle de 21°.

Ces viaducs qui ont chacun une longueur de 71<sup>m</sup>,41 ont 3 travées formées de poutres de forme demi-parabolique supportées par des colonnes de fonte reposant sur des massifs de maçonnerie.

La longueur totale du viaduc est ainsi de 1,389 mètres, c'est-à-dire de 96 mètres inférieure à la longueur du grand pont jeté sur le Volga.

Cette construction colossale a exigé l'emploi de 25,246 mètres cubes de pierres, 3,280 tonnes anglaises de ciment de Portland et 10,000 tonnes de fer, non compris les matériaux nécessaires pour la construction des caissons.

La charpente métallique a été faite avec du fer retravaillé provenant de vieux rails, donnant une résistance à la traction de 34 kilogrammes par centimètre carré et offrant à l'extension un allongement de 12 0/00.

La construction du pont a exigé 3 campagnes (1881 à 1884).

Lors des épreuves, le pont a accusé une flexion de 32 millimètres soit  $\frac{1}{2,500}$  de la longueur totale.

(Société des ingénieurs et architectes de Vienne).

**Le chemin de fer de l'Arlberg.** — Il a été question ici à plusieurs reprises des travaux exécutés pour la construction de la ligne de l'Arlberg. Nous complétons nos renseignements, en résumant les conditions générales dans lesquelles peut se faire l'exploitation de cette ligne.

Nous rappellerons que la ligne de l'Arlberg relie Innsbruck, capitale du Tyrol et l'une des stations les plus importantes de la ligne du Brenner avec Bludenz. Elle se raccorde avec les lignes suisses par deux embranchements.

La ligne d'Innsbruck à Bludenz a 136 kilomètres de longueur. Durant les 70 premiers kilomètres de son parcours, à partir d'Innsbruck, elle suit la vallée de l'Inn et n'a pas de déclivités supérieures à 7 millimètres. A partir de Landeck qui forme le point terminus de cette première section, la ligne suit sur 26700 la vallée de la Rossana et aboutit à Saint-Antoine où se trouve l'entrée du grand tunnel. Dans cette deuxième section, les rampes ont jusqu'à 26,4 millimètres et il se trouve des courbes de 250 à 300 mètres de rayon au minimum, c'est dans cette partie que se trouvent les ouvrages les plus remarquables, notamment le viaduc de la Trisana et un pont sur l'Inn, près de Landeck, enfin deux tunnels ayant respectivement 202 et 36 mètres de longueur.

Le grand tunnel de l'Arlberg, qui a son entrée à Saint-An-

toine, et dont la sortie est à Langen, a une longueur de 10,240 mètres.

Ce tunnel a été construit très rapidement. On a commencé la perforation mécanique le 13 novembre 1880, du côté ouest (côté Langen) et le 22 novembre 1880 du côté ouest (côté Bludenz). Les deux galeries se sont rencontrées le 13 novembre 1883. L'avancement moyen de la perforation mécanique ressort ainsi à 8<sup>m</sup>,96 de chaque côté. Il n'a cessé de progresser, et dans la dernière année, il a atteint 12 mètres. C'est un grand progrès sur les travaux analogues du Mont-Cenis et du Saint-Gothard.

Le tunnel a été entièrement terminé en mai 1884.

La dépense réelle s'est élevée à 42,212,000 francs soit un peu plus de 4,000 francs par mètre courant, sans les frais généraux. Mais il faut remarquer, qu'on a été obligé de faire une grande quantité de revêtements en maçonnerie, et de leur donner en certains endroits une épaisseur considérable.

La rampe d'accès ouest qui s'étend de Langen jusqu'à Bludenz, a une longueur de 25<sup>m</sup>,900. Sur cette dernière partie de la ligne, les rampes sont très fortes ; elles varient de 27 à 31,4 millimètres. Le rayon minimum des courbes est de 350 mètres. Il existe sur ce versant des ouvrages d'art remarquables dont les plus importants ont été décrits dans les Annales ; nous rappellerons que les principaux, sont : le viaduc de Radouabach (70 mètres de longueur et 15 mètres de hauteur), le viaduc de Hollen Tobel (100 mètres de longueur et 24 mètres de hauteur), le viaduc de Schmidt-Tobel (90 mètres de longueur et 54 mètres de hauteur), enfin plusieurs tunnels. On a été obligé de se livrer sur ces rampes d'accès à des travaux d'assainissement et de consolidation très importants, la ligne étant tracée dans des terrains morainiques et éboulés.

Le coût total par kilomètre de la ligne de l'Arlberg (de Innsbruck à Bludenz), ressort à 631.472 francs.

Voyons maintenant dans quel but a été fait ce chemin.

L'Etat autrichien a fait raccorder ses lignes avec le port de Bregenz (sur le lac de Constance) et a aménagé ce port pour le service de remorqueurs et de bateaux destinés à transporter des wagons. Il a acquis le matériel nécessaire pour pouvoir communiquer directement par le lac de Constance et sans rompre charge, avec les chemins de fer Badois à Constance et avec les chemins de fer Wurtembergeois à Friedrichshafen, de manière à ne pas être obligé de se servir des chemins de fer suisses.

On voit ainsi que l'Etat autrichien, propriétaire de toutes les lignes de Vienne et de Hongrie arrivent à l'Arlberg, et pouvant en outre utiliser le lac de Constance pour la navigation, s'est créé une situation indépendante. Il peut communiquer avec sa province du Vorarlberg, avec la Suisse et la France sans emprunter le territoire allemand et, d'autre part, il peut, avec ses bateaux-transport, envoyer directement ses voyageurs et ses marchandises en Allemagne sans emprunter le territoire suisse.

Au point de vue des distances, il n'y a ni pour Vienne, ni pour Pesth un avantage sérieux à passer par l'Arlberg, pour se rendre à Zurich.

L'Arlberg l'emporte sur la voie ancienne par Vienne et Munich pour les arrivages de Trieste et de Fiume, ainsi que pour ceux de Belgrade.

Cet avantage pour Belgrade est important, parce que ce point sera raccordé avec Salonique et Constantinople quand le gouvernement turc aura rempli les conditions du traité de 1876, et que Belgrade commandera ainsi le trafic d'Orient.

(Bulletin du tunnel du Simplon).

**Type de déchargeur à ballast.** — Le croquis de la fig. 1 donne la vue perspective d'un nouveau type d'appareil employé pour le déchargement du ballast. Cet appareil consiste en une sorte de soc de charrue, affectant en plan une forme triangulaire, qu'il suffit de faire mouvoir sur toute la longueur d'un train de ballast pour déverser de chaque côté de la voie le sable qui est chargé sur les wagons.

Ce système a déjà été employé ; la pièce triangulaire qui rejetait le sable de part et d'autre des wagons glissait sur un

rail placé sur la plate-forme du véhicule suivant son axe longitudinal, et était ainsi guidée; mais dans le système qui est représenté sur la figure, ce rail central a été supprimé; le soc de charrue est articulé avec une sorte de chariot qui le précède et qui est formé de deux pièces qui glissent sur le plancher du wagon. Grâce à cette disposition, le déchargeur est toujours maintenu dans l'axe du train, que ce dernier soit sur une voie en alignement ou en courbe, ou qu'il soit composé de véhicules de même hauteur ou de hauteurs différentes.

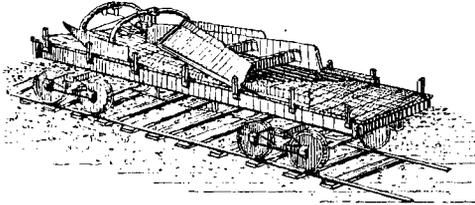


Fig. 1.

On remarquera aussi que, pour assurer à cette sorte de charrue une stabilité suffisante, on l'a munie, à sa partie postérieure, de deux guides qui glissent sur le plancher du wagon et qui ne peuvent sortir puisqu'ils sont maintenus par des petits montants verticaux disposés de distance en distance sur les côtés de ce même wagon.

L'appareil ainsi construit exige, paraît-il, une moins grande force pour être traîné le long du train que n'en exigerait le même déchargeur s'il glissait sur un rail longitudinal placé dans l'axe des wagons. De plus, en supprimant ce rail central, on évite un inconvénient grave tenant à l'interposition du gravier entre les deux surfaces de glissement. L'appareil que nous venons de décrire est employé sur les chemins de fer américains. (Ohio).

(The Engineer).

**Nouveau système de caisson à air comprimé (système Klein, Schmoll et Gaertner, à Vienne).** — Les difficultés que présente la construction des fondations des piles des ponts au moyen de batardeaux, lorsque les eaux sont profondes et à niveau variable, ont décidé les entrepreneurs à chercher d'autres moyens. On a employé d'abord des caissons ouverts qui, immergés dans l'eau à l'emplacement désigné pour la pile, circumscrivaient la partie du sol à creuser et permettaient d'exécuter les fouilles après avoir épuisé l'eau contenue dans le caisson.

Mais cette méthode, bien qu'ingénieuse, ne répondant plus aux besoins, on imagina de faire des caissons non plus en bois, mais en fer, de les fermer à la partie supérieure, puis de chasser l'eau qui les remplissait, en foulant à l'intérieur de l'air comprimé, et enfin d'établir un équilibre constant entre la pression de cet air et la colonne d'eau extérieure.

Les ouvriers étaient introduits dans l'intérieur et déblayaient le terrain de façon à permettre l'enfoncement du caisson jusqu'à la rencontre du terrain solide. Ces ouvriers travaillaient ainsi dans une atmosphère d'air comprimé et souvent à une grande profondeur au-dessous du niveau de l'eau; ils descendaient dans la chambre de travail à l'aide de puits étanches fixés sur le caisson et munis d'échelles. Ces mêmes puits servaient à l'introduction des matériaux et à l'enlèvement des déblais provenant des fouilles.

Pour entrer dans la chambre de travail où l'air est comprimé, ou pour sortir de cette dernière, il faut passer dans une chambre intermédiaire, c'est l'écluse à air.

Ces écluses ont reçu des formes très diverses depuis l'introduction de la méthode pneumatique dans la pratique des constructions hydrauliques. On a successivement modifié en les améliorant les moyens de transport de déblais. Au début on se contentait de seaux attachés à l'extrémité d'une corde passant sur une poulie fixée au plafond de l'écluse, ces seaux étaient

manœuvrés à la main; on se servit ensuite de la traction mécanique en employant une machine à vapeur, etc.

Jusqu'ici, l'extraction des déblais a toujours eu lieu par le puits de sortie des ouvriers, ce qui cause des interruptions dans le travail et ce qui est une cause sérieuse de dangers pour les ouvriers.

L'extraction se fait lentement, puisqu'elle est forcément intermittente; il faut en effet remplir d'abord l'écluse à air avec les déblais, puis fermer la porte de communication du puits avec cette écluse; et enfin mettre en communication l'écluse avec l'air extérieur afin de pouvoir débarrasser celle-ci des déblais qui y ont été accumulés.

Dans certains cas, on introduit des wagonnets en procédant comme pour l'introduction des ouvriers; d'autres fois encore on extrait les déblais sous l'eau par le dragage, et on les évacue dans un endroit ménagé à cet effet dans le caisson lui-même.

Mais ces différents moyens présentent tous le même inconvénient de ne pas permettre un travail continu; c'est cet inconvénient que MM. Klein, Schmoll et Gaertner, entrepreneurs de travaux publics à Vienne (Autriche) ont cherché à faire disparaître au moyen du dispositif suivant:

Les écluses à air comprennent quatre compartiments, savoir: fig. 1, 2, 3 et 4.

1° Une chambre de travail qui contient la drague, les appareils d'extraction et le personnel (deux ouvriers) chargé des opérations. L'atmosphère de cette chambre A se trouve pendant toute la durée du travail à la pression de la colonne d'eau correspondant à la pression de l'air.

2° Un compartiment B est en communication avec l'extérieur par la porte a, ainsi qu'avec la chambre de travail et le puits d'extraction par la porte b. On peut ainsi faire entrer l'air extérieur dans l'écluse en ouvrant la porte a, et descendre dans les puits en ouvrant la porte b. Ces puits qui aboutissent dans un compartiment égalisateur de pression sont fermés par une soupape et communiquent avec la chambre de travail par l'ouverture c.

3° Deux compartiments C et C' pour l'introduction des matériaux. C'est dans ces compartiments que l'on dépose les matériaux extraits des fouilles, lesquels sont remontés par des paniers manœuvrés à la main, ou mieux par une chaîne à godets.

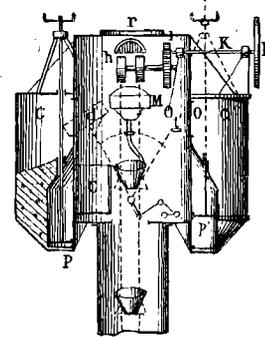


Fig. 1.

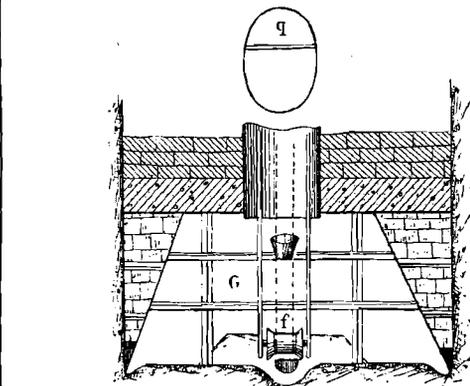


Fig. 2.

4° Enfin on a fixé à l'écluse un ajutage D qui a la forme du puits; cet ajutage est fixe et mobile; il est divisé en deux compartiments par une paroi mobile g. Le plus petit de ces

compartiments sert à l'entrée des matériaux, le plus grand à l'extraction des déblais.

La chambre A contient un appareil de dragage composé d'une chaîne en acier Bessemer de longueur variable (suivant la profondeur de la fouille) allant jusqu'au fond du caisson et portant les godets de la drague, lesquels sont également construits en acier Bessemer.

Dans l'intérieur du puits et sur le dernier anneau de la chaîne se trouvent des mâchoires qui donnent de la tension à la chaîne, puis cette dernière s'enroule sur un tambour *f* fixé à la partie inférieure des mâchoires.

Au sommet, dans la chambre de travail de l'écluse, il y a deux cames *h h* calées sur un arbre *g* et sur lesquelles passent les deux chaînes de la drague; un pignon *i* placé à l'extrémité de l'arbre *g* engrène avec une roue dentée fixée sur un second arbre *k*, qui passe à travers la paroi de l'écluse et qui est muni d'une garniture complètement étanche. Cet arbre porte à son autre extrémité une poulie à corde *l* qui sert à transmettre le mouvement fourni par un moteur quelconque.

Le mouvement de la chaîne est réglé par un levier qui permet d'embrancher la transmission.

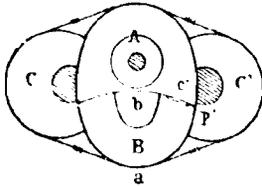


Fig. 3.

On remarquera encore dans le compartiment A, éclairé avec des lentilles, un appareil composé d'un réservoir *d* qui peut recevoir un mouvement d'oscillation lorsqu'on manœuvre un excentrique. Cet appareil sert à recevoir les déblais montés par les godets de la drague et à les verser par des ouvertures dans les compartiments C et C'. Ce déversement se fait alternativement. Lorsque la caisse C est pleine, on ferme les portes qui donnent accès du compartiment A dans la dite caisse, on ouvre ensuite la porte de communication entre A et C' et, pendant que l'on remplit ce dernier compartiment, on enlève les déblais accumulés dans la chambre C. L'extraction des déblais peut ainsi se faire d'une façon continue. Les ouvriers qui restent au jour sont prévenus par le bruit de sifflets que l'une ou l'autre des chambres de déblais C ou C' est pleine et qu'on peut procéder à l'enlèvement de son contenu.

Pour exécuter cette dernière opération, on ouvre les soupapes *p p*: ces dernières se manœuvrent par leur propre poids.

Lorsque le fonçage du caisson est terminé, on retire le mécanisme de la drague par l'ouverture *r*, après avoir laissé échapper l'air comprimé, et on introduit dans la chambre A, une bétonnière. Cet engin est fixé par une garniture étanche dans le plafond de l'écluse.

Ceci fait, on introduit à nouveau l'air comprimé et on commence à remplir avec du béton l'espace vide G.

L'écluse à air avec ses accessoires (non compris la chaîne et les godets de la drague) pèse environ 7.000 kilogrammes.

Le poids d'un tronçon de puits de 2 mètres de longueur, est d'environ 1.000 kilogrammes.

Le rendement moyen d'une écluse du système décrit ci-dessus est, suivant la profondeur et la disposition locale, de :

30 à 40 mètres cubes dans un terrain sablonneux et pierreux.

20 à 30 mètres cubes dans un terrain formé de sable et de gros galets.

10 à 20 mètres cubes sur un terrain rocheux.

Ces chiffres représentent les cubes de déblais extraits dans l'espace de vingt-quatre heures.

En résumé, ce système présente, sur ceux employés jusqu'ici, des perfectionnements assez importants, ayant pour résultat de permettre l'extraction et l'évacuation continue des déblais, de réduire au minimum la perte de l'air comprimé, et, par suite, de procurer une économie de temps considérable, ce qui donne une réduction importante dans les dépenses d'exécution.

Le système qui vient d'être décrit a été appliqué, il y a quelques années, à la construction des fondations d'un pont-route

sur le Danube à Vienne. Cet ouvrage mesurait 331<sup>m</sup>,17 de longueur entre les piles-culées, pour le passage du lit du fleuve, mais, de chaque côté de ce lit, se trouvaient des voûtes en maçonnerie établies pour franchir le terrain d'inondation.

Si on considère le profil en long, le pont a une longueur totale de 850<sup>m</sup>,67 entre les deux culées extrêmes, non compris la rampe d'accès en maçonnerie sur la rive droite. Il se compose de vingt-quatre ouvertures, savoir : quatre travées voûtées sur la rive droite d'une longueur totale de 82<sup>m</sup>,48, y compris l'épaisseur des trois piles intermédiaires; quatre travées avec superstructure en fer (treillis) de 70<sup>m</sup>,95 d'ouverture sur le fleuve principal; seize travées voûtées sur la rive gauche d'une longueur totale de 421<sup>m</sup>,86, y compris l'épaisseur des quinze piles intermédiaires.

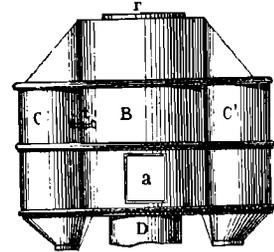


Fig. 4.

La voie charretière se trouve à 12 mètres au-dessus du niveau d'étiage du Danube; la partie inférieure de la superstructure en fer du pont principal est à 9<sup>m</sup>,875 au-dessus de ce même niveau.

Le nombre des piles et culées est de vingt-cinq, dont deux piles-culées et trois piles en rivière fondées sur caissons jusqu'à environ 15 mètres au-dessous du niveau des basses eaux.

Les vingt piles et culées des ponts d'inondation ont été fondées d'après l'ancien système, c'est-à-dire avec une enceinte en pieux et un massif de béton d'environ 2<sup>m</sup>,85 de hauteur arasé au niveau des basses eaux du fleuve.

Les installations nécessaires à l'exécution des fondations et des parties maçonnées du pont comprenaient un atelier avec forges, tours, machines à percer, etc., pour la construction des caissons et pour l'entretien du matériel; d'un abri pour trois machines soufflantes destinées à fournir l'air comprimé aux caissons, d'un bâtiment d'administration contenant des bureaux et des logements pour les employés principaux de l'entreprise; de cinq baraquements pour les chefs ouvriers; d'un bâtiment servant de réfectoire aux ouvriers étrangers, de quatre grands hangars pour entreposer le ciment, d'un abri pour tailler la pierre, de plusieurs cantines, d'un grand atelier pour l'exécution des travaux de charpente, et enfin d'environ 4 kilomètres de voies ferrées reliant le chantier avec la gare du chemin du Nord et avec la rive droite de l'ancien Danube, de manière à pouvoir transporter facilement et rapidement les matériaux jusqu'au lieu d'emploi.

A propos des fondations à l'air comprimé, nous rappellerons que nous avons publié, dans notre n° 30 (année 1883), une étude de M. Montagnier sur un système de caissons démontables. M. Schmoll, ingénieur à Vienne (Autriche), nous a communiqué, à propos de cet article, une note dont nous croyons devoir résumer les principaux points afin de permettre à ceux qui s'occupent de cette importante question de connaître les opinions diverses des personnes compétentes.

M. Schmoll fait d'abord remarquer que l'idée d'employer des caissons démontables est fort ancienne, puisqu'elle est due à l'ingénieur français, M. Fleur Saint-Denis.

Lors de la construction du pont de Kehl (en 1850) on a cherché à évaluer par le calcul l'économie qui pourrait résulter du réemploi des caissons, mais on a trouvé que les dépenses occasionnées par la démolition dépasseraient la valeur de ces caissons, même après plusieurs réemplois.

On a fait observer, et tout le monde est d'accord sur ce point, que l'homogénéité du corps des fondations était altérée par l'incorporation du fer et que le remplissage de la chambre de travail avec du béton ne réussissait pas toujours bien, malgré tout le soin qu'on peut apporter dans cette opération. Mais quel résultat obtiendra-t-on, lorsque, pour faire le remplissage de la chambre on emploiera, au lieu de béton, qu'on fabrique à l'extérieur, de la maçonnerie de moellons avec revêtement en pierres

de taille? Cette maçonnerie étant faite nécessairement à l'intérieur du caisson et dans l'air comprimé, sa solidité peut être considérée comme fort problématique.

Il importe aussi de remarquer que si l'on veut réemployer les caissons de fondations, il faut : 1° augmenter la hauteur de la chambre de travail ; 2° Donner à l'enveloppe du caisson une résistance plus considérable, c'est-à-dire prendre une tôle plus épaisse, et par suite augmenter le poids de la partie métallique. Il faut compter de ce chef un supplément de poids de 50 0/0. Ajoutons qu'il sera encore nécessaire d'augmenter la solidité et la résistance de l'échafaudage sur pilotis qui supporte le caisson.

L'expérience a prouvé que les fouilles et les chargements des déblais dans l'air comprimé (non compris le transport) exigent, suivant la nature du terrain, le double ou le triple du temps nécessaire dans le cas où on opère à l'air libre. Si, de plus, on observe que le coût de la main d'œuvre est le double de celui réclamé pour un travail à découvert, il faudra majorer les prix de la maçonnerie exécutée dans l'air comprimé. Or ce prix a été reconnu être le quadruple de celui d'une maçonnerie ordinaire.

Nous donnons ci-dessous la comparaison des dépenses réelles et de la durée du travail pour une construction faite dans les conditions ordinaires et pour une construction suivant le système nouveau, c'est-à-dire avec réemploi du caisson.

L'exemple choisi s'applique à la construction de 5 massifs de fondation analogues à ceux des piles du pont du chemin de fer du Nord-Ouest sur le Danube à Vienne (Autriche).

Un pareil corps de fondation présente une base de 85<sup>m</sup>,32 et une circonférence de 42<sup>m</sup>,84. Dans le cas où on voudrait réemployer le caisson, il faudrait donner à la base du massif une surface de 104<sup>m</sup>,66; et la circonférence mesurerait alors 45<sup>m</sup>,90.

	FONDATIONS	
	AVEC CAISSON ORDINAIRE	AVEC CAISSON A RÉEMPLOYER
Caisson et enveloppe en tôle.....	3.000 quint. m.	1.130 quint. m.
Fouille dans l'air comprimé.....	5.120 m. cub.	6.280 m. cub.
Béton dans l'air comprimé.....	723 —	»
— exécuté à l'air libre.....	393 —	»
Maçonnerie de moellons dans l'air comprimé.....	100 —	4.862 —
Maçonnerie de moellons à l'air libre.....	3.861 —	»
Pierres de revêtement à l'air libre.....	895 —	»
— dans l'air libre.....	»	1.110 —

De plus il est bien rare que les bases des diverses piles d'un pont soient exactement de même forme et qu'il ne soit pas nécessaire de faire des modifications au caisson qui doit être réemployé plusieurs fois.

Sans faire entrer en cause cette dernière observation, nous avons dressé le tableau suivant qui permet d'apprécier comparativement les dépenses (en tant pour cent) de l'outillage et en général tous les frais dans le cas de caissons pour chaque pile ou d'un caisson unique servant successivement pour la construction de ces piles.

	FONDATIONS	
	(a) AVEC CAISSONS ORDINAIRES	(b) AVEC CAISSON A RÉEMPLOYER
Caisson et enveloppe en tôle (y compris le déplacement du caisson dans le cas b).....	0.556	0.665
Fouilles dans l'air comprimé.....	0.310	0.244
Exécution des maçonneries.....	0.104	0.478
Quote-part pour l'amortissement de l'outillage et du caisson.....	0.140	0.373
Totaux.....	1.000	1.160
Durée du travail suivant détail estimatif.....	1 année	2 années

Les chiffres de la colonne b comprennent le prix d'acquisition du caisson à réemployer.

Les dépenses de transport du caisson d'une pile à l'autre

figurent en regard des prix d'acquisition du caisson qui reste dans les fondations.

Dans les deux cas, on a négligé les frais généraux, ainsi que le coût des échafaudages.

Les chiffres contenus dans le tableau ont été établis en désignant par 1 les frais réels pour les 5 fondations par la méthode pneumatique ordinaire, y compris caissons et enveloppes, mais non compris le mortier, les pierres et les échafaudages.

De ce qui précède, il résulte qu'il n'y a aucun avantage à réemployer les caissons de fondations. On arrive même à démontrer que cette méthode est désavantageuse lorsque le pont admet un trop grand nombre de piles.

Le système du réemploi du caisson procurerait peut-être une économie dans le cas où il s'agirait de fonder un certain nombre de piles dans un cours d'eau de peu de profondeur et seulement à 5 mètres au-dessous du niveau de l'eau, lorsque le délai d'exécution est suffisamment long. Mais même dans ce cas il serait préférable d'employer le fonçage par puits ouverts ou encore l'ancienne méthode par batardeaux.

**Procédé de fondation pour murs de quai.** — Les murs de quai du bassin du port de commerce de Rochefort, qui sont établis sur l'emplacement d'une prairie marécageuse, ont été fondés par un procédé qu'il est intéressant de faire connaître.

Ces murs sont formés de voûtes en plein cintre de 9<sup>m</sup>,20 d'ouverture reposant sur des piliers de 8 mètres de largeur et de 5 mètres d'épaisseur.

Pour fonder ces piliers dont quelques-uns ont des dimensions plus considérables que celles que nous venons d'indiquer, on a creusé des puits à l'air libre et, dans certains cas, à l'air comprimé.

Lorsqu'on pouvait opérer à l'air libre, on pratiquait dans le terrain naturel (qui est inconsistant) une tranchée à talus inclinés.

Au fond de cette tranchée, on alignait les puits à construire dont les premières assises étaient élevées sur le terrain même jusqu'à 3 mètres de profondeur.

La maçonnerie a été faite en moellons bruts avec mortier de ciment de Portland, dosé à raison de 350 kilog. de ciment pour un mètre cube de sable.

Lorsque cette maçonnerie était sèche, ce qui exigeait un laps de temps d'une quinzaine de jours environ, on faisait descendre les puits en enlevant la terre intérieurement, à l'aide de bennes manœuvrées par des treuils; on épuisait l'eau avec des pompes ou avec des pulsomètres. La vapeur nécessaire au fonctionnement de ces appareils était fournie par une chaudière placée à proximité et amenée par des tuyaux flexibles.

On n'a eu recours à l'air comprimé que dans les cas où l'épuisement ne pouvait s'effectuer facilement ou lorsqu'il y avait des rentrées de vase trop abondantes. Il a fallu alors ménager dans la partie inférieure du puits une chambre de travail voûtée avec cheminée d'accès. En disposant convenablement les choses, il était possible de maintenir dans les chambres une pression de une atmosphère et demie.

Le prix d'entreprise de ces constructions s'est élevé à 12 fr. 46 par mètre cube de déblais mesurés sur le volume du puits tout compris.

Certains puits descendent jusqu'à 24 mètres au-dessous du niveau du sol naturel.

Le système de fondation dont nous venons d'indiquer le principe a été appliqué au Havre pour la construction des quais du nouveau bassin à flot.

**Barrages de la Kanawha.** — Dans notre numéro du mois de janvier dernier (pages 1276 et 1277) nous avons reproduit, d'après l'*American Engineer*, un article ayant pour titre : *Nouveau système de barrages mobiles construits en Amérique pour l'amélioration du fleuve Kanawha.*

Tous ceux de nos lecteurs qui s'occupent de la question des barrages mobiles ont dû remarquer que ce prétendu *nouveau système* ne présentait absolument rien de nouveau. Il repro-

duit simplement les premiers types des barrages les plus anciens construits en France sur la Seine par Chanoine en 1855, c'est-à-dire depuis plus de trente ans. La glissière à simple effet, qui a toujours été appliquée par Chanoine, est même supprimée dans le type de la Kanawha. Elle est remplacée par un simple heurtoir analogue à celui qui était appliqué en France par The-nard, vers 1845, avant l'invention des hausses Chanoine.

Quant aux perfectionnements importants qui ont été apportés depuis à l'œuvre de Chanoine, ils paraissent avoir été complètement ignorés ou méconnus par les auteurs des barrages de la Kanawha.

Dans ces barrages, l'axe de rotation de la contre-fiche est au-dessus de l'axe de la hausse comme dans les barrages primitifs de Chanoine. Or, les ingénieurs français ont montré, depuis plus de quinze ans, qu'il est infiniment préférable de disposer les deux rotations de la hausse et de l'arc-boutant suivant un axe unique. Cette disposition a été appliquée au barrage de l'île Barbe sur la Saône et elle a été toujours adoptée depuis.

D'un autre côté, les barrages de la Kanawha manœuvrent avec l'ancienne barre à talons des premiers barrages Chanoine. Or, un autre ingénieur français, M. Pasqueau, a imaginé, depuis 1872, une *glissière à deux crans* qui permet de supprimer complètement la barre à talons et les graves inconvénients qu'elle présente. Elle permet de relever et d'abaisser chaque hausse indépendamment de la hausse voisine par un seul mouvement de traction sur la chaîne de culasse. Cette disposition ingénieuse réalise une économie considérable dans la construction et elle simplifie singulièrement les manœuvres. M. Pasqueau l'a appliquée avec un complet succès au grand barrage qu'il a construit sur la Saône à la Mulatière, près de Lyon, et qui fonctionne parfaitement depuis plus de trois ans.

Ce perfectionnement remarquable est également connu aux Etats-Unis depuis plus de six ans. Il est appliqué au grand barrage de 400 mètres d'ouverture, que MM. Merill et Mahan, ingénieurs de l'armée des Etats-Unis, construisent en ce moment sur l'Ohio, à Davis-Island. Ce barrage est terminé; il sera mis en service dès que les portes de l'écluse seront en place.

On voit donc que le « nouveau système » des barrages de la Kanawha n'est pas nouveau. Il reproduit toutes les imperfections des systèmes les plus anciens, sans tenir aucun compte des perfectionnements importants apportés depuis plus de trente ans par les ingénieurs français, aux types primitifs de Chanoine.

*Loin de constituer un progrès, il constitue un retour en arrière, un perfectionnement à reculons.*

Les ingénieurs de la Kanawha l'ont du reste reconnu eux-mêmes, et ils appliquent maintenant le système Pasqueau, ainsi que cela résulte très clairement d'une importante conférence faite le 6 décembre dernier, par M. le professeur Lewis M. Haupt devant la Société des ingénieurs de Philadelphie, et publiée depuis peu dans le *Copyrighted Proceedings of the Engineer's Club of Philadelphia*.

M. Lewis M. Haupt dit en effet textuellement :

« Il est donc évident qu'un système (le système de la Kanawha, décrit dans notre numéro de janvier) basé sur ce mécanisme, n'a qu'une application limitée et n'est pas approprié aux exigences de la navigation intérieure américaine; mais l'invention du heurtoir Pasqueau est arrivée heureusement à temps pour nous rendre de grands services, et son adoption par les ingénieurs de l'Etat, à laquelle il a été déjà fait allusion, a préservé les barrages de la Kanawha de nombreuses difficultés et des avaries possibles.

« En ce qui concerne l'emploi des heurtoirs Pasqueau, à l'écluse et au barrage n° 5 sur la Kanawha (1), le capitaine Congbill rapporte de l'ingénieur en chef, page 922, vol. 1, 1882, qu'il fut abaissé par 7 hommes en 2 heures 3/4)..... Des prépa-

» ratifs étaient faits pour le relever, le 23 septembre 1881, quand on s'aperçut que la section de l'écluse manœuvrée à l'aide de la barre à talon avait besoin d'être reculée d'environ 10 centimètres, etc..... (On brisa la barre à talon en essayant de la manœuvrer de force et on l'arracha de ses guides). L'ordre ayant déjà été donné d'essayer les heurtoirs Pasqueau sur une section de l'un des barrages n° 4 ou n° 5, la barre cassée fut ôtée entièrement et des mesures furent prises pour placer les heurtoirs perfectionnés sur toute la section..... Trois des nouveaux heurtoirs furent placés à la dernière retenue. Il y a maintenant 14 de ces nouveaux heurtoirs. Il faudra plus de deux semaines, avec des eaux basses et claires, pour placer le reste des heurtoirs, soit 18... Les heurtoirs Pasqueau sont adaptés aux vieilles glissières... On espère que les nouveaux heurtoirs seront une amélioration incontestable (1). »

M. A. M. Scott, ingénieur auxiliaire, dit : (2) « Le barrage est resté levé pendant 111 jours durant l'année (1882-1883). La pose des heurtoirs Pasqueau sur la section de l'écluse a été achevée le 12 août 1882, et le barrage entièrement levé le 15. En l'abaissant, (31 août) la barre à talon de la section du large a refusé d'agir, et la section Pasqueau fut abaissée la première. Les 34 hausses furent abaissées en 1 h. 35'. (Elles ont depuis été abattues comme il est dit plus loin en beaucoup moins de temps.) Après cela, les 28 hausses de la section du large furent abaissées en tirant fortement du haut du pont avec un treuil et en dégageant les contrefiches au moyen d'un bateau placé à l'aval; le temps employé pour l'abaissement a été de 3 h. 55'.

« Ainsi les hausses de la passe, en eau profonde, manœuvrées avec le heurtoir Pasqueau furent abattues en 28 chancune, tandis que les hausses du déversoir, bien que moitié moindres en grandeur, ont demandé 8'4 pour être abattues à la main sans l'emploi de la barre à talon.

« Le 11 septembre, après une pluie torrentielle et exceptionnelle, on dut recourir à l'abatage du barrage. L'ordre de commencer fut donné par le téléphone à 9 h. 40' du matin, et l'abatage s'opéra tout d'abord sur la section de l'écluse (Pasqueau). Ces 34 hausses furent abattues sans difficulté en 1 h. 20'. L'eau s'éleva si vite que, malgré l'abatage des 34 hausses, elle arriva presque au niveau de celle qui était restée debout; le « back lash » et le « roll » situés au-dessous du barrage furent si mauvais qu'il fut impossible d'abattre les hausses de la section du large (la barre à talon n'était pas en bon état). Il en fut de même pour les hausses du déversoir (elles étaient toutes en bascule). On décida donc d'abaisser les passerelles et de laisser levées les 28 hausses de la passe et toutes les hausses du déversoir. Les passerelles furent en effet abaissées et enlevées à 1 h. 30' du soir. L'eau atteignit sa plus grande hauteur le 13 septembre (environ 5 m. 94 au-dessus de l'étiage) et commença à diminuer le 16, aussitôt que les 28 hausses de la passe furent abattues. La crue des eaux ne causa aucun dommage ni aux hausses de la passe ni à celles du déversoir.

« Les choses étant ainsi, les 34 hausses Pasqueau qui étaient prêtes, furent abattues de la passerelle en 80 minutes. (Elles l'ont été depuis en beaucoup moins de temps. Le 23 novembre 23 d'entre elles furent abattues en 20' malgré une chute d'eau d'environ 0 m. 61) ..... Il est évident que même dans ces circonstances extraordinaires, si l'on avait des heurtoirs Pasqueau à toutes les hausses de la passe et à toutes celles du déversoir, le barrage en entier pourrait être sûrement abaissé en 9 h. 40' y compris le temps perdu..... L'expérience de l'année a démontré le plein succès des heurtoirs Pasqueau appliqués particulièrement à cette rivière et leur supériorité incontestable sur les barres à talon qui y étaient

(1) Extrait de l'appendice G, Rapport du capitaine E.-H. Ruffner au col. Congbill Rapport de l'ingénieur en chef, page 922, vol. 1, 1882.

(1) La section de l'écluse manœuvrée à l'aide de la barre à talon et 15-24 de la section du déversoir furent remplacés par 46 heurtoirs Pasqueau. Le barrage resta levé pendant 121 jours de l'année.

(2) Dans le rapport de l'ingénieur en chef, 1<sup>o</sup> partie, page 712, 1883.

» employées. En fait, la prudence commande d'éviter l'emploi  
 » des barres à talon dans les constructions futures et de se  
 » débarrasser aussitôt que possible de celles qui sont déjà en  
 » usage. »

En résumé, il résulte de cette citation textuelle :

1° Que les ingénieurs de la Kanawha ont été conduits à substituer sur tous leurs barrages le système Pasqueau au système qu'ils avaient établi d'abord ;

2° Que les hausses Pasqueau de 4 mètres de hauteur ont toujours été manœuvrées très facilement et très rapidement pendant les plus fortes crues, alors que les hausses Chanoine beaucoup plus petites maintenues sur les déversoirs de ces mêmes barrages refusaient de manœuvrer et brisaient leurs barres à talons ;

3° Que les ingénieurs de la Kanawha reconnaissent la nécessité de substituer partout des heurtoirs Pasqueau aux barres à talons qui subsistent encore sur quelques parties de leurs barrages.

Ajoutons, en terminant, qu'il est très regrettable de voir les Américains s'attribuer le mérite d'inventions françaises : en exprimant ce regret, nous n'émettons pas seulement une opinion personnelle, nous nous faisons l'écho des réclamations qui nous ont été adressées par plusieurs de nos abonnés, occupant dans les Ponts et Chaussées un rang distingué.

**Renseignements pratiques sur la construction des édifices. — Préservation des murs contre l'humidité (fin).** — En ce qui concerne le mode de construction des planchers des caves, le meilleur procédé consiste à établir d'abord une couche de mastic d'asphalte, et à poser dessus des briques que l'on recouvre ensuite avec de l'asphalte. On constitue de la sorte un plancher excellent qui empêche l'humidité du terrain de pénétrer dans la pièce. Dans certains cas on sera amené à recouvrir le sol d'une couche de béton de ciment de 0<sup>m</sup>,075 à 0<sup>m</sup>,150 d'épaisseur et à poser ensuite sur cette couche de béton du mortier de ciment ou du mastic d'asphalte.

L'asphalte est, comme l'on sait, un produit naturel ; les entrepreneurs le remplacent quelquefois par un mélange de poix végétale ou de goudron avec de la chaux.

Dans le cas où les sous-sols sont planchés, les planches sont posées directement sur des solives encastrées dans du béton ; lorsque ces solives reposent sur un massif général de béton et que les murs du bâtiment sont construits avec des briques creuses, il existe forcément une circulation d'air sous le plancher, ce qui est très favorable à la conservation de ce dernier. Lorsqu'on veut obtenir d'excellents planchers, il convient de les doubler en intercalant entre eux du papier goudronné.

Dans le cas où les solives ne sont pas encastrées dans le massif de béton, mais seulement posées dessus, on cloue sur leurs côtés de petits tasseaux, et sur ces tasseaux on pose des planches de sciage de façon à constituer ainsi un faux plancher distant du vrai plancher de 5 à 7 centimètres. Dans cet intervalle on introduit de la laine minérale (faite avec les scories des hauts-fourneaux). Cette laine minérale oppose un obstacle tout à fait efficace au séjour des insectes ; c'est une matière incombustible et mauvaise conductrice de la chaleur. Il faut se garder cependant de l'employer dans les lieux humides, attendu qu'elle est très hygrométrique. Dans ce dernier cas, on peut la remplacer avantageusement par de l'amiante.

Il est presque inutile de faire remarquer que les eaux de pluie et d'éviers doivent être conduites dans des rigoles d'écoulement qui les empêchent de pénétrer dans le sol qui environne le bâtiment et, par suite, dans les murs de ce bâtiment. Les tuyaux de descente des eaux doivent donc être mis en communication di-

recte avec l'égoût. On les fait en fonte avec joints scellés au plomb, ou en fer, avec joints boulonnés.

*Sanitary Engineer.*

## Choses Nouvelles

### Règle servant à transformer les grades et fractions de grades en degrés et fractions de degrés, et réciproquement.

Au moment où se présente comme question à l'ordre du jour la substitution du système centésimal au système sexagésimal, pour la division de la circonférence, nous croyons opportun de donner aux lecteurs des *Annales* la primeur d'une règle de conversion imaginée par l'ingénieur H. Bonnami, bien connu par ses études relatives à la tachéométrie, et auquel nous cédon la place pour l'exposé clair et succinct de sa nouvelle invention.

« Possédant une règle identique à la règle à calcul ordinaire, mais non gravée et de 0<sup>m</sup>,40 de longueur, on prend sur la partie supérieure, à partir de la gauche, une longueur de 0<sup>m</sup>,36 que l'on divise d'abord en 100 parties égales ; chaque division ainsi obtenue a 0<sup>m</sup>,0036 de longueur et représente un grade ; elle est ensuite subdivisée en 4 parties égales, de sorte que les nouvelles petites divisions représentent chacune 1/4 de grade ou 0 g. 25. La longueur de chacune de ces subdivisions est constante et égale à  $\frac{0^m,0036}{4}$  ou à 0<sup>mm</sup>,9 (neuf dixièmes de millimètre), et par conséquent rien n'est plus simple, avec les machines à diviser actuelles, que d'exécuter cette division (fig. 1).

Sur la partie inférieure, à partir de la même origine, on porte également une longueur de 0<sup>m</sup>,36, que l'on divise en 90 parties égales. Chaque division obtenue a 0<sup>m</sup>,004 de longueur et représente un degré ; on subdivise ensuite en 4 parties égales et les nouvelles petites divisions ont toutes la longueur constante de  $\frac{0^m,004}{4}$  ou 1 millimètre, et représentent 1/4 de degré ou 15'.

Les extrémités de la règlette mobile coïncident exactement avec les extrémités de la règle ; on grave à la gauche de cette règlette : 1° à la partie supérieure un vernier au  $\frac{1}{25}$  (25 divisions du vernier équivalant en longueur à 24 divisions de la règle), afférent à l'échelle supérieure de la règle ou échelle des grades ; 2° à la partie inférieure un vernier au  $\frac{1}{30}$  (30 divisions du vernier équivalant en longueur à 29 divisions de la règle) afférent à l'échelle inférieure de la règle ou échelle des degrés.

Ces deux verniers ont rigoureusement leur origine sur la ligne « zéro » des échelles.



Fig. 1.

Au moyen de l'échelle des grades et du vernier supérieur on peut estimer un nombre de grades et fractions de degrés à  $\frac{0^g,25}{25}$  ou 0<sup>g</sup>,01 et à 0<sup>g</sup>,005 par la considération de deux divisions consécutives.

Au moyen de l'échelle des degrés et du vernier inférieur, on peut estimer un nombre de degrés et fractions de degrés à  $\frac{15}{30}$

ou 30° et à 15° par la considération de deux divisions consécutives.

Par suite, par un simple mouvement de la coulisse, on exprimera l'angle en grades à transformer, à  $\frac{1}{2}$  centième près, et par une simple lecture on trouvera les degrés, minutes et secondes qui expriment cet angle et à 15" près; et réciproquement, en exprimant un angle en degrés et fractions de degré à 15" près, on trouvera l'angle correspondant en grades et fractions de grades à  $\frac{1}{200}$  de grade près.

Cette règle est donc fort simple, elle n'est qu'une application du vernier, système d'une théorie mathématique et d'une pratique journalière. »

Nous ajouterons que sa longueur (0<sup>m</sup>,40) la rend maniable et portable, qu'elle peut servir pour la conversion de tout arc renfermant un nombre quelconque de quadrants, nombre fractionnaire, parce que, pour chaque quadrant complet, 100° et 90° étant équivalents, la conversion ne peut porter que sur une fraction de quadrant comprise entre 0° et 100° et entre 0° et 90°; par suite, la règle suffit pleinement pour cette conversion complémentaire et partielle.

En doublant les divisions de la règle on arriverait à une approximation double, mais l'approximation actuelle suffira généralement, parce qu'elle se rapproche assez de celle donnée par les instruments qui servent au levé des angles.

## Bibliographie

### Traité pratique d'Electricité appliquée à l'exploitation des chemins de fer.

La librairie scientifique de E. Bernard et C<sup>e</sup>, imprimeurs-éditeurs à Paris (rue Lacondamiae, 71), vient de faire paraître en un volume de 360 et quelques pages, contenant 250 figures intercalées dans le texte, un traité spécial qui, conçu et rédigé par un homme du métier et dans un but didactique, présente dès lors le double caractère, tant de l'utilité immédiate pour les agents appelés par leur emploi à suivre, utiliser ou contrôler les applications de l'électricité, que de l'attrait technique pour les personnes, qui, sans y avoir un intérêt aussi direct, peuvent être amenées à s'occuper incidemment de ces matières ou du moins désirer qu'elles ne leur restent pas étrangères, en raison de leur contiguïté avec l'ensemble de la question des chemins de fer.

Cette étude est due à G. Dumont, ingénieur des arts-et-manufactures et professeur à l'École des hautes études commerciales, que ses fonctions d'Inspecteur Principal, chargé des services de la télégraphie, de la chronométrie et de l'éclairage à la Compagnie des chemins de fer de l'Est mettaient à même de s'en tirer avec succès.

L'auteur se trouvait, on peut le dire, dans son élément, pour faire œuvre de sélection sur le chantier, écarter les considérations spéculatives, condenser les notions-mères, faire en un mot un véritable cours, imprimé pour le besoin d'auditeurs forcément éloignés.

Déjà dans l'ouvrage relatif à l'Exposition universelle de 1878, écrit en collaboration d'un autre ingénieur des arts et manufactures et professeur de technologie, G. Cerbelaud, on rencontrait du même auteur des articles très intéressants sur les applications de l'Electricité à la marine et à l'art militaire, à l'éclairage des phares, des ateliers, à la fabrication des conducteurs électriques et des câbles souterrains; on retrouvera ici, en outre de la même clarté de style et de la même élégance d'exposition, tout un plan rationnel par l'exposé duquel doit commencer cette rapide analyse.

Le livre est divisé en quatorze chapitres sur lesquels, plus tard, nous nous arrêterons séparément, après le coup d'œil jeté présentement sur l'objectif de chacun d'eux.

Le premier chapitre donne des notions préliminaires sur les divers modes de considérer l'électricité suivant son état stati-

que ou dynamique, sur le magnétisme, l'électro-magnétisme, l'induction, etc.; c'est en un mot l'entrée en matière pour l'intelligence de la question; le deuxième chapitre est consacré à la construction des lignes télégraphiques; le troisième l'est à la production de l'électricité; le quatrième traite de la télégraphie considérée dans ses principaux appareils, boussoles, récepteurs, manipulateurs, relais, avertisseurs, rappels et commutateurs; le cinquième chapitre a une portée toute particulière; il a pour but d'indiquer les recherches des dérangements dans les appareils, les moyens d'y remédier, également les conditions de réception des appareils neufs. Ce chapitre constitue à lui seul un véritable *vade mecum* que tout agent doit conserver avec lui comme un conseil en permanence. Le sixième chapitre traite des téléphones dont l'invention commence à faire quelque concurrence au télégraphe et lui sera toujours un puissant auxiliaire, si elle ne parvient à le détrôner. Le septième chapitre passe en revue les appareils électriques de correspondance entre les postes d'aiguilleurs, correspondance qui a dû en venir à de semblables moyens en raison de la complication toujours croissante des aiguillages et des manœuvres. Le huitième chapitre est un aperçu très original sur l'unification de l'heure, question à l'ordre du jour dans les Compagnies.

Le neuvième chapitre examine les appareils de contrôle du fonctionnement des disques et les disques électriques; on entre en plein dans les études qui intéressent au plus haut degré les services d'exploitation; il en est de même des chapitres dix, onze et douze, qui se rapportent au contrôle de l'aiguillage exécuté à distance, au Block-System, aux appareils Tyer, aux cloches électriques, en d'autres termes à tout ce que l'on a pu imaginer jusqu'à ce jour pour protéger les manœuvres et la marche des trains.

Le chapitre treize attaque une question encore à l'étude, celle de l'intercommunication des véhicules composant un convoi, condition qui intéresse la sécurité des voyageurs, en cas d'incendie, d'accident sanitaire ou de tout attentat pouvant avoir lieu sur des sujets isolés en des compartiments de wagons. Enfin, le chapitre quatorze s'attache à une application de l'électricité appelée à un grand avenir, c'est-à-dire à l'éclairage électrique, et probablement destinée à remplacer le mode actuel jusque dans les trains de chemins de fer, réalisation qui n'est cependant pas facile à obtenir en raison de la composition ou de la décomposition, en cours de route, de la plupart des convois, par addition ou abandon de voitures, opération qui, dans un cas comme dans l'autre, a l'inconvénient d'interrompre le fonctionnement des systèmes d'éclairage essayés jusqu'à ce jour. La suite du chapitre renferme, en outre, et comme pièces à l'appui de l'ouvrage entier, des instructions relatives à l'emploi du télégraphe Morse, des tables de conductibilité, des tables d'équivalents chimiques et électro-chimiques, ainsi que la nomenclature des piles principalement en usage, avec leurs composition et rendement.

Comme on le voit par cet exposé abrégé, tout ce qui peut intéresser les chemins de fer a été passé en revue et dans un classement méthodique qui permettra au lecteur d'étudier par lui-même l'ensemble de toutes ces applications. Ce travail forme donc à la fois un guide et un memento, un initiateur à toutes les connaissances que les agents d'exploitation doivent acquérir à fond, et que leurs aboutissants ont intérêt à posséder sommairement; il est en outre, un manuel à consulter dans maintes occasions; et l'on comprendra encore mieux l'existence et la justification de ce double rôle, en examinant de plus près, dans chaque chapitre, les sujets abondants et variés, ainsi que que nous allons le faire dans la suite de cette étude, maintenue, autant que possible, en plein milieu de progrès et d'actualité.

(A suivre.)

Le Directeur Gérant : EDOUARD CAHEN.

Paris. — Imprimerie Schiller, 10 et 11, faubourg Montmartre.

# Les Annales des Travaux Publics

REVUE UNIVERSELLE DE L'OUTILLAGE DES TRAVAUX PUBLICS ET DES PROCÉDÉS DU GÉNIE CIVIL

Paraissant du 1<sup>er</sup> au 10 de chaque mois

L'ABONNEMENT D'UN AN

Paris . . . . . 20 fr.  
Départements . . . . . 24 fr.  
Etranger . . . . . 28 fr.

Publiées par le JOURNAL DES TRAVAUX PUBLICS

35, RUE LE PELETIER, A PARIS

L'ANNONCE D'UN AN

Une page entière . . . . . 1000 fr.  
Une demi-page . . . . . 500 fr.  
Un quart de page . . . . . 300 fr

Les abonnements sont reçus à Paris au bureau du Journal des Travaux Publics, 35, rue Le Peletier, et, dans les départements, chez tous les libraires.

N° 64

Avril 1885

6<sup>e</sup> Année

## SOMMAIRE

ETUDES DIVERSES. — Détermination précise de la stabilité des murs de soutènement et de la poussée des terres (suite). — Etudes sur la construction et l'aménagement des ports de commerce (suite et fin, pl. CXXVII et CXXVIII). — Consolidation des terrains ébouleux par masses. — Outillage des travaux publics : Ventilateurs Blackman (1 fig.); Pompe à vide pour vidange atmosphérique (1 fig.).

CHRONIQUE FRANÇAISE. — Le Métropolitain de Paris (1 fig.).

CHRONIQUE ÉTRANGÈRE. — L'éboulement de la ligne de Bellegarde à Genève (3 fig.). — Résultats d'expériences pour empêcher le desserrage des boulons d'éclisses (10 fig.). — Voies métalliques pour tramways et pour chemins de fer économiques ou vicinaux — Méthode employée pour renforcer les culées d'un grand pont (2 fig.). — Etudes sur la construction de viaducs et d'aqueducs pour routes en Amérique (7 fig.). — Amélioration du fleuve Hudson (3 fig.). — Jetée sur pieux à vis construite à l'embouchure de la Delaware. — Pont construit sur le Niagara (4 fig.).

CORRESPONDANCE. — La lumière électrique.

BIBLIOGRAPHIE. — Ouvrages relatifs à la construction des chemins de fer.

### Détermination précise de la stabilité des murs de soutènement et de la poussée des terres

Suite.

Il sera maximum, quand le terme variable  $\frac{h(h - \sqrt{A^2n^2 + 4B})}{2n}$  sera minimum, le terme  $\frac{hA}{2}$  étant constant pour le mur rectangulaire donné; en effet, le terme  $\frac{h(h - \sqrt{A^2n^2 + 4B})}{2n}$  doit être négatif, car si on le supposait égal à zéro, on aurait  $E = \frac{hA}{2} = \frac{h}{2} > 2b \left(1 + \frac{fQ}{tb + \pi}\right) = hb \left(1 + \frac{fQ}{tp + \pi}\right)$ , ainsi E serait plus grand que  $hb$  qui est la surface du mur rectangulaire; on arriverait ainsi à une absurdité; le terme  $\frac{h(h - \sqrt{A^2n^2 + 4B})}{2n}$  doit donc être négatif.

D'autre part, on ne peut poser  $E = 0$ , tant que le point M ne sera pas au milieu de la ligne OC; en outre, on a vu que, si le fruit passe par le milieu de OC, l'équation des moments ne reste plus la même, la stabilité augmentant pour le mur trapézoïdal, donc E n'est pas nul et sa plus grande valeur correspond au minimum du terme  $\frac{h(h - \sqrt{A^2n^2 + 4B})}{2n}$ .

Soit

$$y = \frac{h(h - \sqrt{A^2n^2 + 4B})}{2n} = \frac{h(h - \sqrt{A^2n^2 + 4B})}{2}$$

le facteur  $\frac{h}{2}$  n'entre pas dans la différentiation et le facteur variable  $\frac{h - \sqrt{A^2n^2 + 4B}}{n}$  peut être différentié, soit par la règle du quotient, soit comme la somme algébrique des deux termes  $\frac{h}{n}$  et  $\frac{-\sqrt{A^2n^2 + 4B}}{n}$ , on aura donc :

$y' = \frac{h}{2} \left( \text{dér} \frac{h}{n} - \text{dér} \frac{\sqrt{A^2n^2 + 4B}}{n} \right)$   
La dérivée de  $\frac{h}{n}$  est  $-\frac{h}{n^2}$ , la dérivée de  $\frac{\sqrt{A^2n^2 + 4B}}{n}$  est égale

à la dérivée de  $\sqrt{\frac{A^2n^2 + 4B}{n^2}}$  ou de  $\sqrt{A^2 + \frac{4B}{n^2}}$ .

La dérivée de ce radical est

$$\frac{1}{2\sqrt{A^2 + \frac{4B}{n^2}}} \times \text{dér} \left( A^2 + \frac{4B}{n^2} \right)$$

ou

$$\frac{1}{2\sqrt{A^2 + \frac{4B}{n^2}}} \times -\frac{8B}{n^3}$$

ou

$$-\frac{8B}{2n^3\sqrt{A^2 + \frac{4B}{n^2}}}$$

ou

$$\frac{-4B}{n^2\sqrt{A^2n^2 + 4B}}$$

d'où

$$y' = \frac{h}{2} \left( -\frac{h}{n^2} - \left( -\frac{4B}{n^2\sqrt{A^2n^2 + 4B}} \right) \right) = -\frac{h^2}{2} + \frac{2Bh}{n^2\sqrt{A^2n^2 + 4B}}$$

pour que  $y'$  soit nul, il faut que son numérateur soit nul ou que son dénominateur soit  $\infty$ ; l'hypothèse  $n = \infty$ , donnerait  $\frac{1}{n} = 0$  et alors le fruit n'existerait pas.

Posons donc

$$-\frac{h^2}{2} + \frac{2Bh}{\sqrt{A^2n^2 + 4B}} = 0$$

dès lors

$$\frac{2Bh}{\sqrt{A^2n^2 + 4B}} = \frac{h^2}{2}$$

ou

$$4B = h\sqrt{A^2n^2 + 4B}$$

ou

$$\frac{4B}{h} = \sqrt{A^2n^2 + 4B}$$

et

$$\frac{16B^2}{h^2} = A^2n^2 + 4B$$

d'où

$$\frac{16B^2}{h^2} - 4B = A^2n^2 = \frac{16B^2 - 4Bh^2}{h^2}$$

et

$$n^2 = \frac{16B^2 - 4Bh^2}{A^2h^2}$$

d'où

$$n = \frac{\sqrt{16B^2 - 4Bh^2}}{Ah} = \frac{2\sqrt{4B^2 - Bh^2}}{Ah}$$

mais

$$x = \frac{\sqrt{A^2n^2 + 4B}}{2n} = \frac{A}{2}$$

si on remplace  $n^2$  par la valeur précédente, il viendra

$$x = \frac{\sqrt{A^2 \frac{(16B^2 - 4Bh^2)}{2n} + 4B}}{2n} = \frac{\sqrt{A^2 \frac{16B^2 - 4Bh^2}{h^2} + 4B}}{2n} = \frac{\sqrt{16B^2 - 4Bh^2 + 4Bh^2}}{2nh} = \frac{4B}{2nh} = \frac{2B}{nh} = \frac{2B}{n} \frac{A}{h}$$

$$= \frac{2B \times Ah}{h \times 2 \sqrt{4B^2 - Bh^2}} = \frac{A \times B}{\sqrt{4B^2 - Bh^2}} = \frac{AB}{B \sqrt{4 - \frac{h^2}{B}}} = \frac{A}{\sqrt{4 - \frac{h^2}{B}}}$$

comme

$$\frac{1}{n} = \frac{Ah}{2 \sqrt{4B^2 - Bh^2}} = \frac{Ah}{2B \sqrt{4 - \frac{h^2}{B}}}$$

il vient finalement

$$E = \frac{h^2}{2n} - hx = \frac{h^2}{2} \times \frac{1}{n} - hx$$

$$= \frac{h^2}{2} \times \frac{Ah}{2B \sqrt{4 - \frac{h^2}{B}}} - hA \left( \frac{1}{\sqrt{4 - \frac{h^2}{B}}} - \frac{1}{2} \right)$$

$$= Ah \left( \frac{h^2}{4B \sqrt{4 - \frac{h^2}{B}}} + \frac{1}{2} - \frac{1}{\sqrt{4 - \frac{h^2}{B}}} \right)$$

$$= Ah \left[ \frac{1}{\sqrt{4 - \frac{h^2}{B}}} \left( \frac{h^2}{4B} - 1 \right) + \frac{1}{2} \right]$$

Si  $y' = 0$  donne lieu à un minimum pour la valeur de  $y$ , il faut que  $y''$  soit positif pour la valeur de  $n$  qui rend  $y' = 0$ ; cherchons la dérivée seconde en appliquant toujours la différentiation à une somme algébrique de fonctions

$$y' = -\frac{h^2}{2n^2} + \frac{2Bh}{n^2 \sqrt{A^2 n^2 + 4B}} = -\frac{h^2}{2n^2} + \frac{2Bh}{\sqrt{A^2 n^6 + 4Bn^4}}$$

La dérivée de  $-\frac{h^2}{2n^2}$  est  $-\left(-\frac{2h^2}{2n^3}\right)$  ou  $-\left(-\frac{h^2}{n^3}\right)$  ou  $\frac{h^2}{n^3}$

La dérivée de  $\frac{2Bh}{\sqrt{A^2 n^6 + 4Bn^4}}$  est  $-\frac{2Bh \times (6A^2 n^5 + 16Bn^3)}{2(\sqrt{A^2 n^6 + 4Bn^4})^3}$

D'après la règle qui donne :

$$\frac{dér}{\sqrt{U}} = \frac{-KU'}{2U^{\frac{3}{2}}} = -\frac{KU'}{2(\sqrt{U})^3}$$

La dérivée est donc :

$$\frac{2Bh(6A^2 n^5 + 16Bn^3)}{2(A^2 n^6 + 4Bn^4)^{\frac{3}{2}}} = -\frac{Bh(6A^2 n^5 + 16B)}{n^3(A^2 n^2 + 4B)\sqrt{A^2 n^2 + 4B}}$$

or d'après la relation

$$-\frac{h^2}{2} + \frac{2Bh}{\sqrt{A^2 n^2 + 4B}} = 0$$

$$\frac{4B}{h} = \sqrt{A^2 n^2 + 4B}$$

et

$$A^2 n^2 + 4B = \frac{16B^2}{h^2}$$

La dérivée ci-dessus revient donc à

$$-\frac{Bh(6A^2 n^5 + 16B)}{n^3 \left( \frac{16B^2}{h^2} \right) \frac{4B}{h}} = -\frac{Bh^2(6A^2 n^2 + 16B)}{n^3 \times 64B^3} = -\frac{h^2(3A^2 n^2 + 8B)}{n^3 \times 32B^2}$$

d'où

$$y'' = \frac{h^2}{n^3} - \frac{h^2(3A^2 n^2 + 8B)}{n^3 \times 32B^2} = \frac{h^2}{n^3} \left( 1 - \frac{3A^2 n^2 + 8B}{32B^2} \right)$$

cette dérivée sera positive si l'on a

$$\frac{h^2 \times (3A^2 n^2 + 8B)}{32B^2} < 1$$

ou

$$3A^2 n^2 + 8B < \frac{32B^2}{h^2}$$

ou en remplaçant  $n^2$  par sa valeur

$$3A^2 \frac{(16B^2 - 4Bh^2)}{A^2 h^2} + 8B < \frac{32B^2}{h^2}$$

ou

$$3(16B^2 - 4Bh^2) + 8Bh^2 < 32B^2$$

$$48B^2 - 12Bh^2 + 8Bh^2 < 32B^2$$

$$48B^2 - 4Bh^2 < 32B^2$$

$$16B^2 - 4Bh^2 < 0$$

et finalement

$$B < \frac{1}{4} h^2$$

or

$$B = \frac{\pi h^2}{3(tb + \pi)}$$

donc

$$\frac{\pi h^2}{3(tb + \pi)} < \frac{1}{4} h^2$$

ou enfin

$$\pi < 3tb$$

ou

$$\frac{\pi b}{2} < 3t \frac{b^2}{2}$$

or  $\frac{\pi b}{2}$  est le moment du poids du mur rectangulaire,  $3t \frac{b^2}{2}$  est le triple du moment de la résistance à l'arrachement pour ce même mur; cette relation sera satisfaite tant que l'on aura :

$$h < \frac{3t}{5}$$

En thèse générale on se donne *a priori* le fruit que l'on veut employer à l'extérieur et au lieu de transformer un mur rectangulaire, ayant la stabilité voulue, en un mur trapézoïdal de même stabilité et de section minimum, on calcule directement le mur trapézoïdal satisfaisant aux conditions de stabilité, sous le fruit donné et toujours pour la relation

$$2Q \times \frac{h}{3} = \frac{tx^2}{2} + \pi c + fQx$$

$\pi$  est égal à  $S\delta$ ,

$$S = \left( x + x - \frac{h}{n} \right) \frac{h}{2}$$

$$\pi = \left( x - \frac{h}{n} \right) h\delta$$

d'après le théorème des moments,  $c$  est égal à

$$\frac{x^2}{2} - \frac{h^2}{6n^2} : x - \frac{h}{2n}$$

et par suite

$$\pi c = h\delta \left( \frac{x^2}{2} - \frac{h^2}{6n^2} \right)$$

dès lors :

$$2Q \frac{h}{3} = \frac{tx^2}{2} + h\delta \left( \frac{x^2}{2} - \frac{h^2}{6n^2} \right) + fQx$$

mais

$$Q = \frac{dh^2}{2} \text{tg}^2 \frac{\alpha}{2}$$

d'où

$$2Q \frac{h}{3} = \frac{dh^3}{3} \text{tg}^2 \frac{\alpha}{2}$$

d'autre part

$$f = \text{tang} \alpha = \text{tang}(90^\circ - \alpha) = \text{cosec} \alpha = \frac{1}{\text{tang} \alpha}$$

d'où

$$fQ = \frac{dh^2}{2} \times \frac{\text{tg}^2 \frac{\alpha}{2}}{\text{tga}}$$

mais

$$\text{tga} = \frac{2\text{tg} \frac{\alpha}{2}}{1 - \text{tg}^2 \frac{\alpha}{2}}$$

d'où

$$fQ = \frac{dh^2}{2} \times \frac{\text{tg}^2 \frac{\alpha}{2} \left( 1 - \text{tg}^2 \frac{\alpha}{2} \right)}{2\text{tg} \frac{\alpha}{2}} = \frac{dh^2}{4} \left( \text{tg} \frac{\alpha}{2} - \text{tg}^3 \frac{\alpha}{2} \right)$$

l'équation devient finalement :

$$\frac{dh^2}{3} \text{tg}^2 \frac{\alpha}{2} = \frac{tx^2}{2} + h\delta \left( \frac{x^2}{2} - \frac{h^2}{6n^2} \right) + \frac{dh^2}{4} \left( \text{tg} \frac{\alpha}{2} - \text{tg}^3 \frac{\alpha}{2} \right) x$$

Equation du deuxième degré qui donnera la valeur de  $x$  et qu'il faudra résoudre en calculant séparément tous les coefficients de  $x$  et les termes indépendants et en opérant les réductions

en arithmétiques de manière à ramener l'équation à la forme célèbre  $x^2 + px + q = 0$ .

Si le muret est droit,  $\frac{1}{n} = 0$  et  $\frac{6h^2}{n^2}$  s'annule et le terme  $h\delta \left( \frac{x^2}{2} - \frac{h^2}{6n^2} \right)$  se réduit à  $\frac{h\delta x^2}{2}$  qui représente bien  $\pi c$ , car  $\pi = h x \delta$  et  $c = \frac{x}{2}$ .

On peut, dans tous les cas, conserver à la valeur  $fQ$  la forme  $f \frac{dh^2}{2} t g^2 \frac{a}{2}$  et prendre  $f$  dans les tables calculées à cet effet ou comme résultat d'une expérience directe.

Le mur calculé par cette relation aura donc un moment de stabilité suffisant, mais si on veut que ce mur ne tende pas à être dans une section faite par un plan horizontal, renversé plus facilement qu'en tournant autour de l'arête extérieure de son pied, au lieu d'un fruit unique, il devra comporter une série de fruits successifs formant à la limite une courbe. Ce profil porte alors le nom de profil d'égalité de résistance au renversement.

Ni Gobin, ni Dubosque ne donnent d'exemple de ce genre de calculs que nous supposons être le suivant.

(A suivre.)

## Etudes sur la construction et l'aménagement des ports de commerce

(SUITE ET FIN)

### Planches CXXVII et CXXVIII.

#### 3<sup>e</sup> Entrepôt de l'Union du Commerce à Rotterdam.

— Cet entrepôt, représenté sur les dessins des planches CXXVII et CXXVIII, mesure 197<sup>m</sup>,18 de longueur sur 36<sup>m</sup>,88 de largeur, et se compose d'un sous-sol et de 4 étages.

L'ensemble du bâtiment est divisé en 5 parties indépendantes, séparées les unes des autres par des murs à l'épreuve du feu, et faisant saillie de 2 mètres sur les façades longitudinales.

Chacune de ces parties est reliée avec les voies du quai et pourvue intérieurement d'escaliers et d'ascenseurs.

Devant le dock se trouve un quai de 13 mètres de largeur placé au niveau du rez-de-chaussée. Du côté opposé au quai se trouve une voie ferrée établie à 1<sup>m</sup>,12 au-dessous du niveau du plancher du rez-de-chaussée, afin que ce dernier soit dans le prolongement du plancher des wagons stationnant sur la voie de fer.

Les bâtiments sont traversés par des voies ferrées et une voie charretière perpendiculaires au quai. Enfin, de chaque côté de ces voies on a placé des quais de déchargement; les marchandises qui y sont déposées peuvent être élevées à tous les étages et passent à cet effet dans des ouvertures pratiquées dans les plafonds.

Le long du quai on a construit une galerie extérieure de 7 mètres de largeur, munie d'une marquise de 3 mètres. Au second étage il y a un balcon de 2 mètres de largeur et, enfin, sous les combles, on a placé de nombreuses poutres faisant saillie et portant à leurs extrémités des poulies pour pouvoir élever les marchandises.

Le quai est pourvu d'une voie de 3 mètres de largeur sur laquelle circulent deux grues hydrauliques roulant de dimensions colossales. Ces engins chargent les marchandises à une distance de 10 mètres de l'axe de la voie et les élèvent à une hauteur de 12<sup>m</sup>,60. Les grues peuvent être accouplées de façon à donner un travail double. La fig. 1 Pl. CXXVIII permet de se rendre un compte très exact de la manière dont s'exécute le travail; les marchandises déchargées des navires passent d'un étage au suivant, au moyen d'un échafaudage mobile indiqué en pointillé.

Les ascenseurs qui desservent l'intérieur des magasins sont mus par la pression hydraulique. Un système d'échelles fixes

placées près des portes permet au personnel des docks de s'échapper rapidement en cas d'incendie.

Les bâtiments sont fondés sur des pilotis de 14 à 18 mètres de longueur, de 28 à 32 centimètres de diamètre aux têtes, et 16 à 17 centimètres de diamètre à l'extrémité inférieure.

Les colonnes en fonte reposent sur des piliers en maçonnerie de 1<sup>m</sup>,20 de côté et qui s'élargissent à partir du niveau du plancher jusqu'à leur base. Chaque pilier repose à son tour sur 25 pieux. Au niveau de l'extrémité supérieure de ces pieux règne un grillage général en charpente sur lequel repose une maçonnerie de briques et ciment; cette première assise est recouverte d'une couche de sable de 0<sup>m</sup>,80 d'épaisseur, et cette dernière du plancher du sous-sol. Ce plancher est formé de briques posées à sec sur le sable et sur ces briques se trouve une autre couche de briques à plat noyées dans du mortier de ciment. Grâce à cette méthode, on a une complète étanchéité.

Le sous-sol n'est pas distribué de la même façon que les étages supérieurs. On pénètre dans celui-ci par des escaliers voûtés donnant accès du quai et de la rue. Les caves sont voûtées avec du béton de ciment moulé sur place. Ce béton entoure complètement les poutres de fer qui composent la charpente du plancher, de sorte qu'en cas d'incendie, elles seraient à l'abri du feu.

Le plancher du rez-de-chaussée est recouvert d'asphalte.

L'épaisseur des murs de façade du dock est la suivante: 0<sup>m</sup>,44 depuis les caves jusqu'au 1<sup>er</sup> étage; et 0<sup>m</sup>,33 depuis ce dernier point jusqu'à l'extrémité supérieure. Ces murs sont renforcés par des pilastres.

Les murs de séparation des magasins, qui sont à l'épreuve du feu, ont une épaisseur de 0<sup>m</sup>,44; ils font saillie sur la façade de façon à constituer un pilastre creux de 2 mètres de longueur, et de 0<sup>m</sup>,77 de largeur.

Les colonnes en fonte qui soutiennent la charpente métallique des divers étages, ont une section double T; elles sont espacées de 5<sup>m</sup>,32, d'axe en axe, dans le sens longitudinal, et de 5<sup>m</sup>,15 dans le sens transversal. Chacune de ces colonnes supporte, outre la colonne placée immédiatement au-dessus d'elle, deux poutres rivées s'appuyant sur des consoles demi-circulaires faisant corps avec les colonnes.

Les colonnes du rez-de-chaussée ont 3<sup>m</sup>,179 de hauteur et 48 millimètres d'épaisseur; au premier étage ces dimensions sont de 3<sup>m</sup>,137 et de 0<sup>m</sup>,030; au deuxième étage, de 3<sup>m</sup>,157 et 0<sup>m</sup>,022.

Les figures 3 et 4 de la planche CXXVIII montrent le mode d'assemblage des poutres sur les colonnes et des poutres entre elles.

La charge maxima qui s'exerce sur les planchers par mètre carré est, au rez-de-chaussée et au 1<sup>er</sup> étage, de 1,800 kilogr.; au 2<sup>e</sup> étage, de 1,600 kilogr. et, au 3<sup>e</sup> étage, de 1,600 kilogr. également.

La galerie construite sur le quai est supportée, d'un côté, par les murs du dock; de l'autre, par des colonnes creuses en fonte de forme octogonale, de 0<sup>m</sup>,41 de diamètre et de 0<sup>m</sup>,020 d'épaisseur.

Enfin, les murs de quai sont fondés sur des piliers maçonnés de 1<sup>m</sup>,34 d'épaisseur, espacés de 5<sup>m</sup>,32 d'axe en axe et reposant sur un grillage. Ces piliers ont 9 mètres de longueur; on les a évidés à l'intérieur et reliés par des voûtes en béton de ciment de 0<sup>m</sup>,56 d'épaisseur.

## Consolidation des terrains ébouleux par masses

Les terrassements, considérés dans leur généralité, présentent les deux classes bien connues des tranchées ou déblais et des remblais.

Les modifications que la forme des tranchées peut avoir accidentellement à subir proviennent uniquement de l'instabilité plus ou moins prononcée du terrain dans lequel sont taillées ces tranchées.

Les modifications que la forme des remblais est sujette à éprouver peuvent, au contraire, naître de deux causes : 1° de la composition et de la confection du terrassement ; 2° de l'instabilité du terrain sur lequel reposent ces remblais.

Ces deux causes agissent isolément le plus souvent ; toutefois le hasard peut les réunir.

L'instabilité plus ou moins prononcée du terrain entraîne, pour les tranchées, ou des dégradations superficielles, ou bien des éboulements de peu de volume, ou, enfin, un véritable effondrement par suite de la rupture d'équilibre des masses, lequel effondrement peut non-seulement s'exercer sur les talus de la tranchée, mais encore sur la plate-forme et déterminer une dislocation, même un transport de l'ensemble disloqué.

Quant aux remblais, si leur assiette est immuable, les déformations ne peuvent être que des dégradations superficielles ou des éboulements partiels dus au glissement de certaines couches de remblai sur d'autres couches restant immobiles.

Si, au contraire, l'assiette n'est pas solide, il peut y avoir également effondrement et transport du remblai disloqué.

En résumé, même dans les terrains absolument stables, il y a toujours en déblai et en remblai des dégradations superficielles dues à l'action des pluies et des gelées, et, par suite, il existe des moyens spéciaux pour y remédier.

Maintenant, dans les terrains stables, sinon d'une façon absolue, du moins d'une façon relative, il peut y avoir des éboulements partiels dus, en déblai ou en remblai, à certaines particularités de la nature géologique du sol, et, en outre, des éboulements locaux, dus en remblai à certaines déficiences existant dans la formation de ce remblai ; tous ces éboulements, d'une importance restreinte, se traitent encore par des procédés particuliers.

Mais si le terrain naturel se met lui-même en mouvement, par rupture d'équilibre occasionné, soit par le vide dû à l'exécution de la tranchée, soit par la pression due à la superposition du remblai, alors il faut avoir recours à des moyens de consolidation plus énergiques, nécessairement plus coûteux, et qui constituent, par suite, une série de travaux à part.

La consolidation des terrains ébouleux, envisagée dans toute son acception, présente donc deux cas : 1° le cas de terrains « ébouleux en détail » ; 2° le cas de terrains « ébouleux par masses ».

Le premier cas est celui qui a été le plus étudié jusqu'à ce jour ; il suffit, en effet, de citer à ce sujet les noms classiques des ingénieurs Bruère, Sasily, Masson, Ledru, Lalanne, etc.

Le deuxième cas, quoique déjà assez connu, mérite quelques développements tirés d'exemples plus récents et c'est de lui que nous nous occuperons exclusivement, quitte à revenir un jour sur le premier cas dans l'exposé des notions pratiques afférent à « l'exécution des travaux d'une voie ferrée entre deux points donnés ».

#### THÉORIES SUR LES ÉBOULEMENTS PAR MASSES

Les terrains susceptibles d'éboulement sont ceux renfermant des couches glaiseuses intercalées dans des couches perméables ; l'eau, traversant les couches perméables, s'arrête sur les couches glaiseuses dont la surface devient lisse et savonneuse, et, si cette surface est inclinée, si rien ne retient à l'aval le terrain superposé, la cohésion étant ainsi supprimée temporairement entre la couche glaiseuse et ce terrain, ce dernier se met en mouvement, suivant la ligne de plus grande pente généralement, à moins qu'il n'y ait déviation due à des résistances latérales, ou même à des résistances normales, incapables toutefois d'arrêter le mouvement.

Telle est la première théorie attribuant, dès lors, ce mouvement à la formation d'une surface lisse et savonneuse en la partie supérieure des couches glaiseuses et au glissement que favorise cette surface, lorsque l'équilibre des terrains vient à être détruit momentanément.

D'après d'autres idées, la couche de glaise joue plus que le rôle de surface de glissement ; mise à nu par l'ouverture d'un déblai, elle se trouve exposée aux influences atmosphériques,

change incessamment de volume en se gonflant ou se contractant suivant que l'atmosphère est humide ou sèche ; il en résulte des gerçures plus ou moins profondes qui donnent accès aux eaux de pluie et d'infiltration ; la couche glaiseuse est pénétrée alors complètement et finit par se ramollir au point de perdre sa propre cohésion.

Cette altération est toujours favorisée par les gelées qui, en bouchant les issues des eaux d'infiltration, forcent ces eaux à pénétrer la glaise suivent les gerçures.

Alors, non-seulement le terrain superposé à cette glaise ainsi détrempe se déplace, mais la glaise elle-même se déplace avec lui.

Dans cet ordre d'idées, il faut soustraire les bancs de glaise aux influences atmosphériques ; pour cela, les recouvrir de chemises épaisses en terre végétale, en maçonnerie au besoin ; il faut ensuite empêcher la formation des nappes souterraines en assurant aux eaux un facile et constant écoulement.

Cette théorie ne peut s'appliquer, évidemment, qu'à des déblais ou à des couches argileuses qui existeraient dans des remblais, malfaçon particulière à éviter soigneusement ; on ne voit pas trop comment elle s'appliquerait aux terrains mis en mouvement par pression d'un dépôt de terre, et par suite de l'existence de couches argileuses profondément enfouies parfois et complètement cachées dans le sol.

Elle ne saurait donc avoir la généralité de la première théorie, qui a pour conséquence de soutenir les terrains superposés à la couche devenue glissante.

L'ingénieur Chaperon considérait, de son côté, les coteaux argileux comme formés à la suite d'une série séculaire de mouvements dans les couches supérieures du sol et leur masse entière comme ne présentant qu'un équilibre instable que troublent les pluies et les dégels.

Cet équilibre se maintient à la condition que les parties hautes trouvent leur appui sur les parties basses, de sorte qu'il est détruit par la moindre modification apportée au relief du sol.

Si l'on ouvre une tranchée dans un pareil milieu, les conditions d'équilibre sont rompues ; le mouvement a lieu, plus ou moins accentué, selon la cohésion de la glaise et l'influence de l'humidité sur cette glaise.

Si l'on place un remblai sur ce même milieu, la pression due au poids du remblai occasionne encore un mouvement.

De là la nécessité d'étayer l'ensemble et d'établir des contreforts artificiels pour maintenir l'équilibre, remplacer l'appui naturel enlevé par le percement de la tranchée, ou annuler la pression due au poids de remblai.

Cette théorie large s'applique, dès lors, à tout genre de terrassements ; seulement, elle semble préconiser l'emploi des moyens que l'on pourrait appeler « brutaux », alors que, par contraste, la théorie Sasily s'arrête à des moyens plus bénins.

Au lieu de détruire le mouvement acquis ou prêt à se développer, par l'opposition de masses résistantes, murs épais, larges contreforts, la théorie Sasily cherchait simplement à isoler la couche glaiseuse, à l'assécher et à conserver la cohésion entre elle et les terrains environnants.

On voit déjà dans l'opposition de ces deux systèmes, soutènement et assèchement, poindre l'idée-mère de la solution la plus générale du problème, solution qui consistera, dans les cas graves, à réunir ensemble ces deux éléments de consolidation et à les employer dans une proportion appropriée au cas échéant.

Le géologue Ebray, dans une lettre inédite en date du 14 juillet 1831, divise les dégradations des terrains en trois catégories.

- 1° Elles proviennent des effets de la pluie et de la gelée sur les talus ;
- 2° Elles proviennent d'éboulements dans lesquels il n'y a pas de surface préexistante de glissement ;
- 3° Elles proviennent d'éboulements dans lesquels il existe des surfaces de glissement.

Dans ces deux derniers cas (les seuls qui nous intéressent actuellement) il y a peu d'eau ou beaucoup d'eau.

Dans le deuxième cas où il n'y a pas de surface préexistante de glissement, on doit ranger les massifs glaiseux tels que l'argile plastique (terrains tertiaires), les argiles du gault (terrain crétacé), les argiles oxfordiennes et du lias (terrain jurassique) et les marnes irisées.

Dans le troisième cas, on classe les terrains jurassiques en général, les terrains houillers dans les pays de montagnes à couches inclinées (Côte-d'Or, parties de la Nièvre, Jura, bassin de Saint-Etienne); suivant la position du plan de glissement, les systèmes de consolidation sont variables, et nous reviendrons tout à l'heure sur cette question.

D'autre part dans une brochure datant de mars 1869 et intitulée : Renseignements sur la constitution géologique des terrains traversés par le chemin de fer de Langeac à Chapeauroux (ligne actuelle de Saint-Germain-des-Fossés à Nîmes), le même géologue donne les notions ci-après, sur les terrains éboulés de la contrée.

« Ces terrains forment une classe à part; ils sont de formation contemporaine, et ce sont ceux que M. Elie de Beaumont désigne sous le nom de « terrains d'éboulement sur les pentes ». En effet, tous les terrains que nous venons d'énumérer (cette énumération porte sur les gneiss et micachistes, le terrain houiller, les terrains tertiaires et quaternaires plus ou moins mélangés de débris de gneiss, porphyre et granulite, les basaltes et pouzzolanes) se décomposent plus ou moins rapidement sous l'influence de causes multiples; ils s'accumulent dans les bas-fonds, sur les croupes des montagnes, jusqu'à ce que les lois de l'équilibre soient rompues; ils se projettent alors dans les vallées et dans les rivières, puis ils sont repris par les eaux pour être conduits d'étape en étape, dans la mer où ils contribuent à former les dépôts réguliers de l'époque contemporaine. Ces dégradations lentes, mais au fond importantes à cause d'un de leurs facteurs, le temps, n'éveillent pas souvent l'attention des constructeurs; cependant, dans les pays de montagnes où ces détériorations sont accélérées par des causes puissantes, il convient d'en tenir compte.

« Dans la vallée de l'Allier, la formation du terrain d'éboulement est accélérée par la dégradation du poudingue (formation supérieure du terrain tertiaire et composée de galets de gneiss, porphyre et basalte), par son inclinaison vers la vallée, par l'existence de nombreux joints gras qui ont divisé les massifs anciens en formant des plans de glissement et par les actions incessantes résultant du régime torrentiel des cours d'eau.

« Ce terrain d'éboulement ressemble, quelquefois à s'y méprendre, au terrain-glacière; il se compose de blocs anguleux de provenances diverses, noyés dans des détritiques plus fins, « se transformant souvent en boue sous l'influence de l'humidité »; cette ressemblance est d'ailleurs fort légitime, car une moraine n'est autre chose qu'un terrain d'éboulement de formation spéciale. »

Nous verrons dans un instant comment l'auteur se propose de traiter ces terrains d'éboulement, lorsqu'ils sont attaqués en déblai.

Avant d'entrer dans l'exposé des systèmes généraux de consolidation, résumons la question.

L'existence de terrains éboulés est due, à n'en pas douter, à celle de couches argileuses séparant des terrains perméables; que ces couches argileuses forment de simples surfaces de glissement sous l'action de l'eau, ou que, ramollies et détremées, elles participent elles-mêmes au mouvement, ce mouvement n'en existera pas moins. De là, la double préoccupation, ou d'empêcher ces couches argileuses de perdre leur cohésion totale ou superficielle, ou, cette cohésion étant perdue, d'arrêter le mouvement acquis, au moins de l'enrayer pour l'avenir.

Nous allons passer en revue maintenant, les procédés mis en avant dans l'un ou l'autre ordre d'idées.

#### SYSTÈMES GÉNÉRAUX DE CONSOLIDATION

Un des plus anciennement connus et auquel on n'a pas renoncé encore est le système Régel, le premier d'ailleurs qui offre à l'esprit d'après la théorie des couches glaiseuses deve-

nant savonneuses et glissantes sous l'action des eaux; asséchons ces couches en coupant les eaux normalement à leur pente d'écoulement et dès lors nous enlèverons au glissement l'occasion et la possibilité de se produire.

Alors on ouvre, parallèlement le plus souvent à l'axe de la tranchée, une tranchée auxiliaire et à l'amont, tranchée que l'on pousse jusqu'à la couche imperméable et même dans son épaisseur; on dispose cette tranchée à l'arrière des fissures existantes, on établit au fond un caniveau sur cuvette en béton, caniveau rempli de moellons ou de pierre cassée, puis recouvert de mousse; on comble le dessus avec de la terre bien pilonnée; on fait monter la pierre sèche comme un mur, jusqu'à fleur du sol côté de la montagne et ce sur une certaine largeur de la section de la fouille, afin que toutes les eaux venant d'en haut ne puissent aboutir qu'à la cuvette en béton. Enfin le principe suivi et à suivre est celui-ci: isoler complètement des eaux de l'amont le terrain existant entre la tranchée auxiliaire et la tranchée à consolider.

Dans ce système, le prisme de terre ainsi délimité doit former mur de soutènement assis sur une base solide.

Si cependant la couche argileuse ne descend pas au-dessous de la plate-forme de la tranchée, si elle est mise à nu sur le talus, si la théorie du gonflement et du ramollissement des couches argileuses sous l'action des agents atmosphériques est vraie, ce procédé ne peut suffire alors et le prisme tôt ou tard se mettra en mouvement.

Le procédé Régel a été fortement critiqué comme n'étant plus efficace, dès que, par vice de construction, les eaux venaient à traverser la tranchée auxiliaire et atteindre le prisme de soutènement.

Le procédé Daigremont est le même comme principe, avec quelques modifications de détails, consistant dans l'ouverture d'abord de la tranchée et l'emploi de tuyaux de drainage; inutile de dire que des revets d'eau arrêtent les eaux superficielles autant que possible, à l'amont de la tranchée auxiliaire.

Pour ne pas entrer dans plus de développements, disons que ces anciens systèmes reposent surtout sur l'idée d'assécher, en amont de la tranchée, une certaine masse de terrain, en coupant complètement les eaux par des saignées latérales descendant au-dessous du plan de glissement.

Lorsque ce plan descend au-dessous de la plate-forme, la saignée d'amont y descend également.

Quelquefois une deuxième saignée existe à l'aval, parallèlement à la première, sous le fossé, et draine la plate-forme; d'autres fois un collecteur central existe sous cette plate-forme, le tout étant l'application du principe: assécher complètement le terrain-enveloppe de la tranchée.

Le procédé des tranchées auxiliaires peut s'appliquer aux terrains destinés à supporter des remblais; saignée à l'amont du remblai, saignée au besoin à l'aval, et établissement du remblai sur le prisme asséché situé à l'aval de la saignée d'amont ou compris entre les deux saignées.

Dans la lettre du 14 juillet 1861, le géologue Ebray classe ses moyens de consolidation suivant la situation du plan du glissement, ainsi que nous l'avons dit.

« Si le plan de glissement est à faible distance au-dessous du sol, on construit une pierre latérale écouant les eaux dans les points bas. »

C'est le système Régel et Daigremont.

« Si le plan de glissement occupe le bas du talus de la tranchée, on fait un mur très épais, en maçonnerie à mortier jusqu'au plan de glissement, en pierre sèche au-dessus. »

C'est l'idée Chaperon réalisée; opposition de masses résistantes.

« Le cas le plus difficile à traiter (selon l'auteur), est celui où le plan de glissement se trouve au milieu du talus; dans ce cas il faut tâcher de dévier le tracé, quand cela est possible, sinon il faut couper les eaux à une certaine distance en arrière de l'arête du talus avec un fossé profond. »

En somme, c'est toujours l'assèchement par tranchées auxiliaires qui domine à cette époque dans les idées de l'auteur et

pour les cas qu'il a pu avoir eu l'occasion d'examiner jusqu'alors.

Si nous revenons maintenant avec lui sur la ligne de l'Allier, nous allons entrer dans un nouvel ordre de considérations, en examinant le régime des terrains d'éboulement, lorsqu'ils sont attaqués par des déblais.

« Le mode de formation du terrain d'éboulement (nous citons ici la brochure) indique qu'il peut être assimilé à un remblai; il doit donc être traité comme tel quand il est attaqué en déblai; l'expérience prouve que les remblais ont de stabilité que quand leurs talus sont dressés suivant une inclinaison de 1 1/2, pour 1; c'est donc cette inclinaison qu'il convient de donner aux tranchées taillées dans les terrains d'éboulement.

« Il se présente des cas où les talus ne tiendraient même pas sous cette inclinaison, car il se forme en général entre le terrain d'éboulement et le sous-sol une séparation grasse dans laquelle les eaux circulent et qui ne tarde pas à produire de grands glissements, quand l'équilibre des masses se trouve rompue; il existe dans ce cas un moyen sûr de consolidation, en établissant des drains et des contreforts avec fondations dans le terrain solide, mais ce moyen est très coûteux et ne doit être employé que quand on ne peut pas faire autrement, dans le cas, par exemple où un grand remblai est assis sur ce terrain en voie de glissement; (ceci est un souvenir des travaux que l'auteur a rencontrés sur la ligne de Moret à Nevers, section de Pouilly).

« Entre Langeac et Chapeauroux, les cas de glissement ne se manifestent qu'à des tranchées où il est possible d'avoir recours à des moyens de consolidation plus économiques.

« Dans certains pays de montagnes, les inclinaisons de 1 1/2 pour 1 sont impraticables; il faut alors les remplacer par des murs de pied. Les accidents qui se produisent souvent dans les déblais des terrains d'éboulement sont encore aggravés par l'attaque intempestive et irrationnelle des tranchées. Après avoir été admis à commencer les travaux, les entrepreneurs se mettent en mesure de faire leurs tranchées par les moyens les plus économiques et sans s'inquiéter de la nature du sol et des conséquences de leur mode d'attaque. Le procédé généralement employé consiste à faire des cunettes à bords verticaux, puis à élargir la tranchée, enfin à terminer les talus. Il est parfaitement admissible dans les terrains dont on n'a pas à craindre d'éboulements, mais, pour les autres et surtout pour les terrains détritiques, ce mode de procéder a toujours des conséquences désastreuses. On comprend facilement qu'en déblayant un terrain ne pouvant se tenir que sous une inclinaison de 1 1/2 pour 1 et en faisant des talus verticaux, on détruit l'équilibre des masses qui ne se rétablit que par le régime des éboulements. Mais, d'un côté, les talus qui se forment naturellement à 1 1/2 pour 1 ne peuvent pas toujours être maintenus d'un autre côté; quand on laisse au régime d'éboulement le soin de déterminer l'inclinaison des talus, il arrive que les masses en arrière de ces talus s'ébranlent; cette circonstance se produit infailliblement, quand la séparation du terrain en question et du sous-sol s'opère par une surface grasse et aquifère: tout le pàté se met alors en mouvement.

« Quand une tranchée est construite dans ce terrain, quand on n'a pas pu éviter de l'entamer et quand enfin on n'a pas jugé à propos de la franchir en tunnel, il est indispensable de prescrire à l'entrepreneur un mode d'exploitation convenable. Ce mode d'exploitation consiste, ou bien à donner de suite des inclinaisons de 1 1/2 pour 1 en déblayant les talus par le haut, ou bien à soutenir les talus déblayés verticalement par des murs de pied construits par parties de 3 mètres de long au plus; on peut encore songer au curage de la poche, quand le cube à enlever n'est pas grand.

« Il se présente alors dans chaque cas une petite étude pour déterminer le mode d'exploitation le plus logique. On peut, a priori, se rendre compte de la méthode à employer, quand on a déterminé la profondeur du terrain d'éboulement

« Je suppose qu'un mur de soutènement soutienne un massif de ce terrain qui vient vers le pied de la tranchée (ce cas est

assez fréquent entre Langeac et Chapeauroux); je suppose aussi que l'on donne à ce mur une épaisseur égale au tiers de la hauteur et que le prix de revient du mètre cube de maçonnerie est 4,50 fois plus élevé que celui du mètre cube de déblai transporté, il y aura égalité de prix quand

$$h \times \frac{h}{3} = \frac{h \times h'}{2} \times \frac{1}{4,5},$$

d'où

$$h = \frac{1}{3} h'$$

c'est-à-dire qu'il n'y aura avantage à enlever la poche que dans le cas où la hauteur du mur de pied sera supérieure au 1/3 de la profondeur du terrain d'éboulement.

« Cette méthode préviendra les accidents et elle est encore applicable dans la majorité des cas où le mouvement est déclaré, pourvu, toutefois, que ce mouvement ne soit pas définitivement acquis, car alors on ne peut plus s'opposer au glissement et vaincre la puissance vive du pàté.

« Ce dernier cas n'est cependant pas fréquent; en général, les terrains en voie d'éboulement marchent par intermittences en rapport avec l'abondance des pluies, l'action des neiges, et présentent des périodes de repos. J'ai toujours constaté que les grandes masses cheminaient tout à coup de 10, 20, 50 centimètres, qu'elles s'arrêtaient ensuite, pour reprendre un mouvement analogue accéléré ou retardé, suivant les circonstances ou, aussi, pour se projeter définitivement.

« Dans les terrains d'éboulement, l'exploitation à talus verticaux est la cause déterminante des accidents, puis des fissures plus ou moins larges se forment à 15, 20, jusqu'à 60 mètres quelquefois en arrière des crêtes des talus; les eaux pluviales, les sources s'y introduisent et accélèrent le mouvement.

« Il est important alors, quand les terrains d'éboulement commencent à se mettre en mouvement, d'éviter l'introduction des eaux dans les fissures supérieures, au moyen de fossés de ceinture maçonnés. »

Cette citation faite, textuellement pour plus d'un motif, il est bon de revenir sur le procédé du curage de la poche et sur le petit calcul qui, séduisant à première vue, mérite d'être examiné d'un peu plus près.

D'abord, la question des fondations y est par trop oubliée; le terrain solide, fût-il très voisin de la plate-forme, il y aura toujours là un certain élément de dépense; mais, même en la traitant de « quantité négligeable », d'une façon générale appelons  $x$  le prix du mètre cube de maçonnerie,  $x'$  le prix de revient du mètre cube de terrain éboulé, déblayé, puis transporté en dépôt, régalié, etc.; soit  $K$  le rapport de ces deux prix, on a la relation :

$$h \times \frac{h'}{2} x' = h \times \frac{h}{3} x$$

pour une tranche du système (éboulement à section triangulaire et mur à section trapézoïdale), considérée sur un mètre d'épaisseur; cette relation revient à  $\frac{h' x'}{2} = \frac{h x}{3}$ , mais  $x = K x'$ ,

$$\text{d'où } \frac{h'}{2} = \frac{K h}{3} \text{ et } h = h' \times \frac{3}{2K}.$$

$K$  peut être, suivant les circonstances, 1, 2, 3, 4, 5, 6... et  $\frac{3}{2K}$  devient  $\frac{3}{2}, \frac{3}{4}, \frac{3}{6}, \frac{3}{8}, \frac{3}{10}, \frac{3}{12}, \dots$

Si le prix du déblai transporté est faible vis-à-vis du prix de la maçonnerie, ce qui arrive généralement,  $K$  est très grand,  $\frac{3}{2K}$  est d'autant plus petit et par suite  $h$  diminue par rapport à  $h'$ , mais alors si  $h$  est petit, l'épaisseur  $\frac{h}{3}$  peut n'être plus suffisante pour assurer la stabilité du mur.

Autrement dit, pour une hauteur donnée par le relief du terrain  $h$ , si  $K$  est très grand,  $h'$  étant égal à  $h \times \frac{2}{3} K$ , pourrait être considérable, le volume de la partie d'éboulement correspondant à une section de mur donné serait tellement grand que la section du mur, établie avec l'épaisseur moyenne  $\frac{h}{3}$ , ne pourrait plus assurer la stabilité du terrain.

Du reste, on sait que la condition de donner à un mur, pour épaisseur, le 1/3 de sa hauteur, ne convient guère qu'au soutènement de terres relativement stables, n'agissant que suivant le prisme de plus grande poussée non surchargé, et sans plans de glissement ni mouvements de masses et que, dans ce dernier cas, la théorie conduirait à des dimensions formidables, si la pratique ne venait enseigner qu'il faut drainer et diviser le massif glissant et réduire sa poussée à celle des terrains ordinaires.

Aussi le calcul ci-dessus est-il fantaisiste comme donnée pratique, mais un géologue n'est pas obligé d'y regarder d'aussi près.

Ce qui peut-être a été pensé et qui eût pu être dit à cette occasion, c'est que l'on peut essayer de combiner le curage de la poche avec l'établissement d'un mur de pied et décharger l'éboulement en le décapant sous un talus plus doux que celui donné par le faciès naturel, mais sans assigner *a priori* aucune relation entre le volume de l'éboulement et la section du mur, parce que la question dépend d'autres considérations et ne doit pas être basée uniquement sur un rapport de prix de maçonnerie et de déblai, ni sur le cas trop particulier de l'épaisseur moyenne égale au 1/3 de la hauteur.

Jusqu'à présent, en dehors de quelques rappels à l'idée des murs de pied, nous voyons que les pensées des constructeurs se portent principalement sur les drainages longitudinaux traversant le terrain, parallèlement, le plus souvent, à l'axe du chemin de fer, et cherchant à couper les eaux dans un sens transversal à celui du mouvement.

Il est temps maintenant d'entrer dans le cœur de la question avec la méthode P. L. M. consignée dans une note intitulée : « Assainissement et consolidation des terrains argileux et glaiseux » et que nous allons citer en entier avant de la mettre en regard des méthodes ou essais analogues tentés en France ou à l'étranger, et déjà étudiés dans les *Annales*, avant, aussi, d'en faire le commentaire et d'en détailler quelques récentes applications.

(A suivre.)

## OUTILLAGE DES TRAVAUX PUBLICS

**Ventilateurs Blackman.** — La fig. 1 représente une vue du ventilateur Blackman, que la maison Piltor emploie aujourd'hui, avec le plus grand succès, pour enlever des ateliers les gaz délétères, la vapeur, la poussière, etc. Dans les écoles, les théâtres et autres lieux de réunion publique, le ventilateur Blackman est précieux, car il enlève sans bruit et, ce qui est important, sans courant d'air, tous les produits de la respiration et de la combustion des gaz, qui se trouvent immédiatement remplacés par de l'air pur et frais du dehors.

A l'aide de cet appareil, on peut assainir complètement les salles d'hôpital : l'enlèvement des gaz et exhalations est absolu et indépendant pour chaque lit et dans chaque salle.

Enfin, l'introduction du ventilateur a produit une révolution dans les procédés de séchage, en le rendant possible au moyen d'un courant d'air.

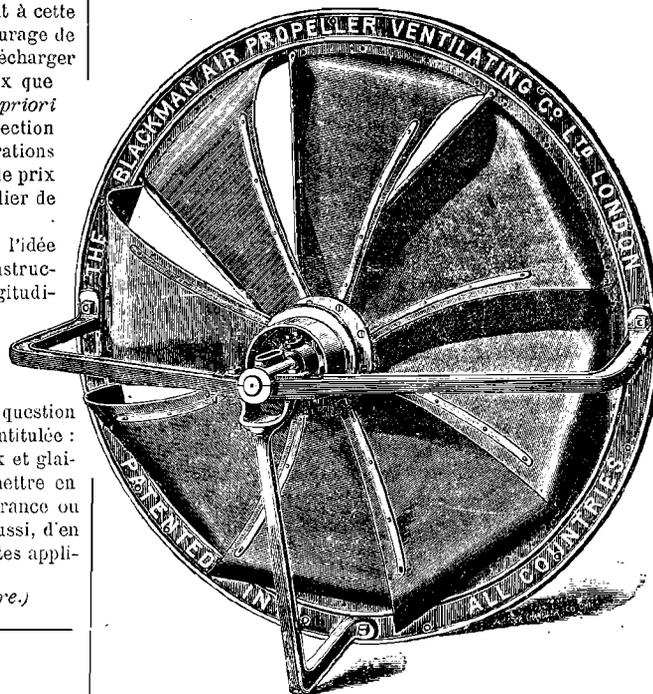
La comparaison suivante démontrera que le séchage par un courant d'air est basé sur des principes plus rationnels que le séchage par la vapeur.

Deux kilogrammes de charbon employés comme combustible peuvent porter la température de 250 mètres cubes d'air de 15° à 50°, et absorbent, à cette température, une quantité fixe d'eau, mais sans retirer cette eau de la pièce. Cette opération est longue, car si l'air en contact avec la matière absorbe facilement l'humidité, par contre, l'air à quelque peu de distance, n'en absorbe que très lentement; de plus, pendant le refroidissement, ce surplus d'humidité se dépose sur les murs et plafond de l'atelier.

Deux kilogrammes de charbon utilisés sous forme de vapeur

produisent la force de 1 cheval pendant une heure et peuvent faire circuler sur les matières à sécher par le ventilateur Blackman 25,000 mètres cubes d'air qui, à la température de 15°, absorberont sept fois autant d'eau que les 250 mètres cubes d'air à 50°. En outre, l'humidité de la pièce sera enlevée et cela dans l'espace d'une heure de temps.

Le ventilateur Blackman appartient à la classe des ventilateurs à grand volume d'air à petite pression. Sa disposition générale lui donne une surface d'aspiration 66 0/0 plus considérable que celle de tout autre ventilateur de même diamètre : la quantité d'air mise en mouvement, par force de cheval, par



tout appareil *ad hoc*, a une relation directe avec ses surfaces d'aspiration et de refoulement.

Tandis que le ventilateur centrifuge ne débite que 57 mètres cubes, le ventilateur Blackman débite environ 450 mètres cubes d'air par cheval et par minute.

Ajoutons enfin que ces ventilateurs sont légers, faciles à installer, et peuvent être placés dans une fenêtre, une porte, dans le plafond, le mur ou le plancher d'une pièce. Ils produisent le maximum d'effet quand ils tournent dans l'emplacement même à ventiler et refoulent directement au dehors.

Un ventilateur de 1<sup>m</sup>,20 de diamètre, placé dans ces conditions, faisant 330 tours à la minute, mettra en circulation 430 mètres cubes d'air, avec la force d'un cheval; et avec une vitesse de 570 tours à la minute, il mettra en circulation 860 mètres cubes d'air avec une force de 2 1/4 chevaux environ.

**Pompe à vide pour vidange atmosphérique.** — Parmi les applications industrielles de la production du vide, se trouve celle de la vidange des fosses d'aisance. Depuis longtemps déjà les Compagnies de vidanges se servent dans ce but d'appareils à vapeur.

Ces machines doivent pouvoir rapidement remplir plusieurs tonnes en un point donné pour se transporter ensuite en un autre point, où les attendent d'autres tonnes.

Les appareils construits dans ce but se résument à deux types : les éjecteurs et les pompes. Les éjecteurs ont l'avantage d'être très simples, mais il'offrent le grand inconvénient de

dépenser beaucoup de vapeur, pour un travail donné, et de ne pouvoir atteindre qu'à un degré de vide relativement faible, ce qui les empêche d'aspirer à une profondeur supérieure à 7 mètres.

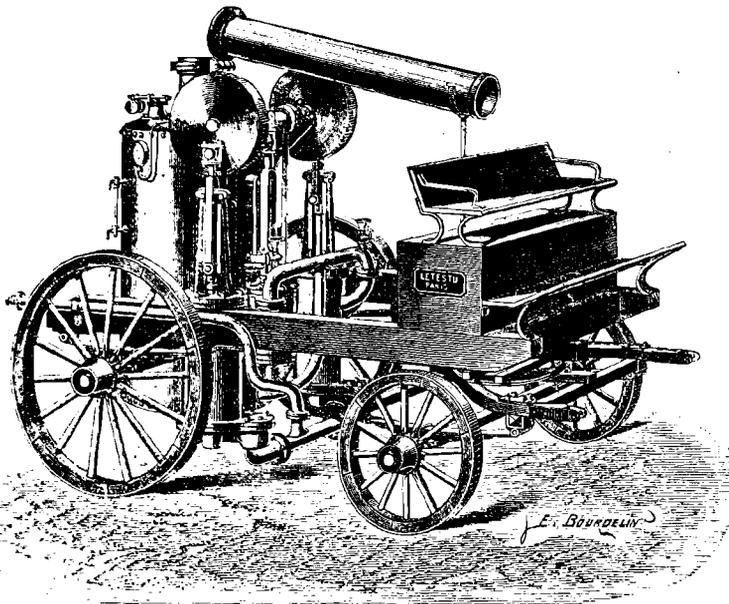
Les pompes mues par une machine à vapeur présentent, il est vrai, des organes plus compliqués et demandent plus de

Le trop plein de la tonne passe alors dans les pompes et engage complètement les pistons et les clapets, au point de nécessiter un démontage immédiat.

La nouvelle machine de M. Letestu aspire et refoule, sans aucun inconvénient, ce trop plein et peut aussitôt après faire le vide. Lorsque le travail est terminé, on fait aspirer aux pompes de l'eau qui les nettoie, sans qu'on soit obligé de démonter une partie quelconque.

On voit donc que le mécanicien n'a guère à s'occuper que du mécanisme de vapeur, sans avoir à craindre les accidents qui peuvent survenir dans le fonctionnement d'appareils aussi délicats que la plupart des pompes à vide.

La même pompe à air a reçu de nombreuses applications industrielles. Comme pompe à vide, elle sert pour la cuisson dans le vide; comme pompe à compression d'air, elle sert notamment, dans les distilleries, pour le transvasement des liquides et dans les travaux de fondation. En effet, ce que nous avons dit pour le joint hydraulique du piston évite, ici aussi, l'échauffement des garnitures et de l'air; ce qui est important, lorsque cet air doit servir à la respiration des ouvriers.



soins d'entretien. Mais elles sont plus économiques comme dépense de charbon et permettent d'atteindre à un degré de vide plus parfait.

Nous représentons ici la vue en perspective d'une machine de ce genre, brevetée et construite par M. Letestu, ingénieur-constructeur à Paris.

Cet appareil se compose essentiellement de 2 corps de pompe aspirant l'air et les gaz des tonnes et les refoulant sous la grille du foyer. Un cylindre à vapeur est placé entre ces deux pompes, et donne une force de 5 chevaux.

L'appareil complet est monté sur un chariot à 4 roues et le tout ne pèse que 3.400 kilogrammes.

Le cylindre et les pompes, attelés sur le même arbre, marchent à une vitesse de 100 tours par minute. On obtient ainsi un degré de vide mesuré par une dépression de 70 centimètres de la colonne de mercure.

Avec cette machine, on a vidé des fosses ayant 7 mètres de profondeur, ce qui, avec les 2 mètres de hauteur du tonneau, donne 9 mètres d'aspiration.

Dans les fosses de faible profondeur et dont le contenu est liquide, on a mis une minute pour remplir une tonne dont la contenance était de 2<sup>m</sup>3.50.

Une des qualités principales de cette machine est d'être simple et d'un entretien commode. Toutes les pièces en sont abordables pendant la marche et permettent un graissage facile.

Le joint des pistons est hydraulique; il présente donc une grande sécurité au point de vue de l'usure des garnitures qui se trouve être ici sans importance. En outre, il évite l'échauffement dû au frottement d'une garniture sèche, échauffement qui, dans certaines machines, nécessite une circulation d'eau froide autour des corps de pompe.

La construction de ces pompes leur permet de supporter facilement un accident fréquent.

Il arrive souvent, en effet, que le mécanicien ne fasse pas suffisamment attention au niveau indicateur des tonnes et n'arrête pas à temps sa machine.

## CHRONIQUE

### Chronique Française

**Le Métropolitain de Paris.** — On sait que la question du chemin de fer Métropolitain a donné lieu à de nombreuses discussions dans toutes les Sociétés d'ingénieurs. On a successivement étudié les systèmes adoptés dans les autres pays et nous avons consacré nous-mêmes plusieurs articles à cet intéressant sujet.

Nous rappellerons que les différentes solutions proposées se groupent en deux catégories: les chemins de fer souterrains comme il en existe à Londres et les chemins de fer aériens établis sur le modèle de ceux de New-York.

Rien n'est encore décidé, paraît-il, en ce qui concerne le projet qui sera définitivement adopté. Aussi voyons-nous se produire, de temps à autre, de nouvelles études.

Nous croyons devoir rappeler en quelques mots le projet de chemin aérien étudié il y a environ deux ans en vue de réduire, autant que possible, les dimensions de la charpente métallique, supportant la voie, tout en assurant à la circulation une rapidité suffisante, puis devoir signaler le nouveau projet que M. Jules Garnier a décrit tout dernièrement à la Société des ingénieurs civils.

Dans le premier projet en question, on a admis que la voie ne serait parcourue que par des voitures isolées et que ces voitures se succéderaient à un intervalle d'une minute. Cette hypothèse est admissible, car, si on admet des voitures de cinquante places, on trouve que la capacité de transport atteint un chiffre fort élevé.

On pourrait même, les jours d'affluence, composer des trains de deux voitures se succédant toujours à une minute d'intervalle dans chaque sens. On ferait ainsi circuler, sur chaque ligne, 200 places par minute, soit 12.000 par heure. Or, en comptant sur deux voyageurs transportés par place offerte, on

atteindrait, dans cette hypothèse, le chiffre énorme de 400 voyageurs par minute, ou 24,000 voyageurs par heure. C'est un chiffre supérieur à celui qui est transporté par les trains circulant sur les lignes de banlieue les plus fréquentées. Sur ces lignes, en effet, les départs des trains sont fixés à des intervalles moyens de une demi-heure. Or, ces trains se composent de vingt-cinq voitures, ce qui correspond à moins d'une voiture par minute. En supposant même des départs à quinze minutes d'intervalle, on n'arrive pas au chiffre de deux voitures par minute, inférieur, comme on le voit, à celui admis pour la circulation du chemin métropolitain.

En admettant donc la circulation d'une ou de deux voitures, on peut, en raison de la faible masse mise en mouvement, adopter un mode de construction plus léger, moins encombrant et, par suite, plus élégant pour la charpente qui supportera la voie aérienne.

Cette charpente serait composée d'une rangée unique de colonnes placées sur la chaussée des chemins à parcourir et supportant un viaduc métallique à deux voies. Ces colonnes seraient espacées de 15 mètres ou de 40 à 50 mètres suivant qu'elles seraient posées sur un terre-plein interdit aux voitures ou sur des chaussées ouvertes à la circulation de ces dernières.

L'élévation normale du tablier serait de 5 à 6 mètres au-dessus du sol; les deux voies du viaduc seraient séparées par une poutre centrale et bordées par des poutres de rives ainsi que le montre le croquis n° 1. Dans ces conditions, les voitures, en circulant en porte-à-faux par rapport à l'axe vertical du système, il se produira une tendance au gauchissement qui atteindra son maximum lorsque la charge passera au milieu d'une portée, mais d'un côté seulement. Il en résultera un effort de torsion qui tendra à faire prendre à l'ensemble la position inclinée indiquée par les lignes en pointillé.

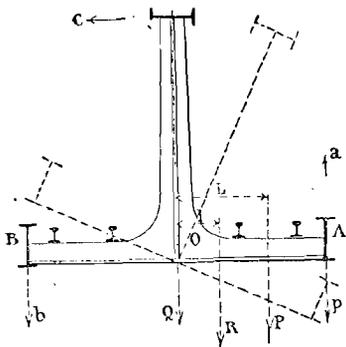


Fig. 1.

Le calcul suivant permet de se rendre compte des conditions de bonne construction dans lesquelles on peut se placer.

Le plus grand effort exercé dans le sens vertical correspond au passage de deux couples de véhicules arrivant simultanément au milieu d'une portée. Dans ce cas, le système est en équilibre et il n'y a que des efforts verticaux se reportant principalement sur la poutre centrale.

Le cas le plus défavorable par rapport aux efforts de torsion, est celui où la charge se trouve d'un seul côté au milieu d'une portée. Voyons comment se répartissent alors les efforts transmis à chacune des poutres A, B et C. La charge P agissant sur l'une des voies se répartit sur les appuis O et A de cette voie en exerçant sur eux des efforts inversement proportionnels aux distances PO et PA. On obtient ainsi l'effort p, qui produit seul la torsion. Cet effort exercé en A donne lieu à des réactions a, b et c. L'axe O pouvant être considéré comme suffisamment rigide, on a l'équation d'équilibre :  $p \times AO = a \times AO + b \times BO + c \times CO$ .

Pour les travées à petite portée, la hauteur de la poutre centrale pourrait être réduite de façon à avoir :  $AO = BO = CO$  et dès lors on aurait :  $a = b = c = \frac{p}{3}$

Mais, pour les travées à grande portée, on ne peut pas procéder ainsi sans augmenter outre mesure la hauteur des poutres A et B, ce qui aurait pour inconvénient d'élever par trop le parquet des stations. Il faudrait alors augmenter la hauteur de

la poutre centrale et la faire égaler à 2 ou 2,5 AO. Elle supporterait au besoin, en totalité, la réaction due à l'effort p.

Dans ce cas, en rendant les trois poutres A, B et C suffisamment solidaire par une liaison rigide sur plusieurs points de la longueur, on a, en négligeant a et b :

$$c \times CO = p \times AO$$

d'où

$$c = \frac{p \times AO}{CO}$$

Les colonnes, qui supportent les travées, seront soumises à des efforts de compression qui atteindront leur limite quand deux couples de voitures se rencontreront au-dessus d'une même colonne. Cet effort maximum sera égal au poids total d'une travée, augmenté de celui des véhicules et il agira suivant une verticale passant par l'axe de la colonne.

Lorsqu'un couple de voitures se trouvera porté par une colonne quelconque, la charge totale supportée par celle-ci sera moins grande que dans le cas précédent, mais la résultante de la charge mobile placée en porte-à-faux et du poids d'une travée passera à une distance de l'axe de la colonne déterminée par l'équation suivante :

$$Ql = P(L - l)$$

dans laquelle P est le poids du couple de voitures agissant sur une seule voie, Q le poids d'une travée, et  $R = P + Q$  la résultante de ces deux poids.

Dans l'équation précédente, Q étant sensiblement égal à 5 P ou à  $l = \frac{L}{6}$ . Si donc  $L = 1^m,20$ , on a  $l = 0^m,20$ , ce qui montre que les colonnes travailleront dans de bonnes conditions.

Il résulte de cet examen rapide des conditions d'établissement de la charpente destinée à supporter la voie aérienne, qu'il est possible d'arriver, en adoptant ce système, à des diamètres de colonnes et à des épaisseurs de fonte raisonnables.

On a préconisé l'emploi de l'électricité comme offrant le moteur le plus simple, le plus sûr et le plus économique. En effet, deux lignes de tramways électriques fonctionnent déjà à Berlin et à Portrush, en Irlande; on construit des chemins de fer électriques à Vienne, à Wiesbaden, à Turin, à Milan, dans le pays de Galles, à Londres, à Zandwoort en Hollande, aux mines de Zankeroda en Saxe. Enfin, les Américains vont incessamment exploiter une ligne de 80 kilomètres et une autre de près de 2 kilomètres dans le Missouri.

Le second projet dont nous croyons intéressant d'entretenir nos lecteurs, celui de M. Jules Garnier, est caractérisé par les points fondamentaux suivants :

1° La voie d'aller et celle de retour, au lieu d'être placées, l'une auprès de l'autre, comme dans le projet précédent, sont superposées; elles reposent sur deux plate-formes distinctes, formant un viaduc disposé de façon à recevoir une des voies à sa partie inférieure et l'autre à sa partie supérieure.

2° Le système de construction du viaduc est combiné de façon à pouvoir donner passage sur une voie au matériel des grandes lignes, pendant l'arrêt des trains de l'exploitation urbaine.

3° Les deux voies se raccordent aux extrémités d'un parcours au moyen d'une boucle présentant la déclivité voulue pour racher la différence de niveau des deux voies. Les trains ont ainsi une circulation ininterrompue.

4° Lorsque deux lignes de directions différentes se coupent, une disposition spéciale permet aux voyageurs de passer d'une ligne sur l'autre au moyen d'une gare dite de *tangence*, sans que les trains d'une ligne traversent les voies de l'autre.

5° Le matériel roulant est disposé d'une façon spéciale permettant d'opérer l'entrée et la sortie des voyageurs dans les trains avec une grande promptitude et de disposer d'une puissance de transport suffisante.

Le viaduc à voies superposées serait placé dans l'axe de la chaussée et à une hauteur minimum de 4<sup>m</sup>.50 au-dessus de cette chaussée afin de ne pas gêner la circulation des voitures. Dans les avenues ou boulevards de grande largeur, le chemin de fer serait installé dans l'une des contre-allées.

Dans le premier cas, le viaduc serait entièrement métallique,

dans le second cas, il comprendrait un soubassement formé d'une série d'anneaux, la maçonnerie surmonté d'une superstructure métallique.

Les voies auraient une largeur normale de 1<sup>m</sup>,50 : la distance d'axe, en axe des poutres serait de 3<sup>m</sup>,70, de sorte qu'en donnant aux wagons une largeur de 2<sup>m</sup>,05, on conserverait de chaque côté un passage libre de 0<sup>m</sup>,70.

Le viaduc métallique serait constitué par des travées indépendantes afin d'éviter aux effets de la dilatation. Les appuis des poutres seraient écartés de 40 mètres pour ne gêner que le moins possible la circulation sur la chaussée.

Pour franchir les carrefours importants, on remplacerait les piles métalliques par des piles en maçonnerie d'un aspect plus décoratif et plus puissant.

Quant au matériel roulant, il se composerait de longs wagons du type américain, montés sur avant et arrière train articulés. Ces véhicules qui auraient une longueur de 14 mètres et une largeur extérieure de 2<sup>m</sup>,05 pourraient contenir 60 voyageurs. Ces voyageurs seraient assis sur des banquettes longitudinales.

Chaque train serait composé de 3 voitures et de deux vastes plate-formes bordées latéralement de grilles ouvrantes pour la montée et la descente des voyageurs. La voiture du milieu serait séparée des deux autres par ces plate-formes qui desserviraient ainsi chaque voiture et demie.

La traction serait effectuée à l'aide de locomotives sans feu ni fumée ou par l'électricité.

Le réseau auquel M. Jules Garnier propose d'appliquer son système comprend dans son ensemble deux lignes dont l'une, qui constitue une ceinture moyenne affecte la forme d'une boucle oblongue non fermée, ayant la Seine pour grand axe et dont l'autre qui coupe la première en deux points traverse Paris du Nord-Est au Sud en passant par la cité.

Le réseau ainsi constitué pourrait être relié directement par sa voie supérieure à l'aide d'embranchements spéciaux avec la gare Saint-Lazare, et avec celle de Lyon ; il pourrait être également réuni avec les gares du Nord et de l'Est, si on le jugeait nécessaire.

La longueur développée de l'ensemble des lignes du réseau, y compris les raccordements, serait ainsi de 27,500 mètres. Les dépenses d'établissement des lignes et d'acquisition du matériel complet nécessaire à l'exploitation sont évaluées à 1,800,000 fr. par kilomètre, ce qui conduit à une dépense totale d'environ 50 millions.

Le projet serait exécuté en deux ans ou trois ans au plus, c'est-à-dire avant l'ouverture de l'Exposition de 1889.

Le grand argument que les auteurs des différents projets de chemins de fer aériens font valoir pour l'adoption de ce système, c'est la dépense énorme qu'entraînera l'établissement d'un métropolitain souterrain.

Le coût kilométrique des lignes souterraines est évalué à 4, 5 ou 6 millions. Certains ingénieurs pensent que, dans certaines parties, il pourra atteindre 11 millions, comme cela est arrivé à Londres.

M. Jules Garnier a donné à l'appui de son projet quelques renseignements intéressants sur les divers chemins métropolitains construits à l'étranger.

Le Métropolitain de Londres a eu pour but de desservir la cité où, sur un espace égal à 3 pour cent de la surface de Paris, s'agitent chaque jour 500,000 personnes, ce qui correspondrait pour Paris à 15 millions d'habitants. Une pareille densité de population est impossible, et comme 50,000 habitants seulement résident dans la cité, il a fallu donner aux 450,000 autres la possibilité de retourner chaque soir dans les quartiers excéntriques.

Le Métropolitain de Londres, formé d'une ceinture de 7 kilomètres sur 3 kilomètres et d'une série de boucles extérieures, est principalement souterrain.

Le sol, composé d'une argile profonde, imperméable aux eaux, s'est prêté à ce mode de construction, qui n'est pas, d'ailleurs, exempt de nombreux défauts. On a mis dix années pour construire ce chemin de fer.

A Berlin, où existait déjà un chemin de fer de ceinture, on s'est décidé à construire un viaduc qui coupe la ville de l'Est à l'Ouest. Sa plate-forme a 15<sup>m</sup>,50 de largeur et s'élève de 7<sup>m</sup>,50 au-dessus du sol. Elle comporte deux voies spéciales pour les besoins de la ville et deux autres voies pour le transit. Ce viaduc, tantôt métallique, tantôt en maçonnerie, traverse les quartiers les plus peuplés, et les quartiers les plus somptueux : il ne nuit nullement à l'aspect des monuments voisins.

A Montréal, métropole du commerce du Canada, on a fait un projet grandiose de chemin de fer aérien sur viaduc en fer à voies superposées qui a pour but de desservir la ville et de la relier aux réseaux des grandes lignes qui sont au sud et au nord du fleuve Saint-Laurent, dont la largeur en ce point dépasse 2 kilomètres.

A New-York, on avait adopté en 1869 un projet de chemin de fer souterrain : le prix de revient kilométrique était estimé à 10 millions. Bien que le sol fût de granit, les eaux des hautes mers envahirent les travaux, et on fut obligé de les interrompre. On se décida alors pour un chemin de fer aérien, qui, en 1882, comptait déjà 75 kilomètres de longueur. Les viaducs employés pour supporter ce chemin sont de quatre types. Les deux voies, aller et retour, sont tantôt sur la même plate-forme, tantôt sur deux plate-formes séparées. On emploie un matériel léger. Les trains se succèdent à 45 secondes d'intervalle et traînent de 2 à 4 voitures de 48 voyageurs. On transporte ainsi 65 millions de voyageurs par an.

A Philadelphie, capitale élégante et active de la Pensylvanie, on traverse la ville sur une large plate-forme qui a jusqu'à 12 voies accolées avec systèmes d'aiguillages et de gares d'évitement. Malgré cette complication et grâce à de nombreuses ours à signaux et manœuvres d'aiguilles, le service est satisfaisant.

## Chronique Etrangère

**L'éboulement de la ligne de Bellegarde à Genève.** — On se rappelle que, vers la fin du mois de décembre 1882, il se produisit des éboulements considérables en plusieurs points de la ligne de Bellegarde à Genève. Ces éboulements n'occasionèrent pas d'interruption dans la circulation. Mais au mois de janvier 1883, à la suite de fortes pluies, les éboulements se reproduisirent avec un caractère de gravité beaucoup plus grand et la ligne du chemin de fer établie sur la rive droite du Rhône, à flanc de montagne, fut totalement emportée.

Cet accident se produisit à proximité du fort de l'Écluse, à 11 kilomètres environ de la frontière suisse ; il causa une interruption de service de deux mois.

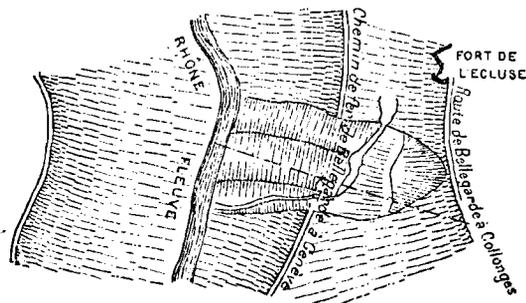


Fig. 1. — Plan général montrant l'éboulement du mois de janvier 1883.

Le *Schweizerische Bauzeitung* a publié, en janvier 1885, une relation complète de cet accident et des moyens employés pour refectionner la ligne.

Nous croyons qu'il est intéressant de reproduire ici cette relation :

L'accident consistait dans l'éboulement d'une masse de 1 million de mètres cubes de terres; cette masse, en glissant, avait entraîné 50 mètres environ de tunnel maçonné. On attribua cet accident à de fortes crues du fleuve et au débordement de cours d'eau souterrains, et on jugea, par suite, que le seul moyen de consolider le flanc de la montagne consistait à l'assainir à l'aide d'un système de galeries.

On commença par déblayer la voie et par régulariser les talus de l'éboulement; on remplaça ensuite le tunnel emporté par un immense remblai d'environ 40 mètres de haut, afin d'assurer provisoirement le passage des trains.

Les moyens employés pour l'exécution de ce travail sont assez nouveaux et méritent d'être signalés. Comme les talus formés par les éboulements avaient une pente très raide et que le temps manquait pour les régulariser et les revêtir suivant les règles de l'art, on se borna à recouvrir les parties les plus escarpées et les plus mauvaises (c'est-à-dire celles qui étaient formées de terres marneuses) d'une maçonnerie de briques posées à sec.

Ce revêtement, qui n'avait que 30 à 40 centimètres d'épaisseur, n'avait d'autre but que de soustraire la surface du talus aux influences atmosphériques.

Quant aux autres parties des talus de l'éboulement, ainsi que la surface de la maçonnerie de briques dont il vient d'être question, elles furent recouvertes d'une couche de goudron ayant quelques millimètres seulement d'épaisseur.

Cette opération avait pour objet d'empêcher les eaux de pluie de pénétrer dans la masse de terre éboulée et de forcer, au contraire, ces eaux à glisser facilement le long des talus.

Ce procédé a parfaitement bien réussi. Au fur et à mesure qu'il se produisait de nouveaux éboulements, on se hâta de recouvrir de goudron les surfaces des talus. Comme au point où se produisit l'accident, la vallée est très étroite, les rayons du soleil n'y parviennent que rarement. Cette circonstance était très favorable, dans le cas actuel, puisque le goudron ne fut pas liquéfié.

Lorsqu'on eut terminé le remblai de 40 mètres de hauteur, destiné à rétablir provisoirement la voie à l'emplacement du tunnel éboulé, on posa les rails sur un grillage formé de trois assises de traverses posées les unes sur les autres et côte à côte, alternativement dans la direction longitudinale et transversale. Cette précaution était nécessaire en prévision d'un tassement des terres.

On s'occupa ensuite de creuser les galeries d'assainissement.

Ces galeries avaient généralement une section ovale; leur hauteur était de 1<sup>m</sup>,50 à 2 mètres, leur largeur de 1 mètre à 1<sup>m</sup>,50; elles étaient maçonnées ou en béton.

On exécutait en même temps des travaux de protection sur les rives du Rhône.

Ces divers travaux ne furent terminés qu'en novembre 1884, mais leur réussite ne fut pas complète, attendu que l'on constata toujours de petits mouvements du terrain.

On avait creusé environ 1.500 mètres de galeries, et on n'avait trouvé dans ces galeries qu'une quantité d'eau relativement faible. Mais en allongeant l'une d'elles (celle qui part du puits n° 3), on trouva la véritable cause de l'accident.

On arriva vers le milieu du mois de novembre 1884, par la susdite galerie, dans une excavation naturelle creusée dans une roche calcaire. (Fig. 2.) Cette excavation a la forme d'une cheminée débouchant à la surface du sol à la cote 373,5. Cette cheminée qui avait 22 mètres de hauteur depuis l'extrémité de la galerie qui la rencontre et qui est représentée sur le dessin en pointillé, jusqu'à son orifice supérieur, avait des parois rendues lisses par le frottement de l'eau qui y circulait en tourbillonnant. Les pierres qui formaient ces parois avaient pris des surfaces convexes. A mi-hauteur la cheminée en question communiquait avec le tunnel qui s'était écroulé: ce qui explique les inondations intermittentes que l'on avait observées depuis un certain temps déjà.

En examinant avec soin cette cheminée, on reconnut qu'elle

se prolongeait à l'intérieur de la montagne à peu près parallèlement à l'axe de la voie sur une longueur de 60 mètres et à une profondeur de 13 mètres; on arriva ainsi à un petit lac intérieur dont on n'a pas encore déterminé la longueur, mais dont on a pu mesurer la profondeur au bord même. Cette profondeur est de 5 mètres.

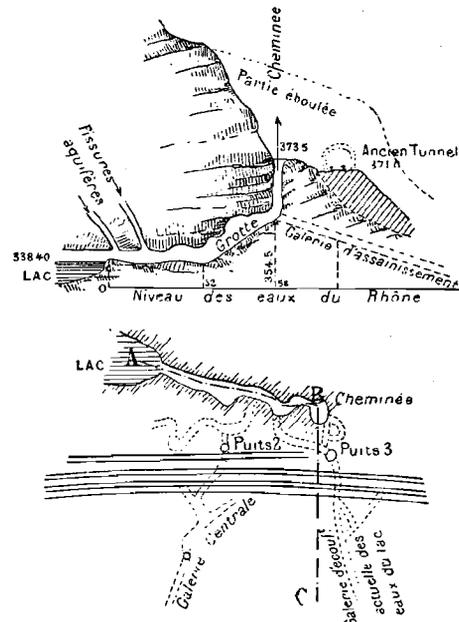


Fig. 2 et 3. — Plan de la grotte et coupe longitudinale suivant A B C.

Ce lac est creusé dans une roche calcaire. Près de lui, à environ 12 mètres en avant, se trouvent des galeries aboutissant à la grotte, lesquelles communiquent avec l'extérieur par des fissures d'où jaillissent des sources puissantes.

Le niveau des eaux du lac en question se trouve à la cote 338<sup>m</sup>,40, c'est-à-dire à 10<sup>m</sup>,40 au-dessus du niveau des eaux du Rhône. (Le niveau des eaux du Rhône est à la cote 328 mètres).

Dans la grotte on a trouvé de magnifiques stalactites mesurant 7 mètres de hauteur.

On est donc maintenant certain que l'éboulement de la voie ferrée a été causé par l'existence de cours d'eau souterrains.

Ces conduits souterrains constituaient un véritable siphon dont l'une des branches était formée par les deux fissures de la roche qui amenaient l'eau dans la grotte (fig. 2); cette eau remplissait le lac et la galerie souterraine et s'écoulait par la cheminée verticale qui constituait la deuxième branche du siphon.

On pense qu'il doit y avoir également des fissures à l'extrémité du lac opposée à celle où aboutit la galerie ou dans le fond même de ce lac et qui donnent écoulement à une petite quantité d'eau, attendu que pendant les temps secs le niveau des eaux du lac vient à baisser.

Le jour où se produisit le grand éboulement, l'eau monta de la cote 338,4 à la cote 373,5 c'est-à-dire à 35<sup>m</sup>,10 de hauteur, ce qui correspond à une pression de 3 atmosphères 1/2.

Actuellement les eaux ne peuvent plus s'élever dans la cheminée verticale, elles sont obligées de s'écouler par la galerie. On a mesuré le débit de cette galerie et on a constaté que pendant la fonte des neiges, ce débit s'élevait à 10,000 et même 15,000 litres par seconde. Ce courant d'eau arrivant dans le Rhône perpendiculairement au fil des eaux du fleuve y produisait un remou considérable.

On projette de vider le lac intérieur à l'aide d'une galerie directe, ce qui écarterait tout danger d'éboulements et rendrait

inutile plusieurs déviations projetées tout d'abord pour la ligne.

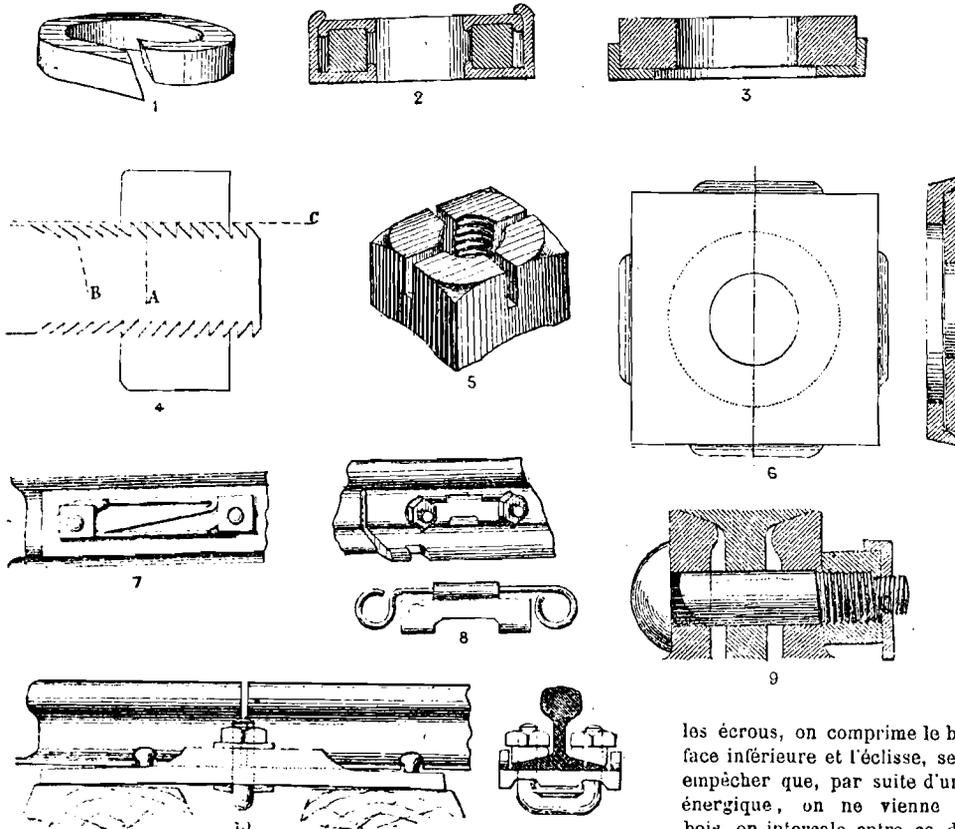
Les dépenses que nécessiterait la reconstruction de la section éboulée, y compris les travaux de consolidation, ne sont pas estimées à moins de 1,500,000 francs. Si on avait trouvé cette galerie souterraine plus tôt, on aurait fait une économie d'environ 200,000 francs.

(Schweizerische Bauzeitung.)

**Résultats d'expériences sur l'emploi des différents modèles de platines ou rondelles pour empêcher le desserrage des boulons d'éclisses.** — On a fait sur les chemins de fer américains des expériences ayant pour but de déterminer quels sont les meilleurs modèles de rondelles à employer pour empêcher le desserrage des boulons d'éclisses.

Une circulaire a été envoyée aux diverses Compagnies de chemins de fer des Etats-Unis; cette circulaire demandait une réponse aux trois questions suivantes :

- 1° Quel genre de platine employez-vous ?
- 2° Quel est votre avis sur l'efficacité de ces platines ?
- 3° Quels sont les modèles jugés les meilleurs ?



En dépouillant les réponses des Compagnies, on a reconnu qu'il existait un grand nombre de modèles de platines de serrage : les unes appartenant à des types anciens et déjà connus; les autres dérivant d'anciens modèles successivement perfectionnés.

Nous ne jugeons pas utile de reproduire les tableaux statistiques joints à l'article que le *Railroad Gazette* consacre à cette importante question, mais nous pensons qu'il est intéressant de donner la description des différents modèles auxquels la plupart des Compagnies accordent la préférence.

**1° Rondelle Verona.** — Cette rondelle consiste simplement en un anneau en acier trempé, coupé en biais, ainsi que le montre la figure 1, qui reproduit l'objet en grandeur naturelle.

Lorsque cette rondelle est pressée par l'écrou, elle prend une surface presque plane, mais les bords de la section faite dans celle-ci restent toujours au-delà de son plan, l'écrou ne prend pas une position rigoureusement horizontale, de sorte qu'il existe un coinçage qui empêche son desserrage.

La rondelle en question est appliquée par les Compagnies du Nord and East, du South, du North-Western and Pacific, sur une longueur totale de voies de 43,337 milles.

**2° Rondelle Pratt.** — La rondelle Pratt, représentée fig. 2, se compose d'une couronne de caoutchouc vulcanisé enfermée dans un disque de fer malléable qui la protège complètement.

Les Compagnies citées plus haut emploient cette rondelle sur une longueur de voies atteignant ensemble 10,950 milles.

**3° Rondelle mixte en bois et en fer.** — Les rondelles mixtes, construites en bois et en fer, sont très économiques, et il est probable qu'elles sont beaucoup plus employées que ne l'indiquent les réponses des Compagnies. La rondelle se compose d'une plaquette de bois dur taillée dans des morceaux de rebut et ayant environ 0<sup>m</sup>.025 d'épaisseur. Cette plaquette est assez longue pour couvrir deux trous de boulons. Lorsqu'on serre

les écrous, on comprime le bois entre leur face inférieure et l'éclisse, seulement pour empêcher que, par suite d'un serrage trop énergique, on ne vienne à écraser le bois, on intercale entre ce dernier et l'écrou une rondelle en fer de faible épaisseur, qui a seulement pour but de répartir la pression. Les boulons que l'on doit employer, pour faire usage de cette rondelle, doivent avoir une longueur supérieure de 0<sup>m</sup>.025 à celle des boulons ordinaires. Malgré cette augmentation de longueur, qui entraîne un supplément de dépense, on trouve encore économie à adopter ce mode de rondelle. Les Compagnies du Nord and East et du South emploient la rondelle en question sur une longueur totale de 6,284 milles.

**4° Rondelle en bois vulcanisé ou injecté.** — Cette rondelle est faite d'une substance qui ressemble à du cuir durci et qu'on obtient en traitant du bois par les acides. Une nouvelle forme de rondelle est représentée, fig. 3, en vue perspective et en coupe. On voit que la rondelle proprement dite est protégée par

un revêtement métallique, consistant en un disque en fer muni de rebords verticaux.

5° *Boulons de serrage d'Harvey.* — Au lieu d'employer une rondelle pour empêcher l'écrout de se desserrer, on peut modifier la forme du filet du boulon et de l'écrout, tout en conservant, bien entendu, pour ces deux pièces, le même pas de vis. Ainsi, en vissant sur un boulon fileté, suivant le profil B, un écrout fileté comme il est représenté en A, on comprend que pendant l'opération il se produise une déformation des deux filets de vis, déformation qui a pour effet une sorte de coïncage, ce qui empêche le desserrage (Voir fig. 4).

6° *Procédé d'Atwood.* — Le procédé Atwood consiste à modifier l'écrout. Ce dernier a sa base légèrement creusée, il est coupé sur sa hauteur par deux entailles perpendiculaires l'une à l'autre (fig. 5). Lorsqu'on serre l'écrout, il se produit une pression sur ses bords extérieurs. L'écrout joue ainsi le rôle d'un ressort qui viendrait presser le boulon. Ce moyen d'empêcher le desserrage des boulons est employé par la Compagnie du chemin de fer de Boston et d'Albany. Une autre Compagnie, celle de Saint-Johnsbury-Lake-Champlain, emploie également le système Atwood sur 40 milles, à l'exclusion de tous les autres systèmes.

7° *Système Van Kuran.* — Le système Van Kuran consiste à employer une platine inférieure percée d'un large orifice (fig. 6), sur laquelle on pose une autre plaque faisant ressort. Ces deux plaques sont maintenues dans leur position respective par des taquets placés sur les quatre côtés de la platine inférieure.

8° *Système Van Dusen.* — Ce système a été décrit déjà dans les *Annales*. Nous nous bornons donc à le signaler pour mémoire, en priant le lecteur de se reporter à notre précédent article. Ce que nous pourrions ajouter, c'est que M. Pearson, ingénieur du chemin de fer de Louisville, New Albany et Chicago, est très favorable à l'emploi de ce système.

9° *Système Mercer.* — Le moyen employé par M. Mercer, pour empêcher le desserrage des écrous des platines de joint, consiste à interposer entre la platine et l'écrout une rondelle formée en aplatissant les deux extrémités d'une tige pliée en forme de Z, ainsi que le montre la fig. 7. Lorsqu'on visse le boulon sur la tige filetée de l'écrout, la pièce en question subit une certaine torsion; mais lorsque le serrage est effectué, la tige agit comme un ressort qui s'oppose, par sa tension même, à toute rotation de l'écrout en sens contraire.

10° *Système Cambria.* — Le système Cambria consiste à adapter entre l'éclisse et l'écrout une tige ou barre chanfreinée en fer forgé. Cette tige, qui est un véritable coin, est tournée vers le haut contre l'écrout, comme une clavette, lorsqu'on a terminé le serrage de l'écrout sur le boulon. Mais l'emploi de ce système suppose que les éclisses sont préalablement pourvues d'une rainure pour le logement de la tige ou barre chanfreinée.

11° *Système Iron City.* — Un système plus récent consiste dans l'emploi d'un fil de fer courbé à chacune de ses extrémités, de façon à former deux rondelles pour l'écrout. Ce fil de fer porte une petite platine façonnée (fig. 8) dont les deux bouts appuient contre les écrous. En opérant ainsi, on voit qu'on peut tourner l'écrout dans un sens pour le visser sur le boulon, mais cet écrou une fois en place ne peut plus tourner en sens contraire.

12° *Système Smith.* — Le système consiste à munir l'extrémité du boulon d'une partie de plus petit diamètre filetée en sens contraire de la partie principale (fig. 9). Lorsque l'écrout est en place, on visse sur cette allonge une petite platine mince qui empêche le desserrage de celui-ci. La petite platine en question est martelée, afin qu'elle ne puisse elle-même se desserrer.

13° *Joint Fisher.* — Ce système de joint, représenté fig. 10, rentre dans la catégorie des moyens employés pour empêcher le desserrage des boulons d'éclisses. Il consiste à se servir de boulons employés en forme d'U. Ces boulons traversent une

platine placée sous le patin du rail; entre cette platine et la branche horizontale du boulon recourbé, est intercalée une pièce formant ressort et exerçant par suite, sur les branches verticales du boulon, une pression verticale dirigée de haut en bas, ce qui maintient l'écrout fortement appliqué sur sa surface d'appui et l'empêche de tourner. Ce système de joint, employé sur quelques sections de la Compagnie du chemin de fer New-York-Pensylvanie-Ohio, a donné paraît-il de bons résultats. Aucun desserrage d'écrout n'a été constaté pendant onze ans sur les sections en question.

Tels sont les principaux moyens employés en Amérique pour empêcher le desserrage des écrous. Il existe d'autres types d'appareils, mais ils ressemblent plus ou moins à ceux qui viennent d'être décrits; il est donc inutile de leur consacrer une notice détaillée.

(*Railroad Gazette.*)

**Voies métalliques pour tramways et pour chemins de fer économiques ou vicinaux.** — M. H. de Backer a publié, dans la *Revue universelle des mines de Cuyper*, une étude très complète sur les divers systèmes de voies métalliques pour tramways et pour chemins de fer économiques ou vicinaux.

Ce travail sera utilement consulté par tous les ingénieurs qui ont à construire ou à dresser le projet de chemins de fer d'intérêt secondaire.

L'auteur débute par quelques considérations générales sur les conditions que doit remplir une voie. Il constate qu'aujourd'hui la surface de la table de roulement des rails de tramways est aplatie et qu'on tend à diminuer la conicité des roues, ce qui a pour avantage de répartir convenablement la pression sans augmenter le frottement de roulement et par suite la résistance à la traction.

On laisse cependant une certaine conicité à la zone des bandages située vers l'intérieur de la voie, afin d'éviter le contact de ceux-ci avec les pavés qui font saillie.

Quelquefois, et notamment en Angleterre, la table de roulement est inclinée vers l'extérieur de la voie; le roulement se fait alors sur une largeur très restreinte, mais le rail est moins exposé à l'utilisation parasite des fardiers.

Cette inclinaison de la table de roulement a été adoptée par quelques lignes secondaires allemandes à voie étroite, où la caisse de la voiture a une grande saillie, dans le but de combattre un mouvement de lacet énergique aux dépens des bandages.

Sur les tramways, on peut dire que le rail aplati et le bandage semi-cylindrique répartissent mieux la charge et diminuent le danger de déversement du rail, tout en régularisant l'usure, étant admis toutefois que le mouvement de lacet soit à peu près nul ou accidentel.

Le contre-rail, indépendant du rail ou adhérent, forme et maintient invariable l'ornière ou la gorge où plonge le boudin des roues. La largeur maxima de cette ornière, qui au début des tramways, était souvent de 25 millimètres, a été portée à 30, et elle est fréquemment aujourd'hui de 26 ou de 28 millimètres.

En Amérique, on construit les rails de tramways de manière à les faire servir à la circulation des voitures ordinaires. A cet effet, le rail n'a pas de contre-rail; il se compose d'une partie plate très large et d'une nervure de 40 millimètres, formant table de roulement. La partie large sert à la circulation des voitures ordinaires.

Le ressaut résultant de cette disposition serait inacceptable dans une rue européenne.

Le contre-rail du tramway ordinaire est venu au laminage adhérent au rail; l'introduction des voies métalliques a conduit nécessairement à essayer des contre-rails indépendants, mais ceux-ci sont rarement, comme dans les chemins de fer, les mêmes que le rail. Ils doivent être trop rapprochés l'un de l'autre, pour qu'on puisse utiliser leurs bases d'appui; aussi cherche-t-on pour le contre-rail tout au moins des formes et des moyens de fixation spéciaux.

Le rail et son support, quels qu'ils soient, doivent être introduits dans une tranchée profonde d'environ 20 à 25 centimètres, selon la dimension des pavés et le système de voie.

Le meilleur support sera celui qui remplira le plus exactement la tranchée et maintiendra le plus solidement en place les pavés latéraux et le meilleur rail, celui qui se reliera le plus parfaitement au support.

On peut remplir cette tranchée avec une longrine tubulaire en fonte, ou à l'aide de sable, de pierraille, de béton ; ces deux moyens présentent chacun des inconvénients.

L'auteur de l'étude examine ensuite la hauteur à donner au support ou à la longrine, la nature du pavage et de l'empierrement, les traverses ; il indique les procédés employés pour le maintien de l'écartement et empêcher le déversement du rail ; l'éclissage, la courbure des rails, les différents types d'attache, etc.

De toute cette étude, il tire des conclusions que nous reproduisons :

« Dans les pavages on doit proposer les desiderata généraux suivants :

1° Les rails auront une résistance propre et ne compteront pas sur le bourrage. Avec une résistance propre, la longrine est une superfétation ; le rail résistant par lui-même peut, ou bien reposer sur traverses, ou bien sur le sol résistant naturel ou artificiel, soit directement, soit par l'intermédiaire de coussinets ;

Dans le premier cas, il sera haut, donc lourd et coûteux. S'il est d'une pièce, on met hors service beaucoup de matière, pour la moindre usure ou détérioration ; s'il est de deux pièces, il faut des attaches délicates et souvent nombreuses.

Dans le second cas, il est toujours difficile à fixer solidement ;

2° Le profil sera tel que l'axe de roulement soit dans le plan passant par le centre de gravité et en pleine matière, pour combattre la torsion, le roulement dur et le déversement ;

4° Le déversement devra être combattu et l'écartement assuré, notamment par la solidarité du contre-rail et du rail, par la coïncidence de l'axe résultant des pressions avec l'axe de la figure, par la stabilité en général ;

5° La stabilité s'obtient notamment par l'empâtement et par la solidité de l'assise. L'éclissage sera solide, la courbure facile et les attaches seront réduites au minimum ;

6° Le pavage et le système de voie devront s'accorder, et la solidarité des files latérales devra être surtout assurée ;

7° La voie sera établie directement sur assise en béton ou sur un sol dur, et, à défaut de cette base, sur traverses. »

M. de Backer passe ensuite à la description des différents types de voies connus jusqu'à présent ; il divise cette étude en trois parties, savoir :

1° Rails sur supports discontinus ou espacés ;

2° Rails sur supports continus ;

3° Rails-longrines et rails-supports à âme ou à cuvette.

(Revue universelle des mines).

**Méthode employée pour renforcer les culées d'un grand pont.** — La méthode en question a été appliquée en Amérique pour un pont construit sur la rivière Schuylkill, rue Chestnut, à Philadelphie.

Ce pont qui a été édifié en 1861 et qui n'a été terminé que 5 ans plus tard, se compose de deux arches en maçonnerie, d'une ouverture de 53<sup>m</sup>,50. La longueur totale de l'ouvrage, y compris les chemins d'accès est de 458<sup>m</sup>,40 ; la largeur de voie charretière est de 6<sup>m</sup>,80 ; elle est bordée de chaque côté de trottoirs de 2<sup>m</sup>,50.

La culée Ouest a été construite sur une couche de limon de 8<sup>m</sup>,10 d'épaisseur au-dessous de laquelle on trouve une couche de gravier et de blocs de pierres, et enfin une couche de rochers.

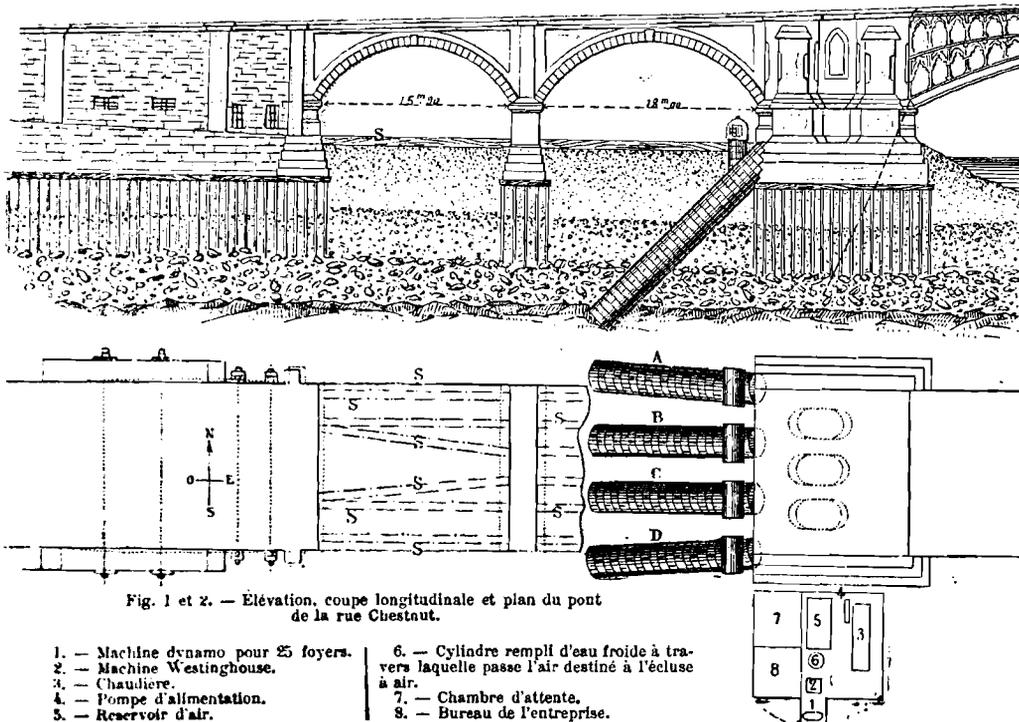


Fig. 1 et 2. — Élévation, coupe longitudinale et plan du pont de la rue Chestnut.

- |                                     |  |
|-------------------------------------|--|
| 1. — Machine dynamo pour 25 foyers. | 6. — Cylindre rempli d'eau froide à travers laquelle passe l'air destiné à l'écluse à air. |
| 2. — Machine Westinghouse.          | 7. — Chambre d'attente.  |
| 3. — Chaudière.                     | 8. — Bureau de l'entreprise.   |
| 4. — Pompe d'alimentation.          |  |
| 5. — Réservoir d'air.               |  |

3° La facilité de roulement et de traction devra être recherchée, notamment par le profil convenable, la stabilité et les soins de la pose.

Le contre-rail indépendant rendu solidaire du rail, réagit contre les chocs latéraux, mais il contribue, comme ci-dessus, à augmenter le poids et le prix de la voie ;

Dans ce terrain limoneux on a battu des pieux en chêne blanc, et les têtes de ces pieux, arasés au niveau convenable, ont été noyées dans une couche de béton de 0<sup>m</sup>,75 d'épaisseur. C'est sur cette couche de fondation que l'on a établi la plate-forme qui constitue la base de la construction en maçonnerie.

Depuis l'achèvement du pont, les fondations se sont main-

tenues dans une position verticale, mais la poussée de 2,000 tonnes exercée par l'arc allongé qui s'appuie sur la culée côté Ouest, a déplacé cette dernière, qui, en conséquence, a glissé sur la couche de limon qui la supporte. Il se produisit des crevasses dans les maçonneries. On fut obligé d'étaçonner tout l'ouvrage, afin d'empêcher une catastrophe. Lorsque le mouvement s'arrêta, on constata que la culée s'était déplacée de 0<sup>m</sup>,20 et la pile centrale de 0<sup>m</sup>,0125. Il s'agissait alors de trouver un moyen de consolidation plus efficace que celui employé tout d'abord, et on devait s'arranger de façon à ne pas interrompre la circulation sous l'une des arches.

On résolut le problème, en construisant 4 cylindres métalliques de 0<sup>m</sup>,0125 d'épaisseur et de 2<sup>m</sup>,40 de diamètre dont l'extrémité supérieure venait buter contre la culée et qui s'enfonçaient suivant un angle de 45° jusqu'à la rencontre du terrain solide. Ces cylindres qui devaient être dirigés, comme on le voit, (fig. 1 et 2) suivant la ligne de poussée de l'arche, devaient être remplis de béton. Grâce à cette combinaison, le poids de l'arche se trouvait transmis au sous-sol rocheux par 4 étaçons en béton de 2<sup>m</sup>,40 de diamètre.

**Études sur la construction de viaducs et d'aqueducs pour routes en Amérique.** — M. James Owen, membre de la Société des Ingénieurs civils américains, a publié dans le bulletin de cette Société le résultat des expériences faites par lui dans une période de dix années sur les conditions d'établissement des ponts-routes depuis 0<sup>m</sup>,60 jusqu'à 80 mètres d'ouverture.

La contrée de l'Amérique (Essex County, New-Jersey) dans laquelle on a construit plus de 1200 de ces ouvrages d'art est riche en matériaux.

Ces derniers, se trouvant sur place, on a procédé à l'établissement définitif de ces ouvrages, afin d'éviter les frais de réparations qu'entraînent les ponts provisoires.

Pour franchir les cours d'eau de 1<sup>m</sup>,20 et au-dessous de largeur, on employait des aqueducs en pierre ou ponceaux, des égouts circulaires en maçonnerie de briques ou des tuyaux en fonte.

Pour les aqueducs ayant de 1<sup>m</sup>,20 à 7<sup>m</sup>,50 de débouché on établissait des voûtes en briques, ou des ponceaux en bois ou en métal dont les culées étaient des murs en maçonnerie de pierres

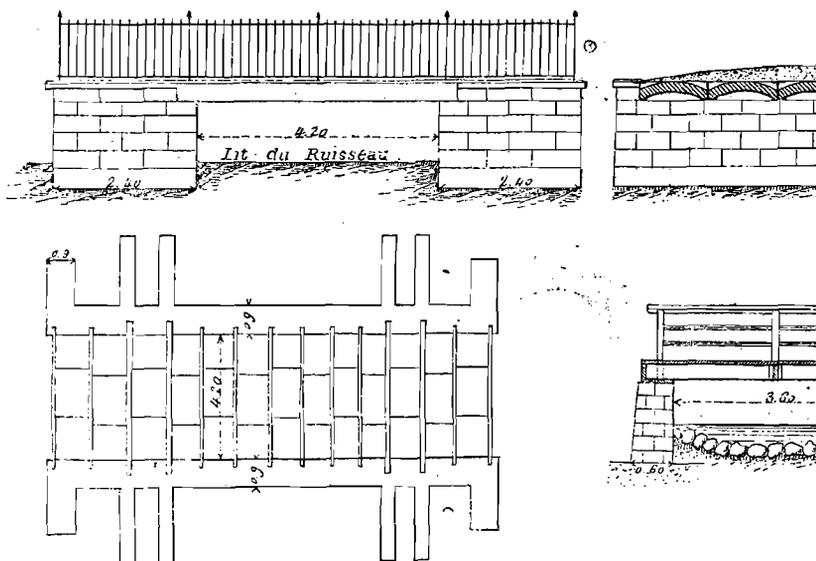


Fig. 2, 3 et 4. — Plan, élévation et coupe transversale d'un pont de 4<sup>m</sup>,20 d'ouverture.

Fig. 1. — Coupe longitudinale (ponts en charpente).

Le béton employé au remplissage des colonnes se composait de 1 partie de ciment pour 2 parties de sable fin et 4 parties de pierres cassées. Au mois de février 1885, on avait terminé la pose de deux de ces jambes de force ou contrefiches monolithes. L'une d'elles a 19<sup>m</sup>,50, l'autre 18<sup>m</sup>,60 de longueur.

Les fouilles nécessaires au déplacement des colonnes, s'exécute au moyen de l'air comprimé, suivant la méthode déjà employée pour le percement du tunnel sous l'Hudson-River et qui a été décrite en son temps par tous les journaux qui s'occupent de travaux. A l'extrémité supérieure du cylindre se trouve une écluse à air de 4<sup>m</sup>,20 de longueur et de 1<sup>m</sup>,50 de largeur, divisée en 4 compartiments par 3 portes, ce qui permet de faire entrer les matériaux et de faire sortir les déblais, sans interrompre le travail et avec la plus grande facilité. Cette écluse est représentée fig. 1 et fig. 2.

On boulonne les plaques qui forment les parois du cylindre au fur et à mesure de l'avancement de la fouille. Lorsque ce cylindre est arrivé à la couche de terrain rocheux, on fixe solidement son extrémité au roc, puis on procède au coulage du béton.

L'éclairage de la chambre de travail, se fait au moyen de l'électricité.

Nous donnons fig. 1 et 2 la vue en coupe et en plan des travaux de consolidation décrits ci-dessus. Ces dessins sont empruntés au *Railroad Gazette*. (Engineer).

de taille. Dans le cas où l'on établissait une superstructure métallique, la chaussée pavée reposait sur des voûtes en briques.

Enfin lorsque le cours d'eau à traverser avait une largeur supérieure à 7<sup>m</sup>,50, on avait recours à des poutres en fer laminé supportant une chaussée planchée ou constituée par des voûtes en briques avec pavage.

Les ponts en charpente n'ont été adoptés que pour des portées inférieures à 15 mètres.

Dans les terrains plats et lorsqu'il y avait à craindre des obstructions, on employait des ponceaux dont les murs étaient construits avec des moellons et dont le tablier était formé de dalles pouvant être facilement enlevées pour procéder au nettoyage de l'aqueduc. Lorsque le courant est fort, mais insuffisant pour affouiller le terrain, on peut sans inconvénient employer des tuyaux en fonte passant sous la chaussée. On peut aussi avoir recours à des égouts en briques. L'auteur a construit un ouvrage de ce genre dans un terrain graveleux et bien pilonné; cet aqueduc qui avait 15 mètres de longueur et 1<sup>m</sup>,80 de diamètre servait à l'écoulement de l'eau d'un ruisseau à régime torrentiel.

Les tuyaux en poterie sont à rejeter en raison de leur fragilité et de la difficulté de procéder à leur nettoyage.

L'auteur de l'étude que nous résumons ici n'est pas d'avis

de diviser les ponts de moins de 15 mètres de portée en plusieurs travées, les piliers faisant obstacle à l'écoulement des eaux, produisant des affouillements et déterminant, par suite, la destruction rapide de l'ouvrage.

En ce qui concerne les fondations, il pose les règles suivantes :

Lorsque ces fondations ont moins de 1<sup>m</sup>,20 d'épaisseur, il faut faire des fouilles ayant au moins 0<sup>m</sup>,60 au-dessous du niveau du lit du cours d'eau et les pierres employées à l'établissement de ces fondations doivent avoir une longueur au moins égale à la largeur de la culée.

Si l'on rencontre du sable mouvant, il convient de faire les fouilles sur toute la largeur du pont et de placer longitudinalement à l'emplacement des culées, des madriers de 0<sup>m</sup>,03, de clouer dans le sens transversal d'autres madriers ayant une longueur égale à la largeur des fouilles et des deux culées, afin de protéger la fondation contre l'action de la gelée. On peut procéder de cette façon jusqu'à une portée de 7<sup>m</sup>,50; mais, au-dessus, il faudrait placer les madriers simplement sous chaque fondation.

travées de 12 à 15 mètres, on a employé des fermes à clef pendante; c'est un type fort ancien, mais qui a donné d'excellents résultats et qui est sujet à de très faibles vibrations.

Les ponts avec poutres métalliques et tablier en bois sont très avantageux dans les pays agricoles. Jusqu'à une portée de 6 mètres, on a employé des poutres laminées ordinaires dont les dimensions et l'écartement varient suivant l'importance des ouvertures du pont; l'écartement le plus réduit ne descendant pas au-dessous de 1<sup>m</sup>,20.

L'auteur de cette étude déclare n'avoir pas trouvé de moyen entièrement satisfaisant d'assembler les poutres avec le tablier en bois. Il a employé la méthode courante qui consiste à clouer et à boulonner les poutres en bois sur les poutres métalliques et il recommande d'observer les règles suivantes :

Lorsqu'il y a à craindre la pourriture prompté du bois, il convient d'employer l'essence de chêne blanc; dans les villes on se servira avec succès du bois de pin jaune et enfin dans le cas où l'usure est plus rapide que la pourriture, le bois de sapinette (sorte de pin résineux). L'épaisseur usuelle des madriers est de 0<sup>m</sup>,045 à 0,06; en tout cas il convient de ne pas dépasser 0<sup>m</sup>,135

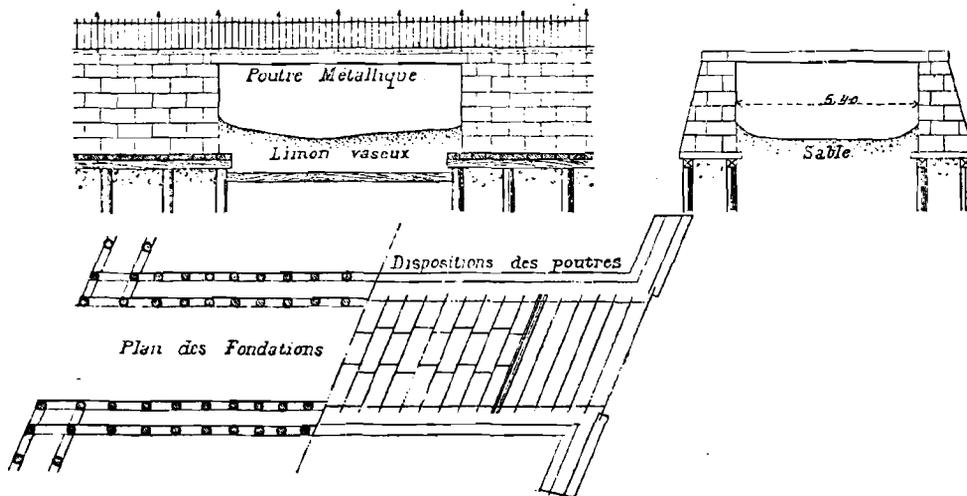


Fig. 5, 6 et 7. — Plan, coupe longitudinale et coupe transversale d'un pont construit sur pilotis.

Quand le terrain est marécageux, il faut battre des pieux jusqu'à la rencontre du terrain solide et étréssillonner leurs extrémités afin d'empêcher tout déplacement ultérieur.

Il est difficile d'indiquer les dispositions spéciales qu'il convient de prendre pour l'exécution des maçonneries; cependant, sauf pour le cas des petits ponceaux, il est préférable d'employer pour cette maçonnerie des pierres d'assises. La maçonnerie revient, dans ce dernier cas, plus cher que celle faite avec des moellons, mais il n'y a pas à craindre d'affouillements et les frais d'entretien sont beaucoup moindres.

Les voûtes ont été exécutées en briques, excepté à leurs extrémités, où on a employé la pierre de taille: on a obtenu ainsi d'excellents résultats, bien supérieurs à ceux résultant de l'emploi exclusif des pierres de taille, attendu que les briques, en raison de leur faible épaisseur, permettent de faire des joints exacts.

Les ponts établis au-dessus des cours d'eau ont été munis d'un radier pavé afin d'empêcher ou plutôt de diminuer le dépôt du limon. Ce radier, établi avec des pierres munies d'une queue suffisante pour s'enfoncer dans le lit du ruisseau, doit, en outre, être maintenu à l'amont et à l'aval par un cuvelage en bois dans le cas où le courant est très rapide.

On peut encore donner au radier une déclivité supérieure à celle du lit du cours d'eau.

On a représenté (fig. 1) la disposition prise pour la construction des ponts en charpente.

Pour des travées de 6 mètres, mais de moins de 9 mètres de portée, on a employé des poutres ordinaires; mais pour des

Lorsque le pont doit servir au passage d'une route importante, le type le plus convenable est celui à poutres métalliques et à tablier à voûtes en briques.

Les figures 3 à 8, représentent des types de ponts ainsi construits.

Les poutres laminées s'emploient pour des ouvertures de 6 mètres au maximum. Au-dessus de cette dernière limite il faut avoir recours à des poutres en tôle assemblées par des tirants parallèles de 0<sup>m</sup>,011 d'épaisseur et distants de 1<sup>m</sup>,20. Entre ces poutres, on construit des voûtes en briques ayant une flèche égale au 1/8 de leur ouverture.

L'intervalle compris entre ces voûtes est rempli de béton, on lisse la surface avec une bonne couche de mortier, on étend au-dessus des feuilles de papier trempées dans un mélange de goudron et d'asphalte; au-dessus on met une couche de sable de 0<sup>m</sup>,03 d'épaisseur et enfin on termine par un pavage ou par un empierrement.

Les dessins indiquent les dispositions prises pour la construction de mains courantes et de garde fous.

(Société des Ingénieurs civils américains).

**Amélioration du fleuve Hudson.** — Le général Newton a dressé, en 1866, un projet pour améliorer le fleuve Hudson en augmentant son tirant d'eau. Ce projet consistait : 1° à construire un système de digues longitudinales assez rapprochées pour permettre aux courants de jusant et de flot de maintenir libre le chenal, à faire des dragages; et 2° à construire ces digues en

bois et en pierres, de façon à leur donner la solidité nécessaire en réduisant au minimum la dépense d'établissement.

Ces travaux ont été exécutés, et, grâce à eux, on a obtenu, en 1880, une profondeur de 2<sup>m</sup>,50 jusqu'à Albany, et de 2<sup>m</sup>,44 jusque'à Troy.

On compte qu'après l'exécution complète du programme du général Newton, on obtiendra, sur les parcours ci-dessus désignés, des profondeurs d'eau de 3<sup>m</sup>,30 à 3<sup>m</sup>,40 et de 2<sup>m</sup>,70 à 2<sup>m</sup>,75.

Les digues sont construites suivant deux types :

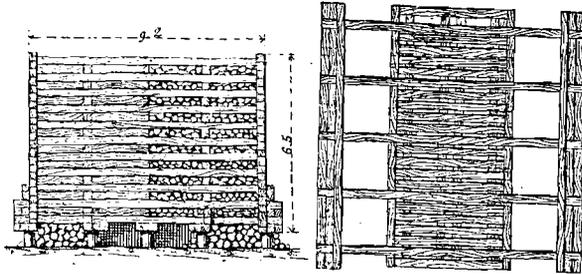


Fig. 1.

Fig. 2.

1° Les digues avec pieux sont formées de deux lignes de pieux distantes de 2 mètres à 4 mètres. Sur les faces intérieures de ces lignes de pieux, on cloue des bordages en charpente. L'intervalle est rempli de pierres brutes et le niveau des digues est arasé au niveau des hautes eaux moyennes ;

2° Les digues formées de caissons ou coffrages en charpente garnis d'enrochements.

Voici quelques renseignements intéressants donnés sur l'emploi de ces caissons par les journaux américains :

Dans ces dernières années, on a apporté aux caissons des améliorations ayant pour but de leur assurer une plus grande stabilité, et on les emploie aujourd'hui avec le plus grand succès pour l'établissement des digues, des barrages ou des brise-lames lorsque le sol sur lequel ils doivent reposer est formé de gravier ou de rochers.

Ainsi, à Buffalo, on a construit un brise-lames dont la fondation se trouve à 8 ou 9 mètres au-dessous du niveau moyen de l'eau.

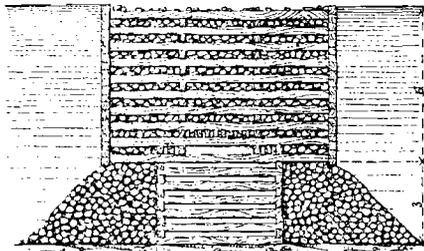


Fig. 3.

On enleva à la drague la couche de limon, de façon à atteindre le terrain solide (ce terrain se trouvait à 6<sup>m</sup>,70 de profondeur), puis on creusa une tranchée de 15 mètres de largeur à la base, que l'on remplit de gravier jusqu'à 0<sup>m</sup>,60 au-dessous du niveau du sol. Enfin, on posa au-dessus du gravier une couche de moellons bruts.

C'est sur cette assise ainsi préparée que l'on descendit des caissons ou cuvelages de 15 mètres de longueur, de 11<sup>m</sup>,50 de largeur et de 11<sup>m</sup>,50 de hauteur.

Les parois de ces caissons sont pleines ; elles sont formées de poutres de bois de pin équarrées de 0<sup>m</sup>,30 sur 0<sup>m</sup>,30. Le caisson est divisé intérieurement dans le sens de sa longueur et dans le sens de sa largeur par trois cloisons à claire-voie ; quant au fond du caisson, il était formé de poutres recouvertes de planches.

Lorsque les caissons sont descendus et fixés dans la position voulue, on les entoure à leur base d'enrochements pour les empêcher de se déplacer et on les remplit de pierres.

On a construit un brise-lames du même genre pour le port de Chicago. L'ingénieur chargé de ce travail fit battre des rangées de pieux à 2<sup>m</sup>,40 de distance d'axe en axe. Les pieux comprenant chaque rangée étaient éloignés de 1<sup>m</sup>,20 d'axe en axe. (Voir fig. 1 et 2).

Ces pieux furent arasés, à l'aide de scaphandres, à un mètre au-dessus du fond de la mer et c'est sur cette assise que l'on posa les caissons. Ces derniers étaient à parois pleines ; dans le sens de leur longueur ils étaient divisés en trois compartiments par deux cloisons à claire-voie. Le compartiment du milieu était seul pourvu d'un plancher ; les deux autres étaient terminés par un grillage. Chaque paroi longitudinale reposait sur trois sablières ou semelles assemblées entre elles ; cette disposition avait pour but d'augmenter la surface d'appui des caissons sur les sommets des pieux qui ne se trouvaient pas exactement à l'aplomb des parois des caissons.

Pour opérer la descente de ces caissons, on remplit de pierres les compartiments du milieu, puis les compartiments extrêmes. On jeta enfin des enrochements dans l'intervalle existant entre les pieux.

On construisit un brise-lames du même genre en pleine mer ; mais comme il était trop difficile de battre des pieux à 7 ou 8 mètres de profondeur d'eau, on employa un caisson représenté en coupe transversale fig. 3.

Le plancher des compartiments extérieurs se trouve à 3<sup>m</sup>,10 au-dessus du fond de la mer, afin que les pierres jetées dans ces compartiments puissent s'épandre au-dehors et former un mur solide qui sert de fondation au caisson. Avant son remplissage, le caisson était soutenu dans sa position verticale par les deux cloisons intérieures qui avaient été renforcées dans ce but.

Les cuvelages du genre de ceux qui viennent d'être décrits peuvent être avantageusement employés pour les travaux de réparation des ponts ; dans ce cas ils jouent le rôle de piles provisoires pour soutenir la superstructure du pont.

Cette méthode a été employée en 1881 pour la réparation d'un pont de chemin de fer sur le Mississipi. Ce pont situé près de Keokuck avait une portée de 67 mètres : il était constitué par une poutre qui, ayant été détériorée par le choc d'un bateau à vapeur, avait dû subir une réparation importante ; on intercala dans la partie effondrée un cuvelage qui soutint deux poutres du système Howe de 43 et de 24 mètres de longueur. Ce pont provisoire servit jusqu'à la fin de l'année 1882 et présenta une grande solidité.

(American Engineer).

**Jetée sur pieux à vis construite à l'embouchure de la Delaware.** — On a construit à l'embouchure de la Delaware (Amérique), une jetée sur pieux à vis qui sert au transbordement des marchandises.

Cette jetée sur laquelle M. Cadart, ingénieur des ponts et chaussées, donne des renseignements intéressants dans son rapport de mission, a une longueur de 510 mètres ; elle porte une voie ferrée et une voie charretière.

La largeur de cette jetée est variable ; elle est de 6<sup>m</sup>,70 dans la première partie, et de 13<sup>m</sup>,10 sur la seconde partie. Les pieux en fer forgé reposent sur des vis en fonte formées de deux portions d'hélice faisant chacune un demi-tour et dont le pas est de 0<sup>m</sup>,262.

Le nombre total des pieux est de 207 ; ils sont disposés sur 81 rangées horizontales.

Dans chaque rangée, l'intervalle qui sépare deux pieux consécutifs est de 3<sup>m</sup>,20.

La première partie de la jetée (qui a 6<sup>m</sup>,70 de largeur), est supportée par 54 rangées de 3 pieux chacune ; la seconde partie (qui a 13<sup>m</sup>,10 de largeur), est supportée par 27 rangées de 5 pieux chacune.

Le sommet de ces pieux est arasé à 3<sup>m</sup>,30 au-dessus du

niveau des basses eaux moyennes. Leur longueur varie de 4<sup>m</sup>,88 à 16<sup>m</sup>,62 suivant la profondeur à laquelle se trouve la couche de gravier compacte dans laquelle ils pénètrent.

Enfin, suivant la longueur qu'ils ont, ces pieux ont des diamètres qui sont de 0<sup>m</sup>,131, 0<sup>m</sup>,144, 0<sup>m</sup>,169 et enfin 0<sup>m</sup>,212.

On comprend que l'on ait donné au contreventement toute la solidité possible.

Ce contreventement est obtenu : 1<sup>o</sup> par un premier système de barres de fer de 5 à 5,6 centimètres de diamètre, formant des croix de Saint-André dans le sens vertical et transversal. Ces barres sont attachées aux chapeaux des pieux et à des colliers fixés dans de petites encoches réservées à cet effet sur les pieux ; 2<sup>o</sup> par un deuxième système vertical et longitudinal formé de barres de fer de 6,2 à 7,5 centimètres de diamètre disposées également en croix de Saint-André et attachées aux colliers des pieux.

Les barres de contreventement appartenant à ce deuxième système sont entièrement sous l'eau. Enfin, on a complété les dispositions précédentes par un troisième système de contreventement horizontal, composé de barres de fer attachées aux chapeaux des pieux et disposées en croix de Saint-André.

Les pieux sont faits d'une seule pièce de fer forgé ; les plus grands pèsent 5.000 kilogrammes. A la partie supérieure, sur une hauteur de 50 centimètres, on a tourné le métal à la machine afin d'avoir une surface bien unie.

Les barres de contreventement sont faites de deux parties placées bout à bout et réunies par un double écrou à l'aide duquel on peut régler facilement la longueur. A leurs extrémités ces barres portent des boucles dans lesquelles s'engagent les boulons qui servent à les attacher aux colliers.

Les chapeaux des pieux sont en fonte ; on les assemble à l'aide d'une mortaise s'engageant sur la partie supérieure des pieux. Ces chapeaux sont pourvus d'une table sur laquelle s'appuient les longrines constituant l'ossature du tablier. Ce tablier est construit en bois de pin.

Pour enfoncer les pieux à vis, on les faisait tourner en agissant sur une roue horizontale calée sur les pieux. On employa à cet effet deux systèmes de roues.

Quand on arriva à des profondeurs un peu grandes, on éprouva de sérieuses difficultés pour l'enfoncement, et on songea alors à appliquer un principe dont nous avons déjà parlé ; on envoya un jet d'eau sous pression sur la face inférieure des hélices. Comme on n'obtenait ainsi aucun résultat appréciable, on changea la direction du jet ; on dirigea ce dernier sur la face supérieure des hélices ; on parvint alors à enfoncer les pieux sans briser les vis.

Après un séjour de plusieurs années, on eut l'occasion d'enlever quelques pieux et de se rendre compte ainsi de l'effet de l'eau sur le fer. Au-dessous du niveau des basses mers, mais ils étaient recouverts d'une épaisse couche de moules, mais ils étaient peu attaqués. L'attaque était beaucoup plus sensible sur la partie des pieux comprise entre les hautes et basses mers.

(Extrait du rapport de mission de M. Cadart).

**Pont construit sur le Niagara.** — La fig. 1 représente l'élevation d'un pont de chemin de fer à deux voies, construit sur le Niagara, à 90 mètres en aval du pont suspendu. Les rails se trouvent à 71<sup>m</sup>,70 au-dessus du niveau de l'eau. Comme ce pont est au-dessus des rapides, on n'a pu se servir pour sa construction, ni de ponts provisoires, ni d'échafaudages ; et on a adopté, en conséquence, le système représenté sur la figure ; on voit que l'ouvrage se compose d'une poutre armée, étayée de chaque côté des piles.

Les extrémités riveraines sont ancrées dans la maçonnerie des culées et cet ancrage est destiné à contrebalancer l'excès de poids existant entre la partie de poutre située au-dessus du fleuve et celle placée entre la pile et la rive.

La longueur totale du pont d'axe en axe des chevilles ouvrières extrêmes est de 273 mètres, divisée en deux bras de levier C E et F B de 118<sup>m</sup>,50 chacun, et une travée centrale E F de 36 mètres fixée aux extrémités des deux poutres armées reposant sur les piles. Les palées ou tours qui supportent les deux poutres armées ont 40 mètres de hauteur ; elles se composent de quatre montants ou piliers en acier formés de fers plats et de fers à cornière. Elles sont contreventées par des moises et des tirants. Les montants s'appuient à leur extrémité inférieure sur des embases en fonte de 1<sup>m</sup>,80 de côté, qui ont pour objet de répartir la pression sur les massifs de maçonnerie. Au sommet des montants sont fixées des pièces en acier

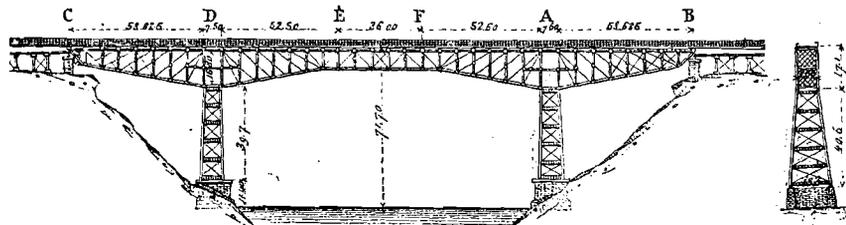


Fig. 1. — Élévation de l'ouvrage.

Fig. 2. — Coupe transversale au droit d'une pile.

fondu qui supportent les poutres à l'aide de joints articulés. Les poutres elles-mêmes sont construites entièrement en acier et en fer forgé, les parties en acier sont celles qui doivent supporter de fortes compressions telles, par exemple, que les semelles inférieures des poutres et les montants. Des joints de dilatation permettent le libre allongement des poutres. Le tablier du pont est formé de traverses de 0<sup>m</sup>,225 d'équarrissage et de poutrelles de sûreté de 0<sup>m</sup>,20 d'équarrissage. De chaque côté de la voie se trouve un trottoir planchéié et un garde-fou. La largeur totale du tablier est ainsi de 9<sup>m</sup>,60.

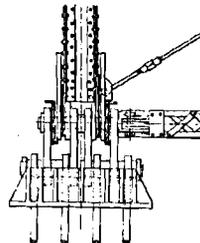


Fig. 3.

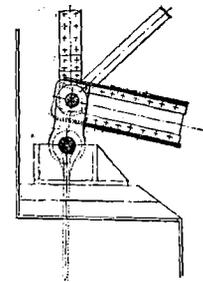


Fig. 4.

Les figures 3 et 4 donnent une vue en élévation longitudinale et une vue par bout des joints articulés placés à l'extrémité du pont, au sommet de la pile culée.

Les piles ont 3<sup>m</sup>,60 de largeur à l'extrémité supérieure. Les piliers d'ancrage situés sur chaque rive, mesurent à leur sommet 3<sup>m</sup>,30 de largeur et 11<sup>m</sup>,15 de longueur ; leur hauteur est de 11<sup>m</sup>,20.

La principale difficulté à vaincre pour l'établissement d'un pont de ce genre consiste dans le montage. Les poutres furent construites sur chaque rive à l'aide d'échafaudages provisoires, établis entre les piles et la rive. Lorsque les parties AB et CD furent terminées et solidement ancrées, on procéda au montage des parties DE et AF en assemblant les cadres à la suite les uns des autres à l'aide de grues spéciales. On posa ensuite la poutre EF destinée à combler l'intervalle existant entre les deux extrémités des poutres déjà mises en place.

(American Machinery).

## Correspondance

Monsieur le Rédacteur en chef,

Dans son numéro du 14 courant, la *Lumière électrique*, dans l'article « Bibliographie », signale à ses lecteurs le *Traité pratique d'électricité appliquée à l'exploitation des chemins de fer*, de M. G. Dumont, qui vient de paraître à la librairie G. Bernard. L'article renferme une critique ainsi conçue :

« Dans les notions théoriques placées en tête de l'ouvrage, nous avons remarqué quelques erreurs. C'est ainsi que l'ouvrage débute par cette phrase :

« *L'électricité n'est qu'une simple forme de l'énergie...; elle apparaît dans certaines circonstances; elle disparaît après avoir accompli un travail.* »

» L'électricité, au contraire, n'est pas une forme de l'énergie...; elle n'est qu'un intermédiaire servant à la transformation de l'énergie: elle disparaît, non pas quand elle a accompli un travail, mais quand cesse le travail qui la produit. »

L'opinion de la *Lumière électrique* me semble devoir être réfutée: je vous serai reconnaissant d'accueillir ces quelques lignes.

Nous ne nous arrêtons pas à la définition de Franklin, suivant lequel il n'existe qu'un seul fluide, dont une certaine quantité constituerait l'état ordinaire des corps, tandis qu'une quantité plus faible ou plus considérable constituerait l'électrisation des corps: nous nous contenterons aussi de rappeler, en un seul mot, qu'à peu près à la même époque, Symmer admettait deux fluides, le positif et le négatif. Mais, sans entrer dans aucun détail, nous pouvons justifier l'opinion de M. Dumont au moyen d'exemples pris parmi les phénomènes qui se passent chaque jour.

Ainsi, un sabot de frein en fonte frottant sur le bandage d'une roue de fourgon à la descente d'une pente s'échauffe, quelquefois au point de devenir rouge. Nous en concluons que l'énergie de mouvement que possédait le train s'est transformée en énergie de chaleur, mais nous ne dirons pas que la chaleur est un intermédiaire servant à la transformation de l'énergie.

De même, si nous considérons une machine dynamo quelconque, Gramme, Siemens, Brush, etc., mise en marche au moyen d'une machine à vapeur, nous constatons que la dynamo s'échauffe, et qu'elle produit en même temps un courant électrique plus ou moins fort. Il y a transformation d'énergie de mouvement en énergie de chaleur, et en énergie électrique. Dans ce cas encore, nous ne considérerons pas la chaleur et l'électricité produites comme des intermédiaires servant à la transformation de l'énergie, mais bien comme des formes nouvelles de cette énergie.

Quant à l'affirmation que l'électricité *ne disparaît pas quand elle a accompli un travail, mais quand cesse le travail qui la produit*, il est bien évident en effet que, si l'on cesse de faire tourner une dynamo, elle cessera de donner de l'électricité. Mais, d'un autre côté, en vertu même du principe bien connu de la conservation de l'énergie, l'électricité disparaît lorsqu'elle a accompli un travail: puisqu'elle s'est transformée en travail, elle n'existe plus comme électricité; et par conséquent elle a disparu.

Veuillez agréer, etc.

E. DE LA BÉDOYÈRE,  
électricien.

Nous sommes entièrement de l'avis de notre correspondant. La *Lumière électrique* nous paraît dans l'erreur. La définition de l'électricité qui se trouve dans le traité de M. Dumont a été donnée en 1883 par un électricien dont le nom fait autorité M. Preece. Nous citons textuellement cette définition :

« Maintenant, messieurs, qu'est-ce que l'électricité? L'électricité telle que nous la connaissons et que nous nous en servons, est purement une forme de la force; on lui donne l'existence quand on en a besoin; elle disparaît quand elle a fait son devoir. Telle la neige qui tombe dans la rivière, — blanche un instant, — elle fond aussitôt pour toujours. Ainsi

» que le son, la lumière et la chaleur, l'électricité est simplement une idée abstraite, elle n'a ni corps ni ombre. »

(Conférence sur les progrès de la télégraphie par M. Preece. — Société des Ingénieurs civils de Londres. — Session 1882-1883.)

Cela est clair, concis et bien dans les données qui ont cours dans l'état actuel de la science.

## Bibliographie

OUVRAGES RELATIFS A LA CONSTRUCTION DES CHEMINS DE FER  
(Suite)

Le paragraphe 2 (Exécution des travaux) dit que l'entrepreneur devra vérifier et achever le piquetage; cette clause se trouve également dans les cahiers des charges des Compagnies, mais en réalité il faut avouer qu'elle est rarement suivie; ensuite, pour ce qui concerne le piquetage, il y a là une de ces prescriptions démodées que la pratique doit dénoncer et sur laquelle se basent souvent les entrepreneurs, pour traiter ces conditions-là de radotages et esquiver celles d'entre elles qui, néanmoins, sont nécessaires à conserver; ainsi que l'on indique, par des piquets placés sur les profils en travers et même intermédiairement, les crêtes et pieds de talus, c'est là une mesure essentielle pour donner aux terrassements la forme prévue, mais qu'au droit de ces mêmes piquets de pied ou de crête, on vienne placer des profils en lattes bien droites, ça ne se fait plus, par la raison que ces lattes ne resteraient pas huit jours sur le terrain, démanchées, brisées et emportées qu'elles seraient par les ouvriers ou par les curieux et promeneurs qui traînent leur importunité de chantiers en chantiers.

Il est dit ensuite que ces implantations doivent être soigneusement vérifiées par les conducteurs; les praticiens répondront à cela que du moment que le personnel (Etat ou Compagnie) est appelé à faire une vérification, il est préférable qu'il fasse l'opération, seul ou plutôt contradictoirement, car les entreprises traitent ces questions-là par dessous la jambe, et, au lieu d'un travail bien fait de prime abord, on n'arrive qu'à un rapetassage plus pénible que l'opération prise par le bon bout!

L'auteur recommande aussi de conserver les piquets d'axe du profil en long, autant que ce sera possible, sans gêner les travaux; d'abord, ce n'est guère réalisable, d'autre part, avec le système des croquis de crêtes et pieds de talus dont les *Annales* ont dit un mot, les piquets d'axe deviennent complètement inutiles et il n'y a pas lieu de les conserver sur des témoins en déblai, ou dans des creux en remblai; d'ailleurs la liberté de circulation, pose de voies de terrassements, etc., exige que la plate-forme entière soit à la disposition des travailleurs.

Nous n'insisterons pas sur l'ordre de commencer le travail qui doit être notifié à un entrepreneur, seulement lorsqu'on peut lui fournir les terrains ou lui indiquer les crédits voulus, ni sur l'obligation de spécifier les ouvrages qu'il devra construire les premiers, ni sur la notification des crédits et sur les sommes approximatives à dépenser par mois; toutes ces données rentrent exclusivement dans le système administratif et financier de l'Etat, et il est inutile d'y revenir, après l'expérience à laquelle ce système a donné lieu.

Arrivons à la surveillance immédiate des chantiers, faite sous les ordres des ingénieurs, conducteurs et employés secondaires, par une classe d'agents appelés surveillants, payés à la journée et choisis, avec soin, parmi d'anciens ouvriers ou petits tâcherons (?).

La question des surveillants proprement dits mériterait une étude spéciale, tout un volume! Constatons ici simplement que nulle part elle n'a été logiquement résolue, pas plus aux Compagnies qu'à l'Etat; cette situation devrait être indépendante de la précarité, rétribuée selon son importance réelle, et surtout assurée contre le lendemain; les surveillants devraient partout faire partie du personnel fixe et ayant droit à la retraite, et, en outre, le métier de surveillant devrait être le début obligatoire

de tout agent, piqueur, conducteur, chef de section et ingénieur; rien n'empêcherait d'avoir, dans ce corps, des individus spéciaux à qui leur instruction limitée interdirait l'accès des grades plus élevés, de même qu'il y a dans les Compagnies et dans l'Etat des conducteurs qui ne peuvent être que conducteurs, des chefs de section qui ne peuvent devenir sous-ingénieurs ou ingénieurs, de même il y aurait, dans la catégorie des surveillants, des sujets réservés perpétuellement à ce rôle; mais cela n'altère en rien le principe du début dans ce grade et dans cette occupation, début utile et même nécessaire à tout agent qui doit occuper plus tard des emplois supérieurs.

Aussi la base de recrutement actuel des surveillants, leur mode de paiement à la journée, fût-ce même au mois ou à l'année, constituent un vice d'une influence désastreuse vis-à-vis les travaux publics, et l'amélioration des conditions d'être de cette classe d'agents, tant pour sa formation que pour son action, sa moralité, sa responsabilité et son avenir, offre une des réformes les plus sérieuses qui puissent intéresser l'opinion et viser l'intérêt général.

Tant qu'une modification ne sera pas réalisée dans ce sens, la surveillance immédiate des travaux sera, les trois quarts du temps, un leurre et, pour le quatrième quart, un mot, et, on est forcé de l'avouer, c'est justice.

Si l'administration des Ponts et Chaussées tire autant de travail et de dévouement de ses cantonniers que, cependant, elle paie à des prix infimes, c'est que ces humbles salariés ont la perspective et l'assurance de la retraite, et de nos jours, sans cette perspective, il n'est guère possible de s'assurer n'importe où une collaboration consciencieuse!

Les entreprises qui, dans leur esprit éminemment pratique, en savent quelque chose, ont remplacé la retraite par la participation aux bénéfices qui est une sorte de retraite versée par anticipation.

L'institution actuelle des surveillants est donc partout à refondre entièrement sur des bases nouvelles et plus logiques qui en assurent la valeur et le fonctionnement.

Nous passerons sur les divers attachements demandés aux surveillants, et que tout le monde connaît par cœur, nombre d'ouvriers, de chevaux, de véhicules, etc., pour dire un mot du profil en long indiquant le degré d'avancement des travaux.

Ce profil a du bon, mais le demander tous les mois et avec les complications que l'on y met parfois, c'est détourner les agents de la surveillance des chantiers, user leur temps à un besogne de bureau que des tournées plus fréquentes remplaceraient plus avantageusement. Aussi un profil en long trimestriel est-il suffisant, car il relate, avec les dates d'attaque ou d'achèvement, tous les détails des travaux qui pendant l'hiver offrent peu de développement.

Nous ne parlerons pas des détails que traite M. Partiot et qui ne sont pas autre chose que les mesures qui appartiennent en propre à l'administration des Ponts et Chaussées et offrent quelques variantes dans le service des Compagnies où les agents ne sont pas en général armés vis-à-vis des entreprises comme le sont leurs collègues au service de l'Etat; situation que nous n'avons pas à discuter ici. Mais, laissant de côté ces points de vue divers, nous atteignons les mesures à prendre après l'achèvement des travaux, en débutant par le chaînage et nivellement de la plate-forme après son achèvement, et ce, au moyen d'un piquetage reproduisant les allures du profil en long.

Ce mode de faire n'est pas usité en grand; dans les Compagnies, la plate-forme se vérifie au fur et à mesure de son exécution, et cette réception générale ne peut guère servir que transitoirement, lors de la remise, aux Compagnies, des quelques tronçons dont l'Etat s'est encore réservé l'infrastructure.

Parmi les mesures d'achèvement, il en est d'autres telles que remises des instructions, papiers et plans, sur lesquelles il serait superflu de dire un seul mot.

Nous voici donc sinon à la fin du traité, du moins au bout du texte, car ce texte ne représente que soixante-dix pages, soit les  $\frac{2}{5}$  du volume total, le surplus se composant de tables diverses dont il importe de donner la définition et le but.

La première table est une table d'abscisses et d'ordonnées calculées pour le tracé des raccordements paraboliques; elle ne peut avoir d'utilité que là où l'on emploie cette méthode qui, ainsi que nous l'avons dit, n'est pas d'une nécessité absolue, qui, en outre, à côté de la solution Nordling, offre la solution Combière, supérieure pour plus d'un motif.

La deuxième table est le classique Carnet de Déglin, qui revient encore sur l'eau, véritable Protée qui non seulement se retrouve en circulation sous sa forme naturelle d'autographie, mais encore se reproduit de ci de là, avec quelques variations apparentes, dans divers guides, vade-mecum et memento.

La troisième table est consacrée aux surfaces des profils avec terrain horizontal, pour une voie, et pour déblais ordinaires, déblais en rocher et remblais, soit pour trois gabarits, également pour deux voies et pour les trois gabarits y relatifs.

Ces gabarits sont ceux adoptés par l'Etat; mais s'ils correspondent aux types de certaines Compagnies, ils ne feraient pas le bonheur des autres, et en réalité ils offrent des complications complètement inutiles. Par exemple, le bombement des plate-formes en remblai, une cheminée pure en exécution et qui disparaît sous la couche primitive de ballast, lorsque, par des tassements qui durent des années, cette couche vient à faire partie du remblai lui-même.

Ces tables spéciales n'ont donc qu'une portée restreinte, malgré les calculs laborieux auxquels elles ont donné lieu. Le profilomètre Siégler les remplacera d'ailleurs avec avantage, pour des évaluations d'avant-projet; aussi nous n'en parlerons pas davantage, car ce serait retomber sur des questions élucidées plusieurs fois pour une. A leur suite nous trouvons, enfin, des entêtes de feuilles d'attachements pour terrassements et ouvrages d'art, entêtes que les carnets des surveillants, en usage dans les Compagnies, répètent suffisamment, avec ou sans modifications.

Ces tables et spécimens terminent la portion la plus volumineuse de l'ouvrage de M. Partiot, les  $\frac{3}{5}$  de la totalité, cent pages environ, et à ce propos il est à regretter que le livre ne se soit pas arrêté à l'exposé des instructions générales, fort mant ainsi un memento d'un prix réductible aux  $\frac{2}{5}$  du prix actuel, dès lors plus accessible à tous les agents des travaux et par suite appelé à plus de vulgarisation.

L'intention qui guide les auteurs est certainement des plus louables; ils rêvent d'offrir au public la plus grande somme de renseignements intéressants, malheureusement ils perdent de vue, dans leur élan, les ressources dont ce public dispose, sans quoi, en scindant leurs productions, ils les mettraient mieux à sa disposition.

C'est là un principe que l'on ne saurait trop recommander aujourd'hui, par ce temps de publications à outrance, et cette avalanche de renseignements écrits, entre lesquels il convient de laisser aux lecteurs la liberté du choix.

A cette remarque près, nous n'avons plus rien à dire de la deuxième partie de l'ouvrage de M. Partiot, sinon qu'elle est, comme la première, un programme, un cadre d'ensemble, un aide-mémoire bondé de notions utiles auxquelles la pratique vient donner leur développement.

Et si l'on envisage ce traité dans sa totalité, en dehors de quelques critiques de détail dues uniquement à ce que l'auteur, dans sa haute position, n'appartient pas au monde des opérateurs, et en regrettant d'autre part que cet écrit ne se soit pas borné au texte renfermant les prescriptions générales, ce qui l'eût mis un peu plus à la portée de toutes les bourses, on doit conclure néanmoins que ce livre est un vade-mecum qui peut non seulement figurer avec honneur dans les bibliothèques des ingénieurs, mais encore prendre sa place et la tenir sur les tables de travail des agents de toute catégorie.

Le Directeur-Gérant : EDOUARD CAHEN.

Paris. — Imprimerie Schiller, 10 et 11, faubourg Montmartre.

# Les Annales des Travaux Publics

REVUE UNIVERSELLE DE L'OUTILLAGE DES TRAVAUX PUBLICS ET DES PROCÉDÉS DU GÉNIE CIVIL

Paraissant du 1<sup>er</sup> au 10 de chaque mois

L'ABONNEMENT D'UN AN

Paris . . . . . 20 fr.  
Départements . . . . . 24 fr.  
Etranger . . . . . 28 fr.

Publiées par le JOURNAL DES TRAVAUX PUBLICS

35, RUE LE PELETIER, A PARIS

L'ANNONCE D'UN AN

Une page entière . . . . . 1000 fr.  
Une demi-page . . . . . 500 fr.  
Un quart de page . . . . . 300 fr.

Les abonnements sont reçus à Paris au bureau du Journal des Travaux Publics, 35, rue Le Peletier, et, dans les départements, chez tous les libraires.

N° 65

Mai 1885

6<sup>e</sup> Année

## SOMMAIRE

ÉTUDES DIVERSES. — Détermination précise de la stabilité des murs de soutènement et de la poussée des terres (suite, 7 fig.). — Les gares terminus du Central New-York (pl. CXXIX et 2 fig.). — Construction d'un bassin à Hambourg pour le déchargement des pétroles (pl. CXXX). — Consolidation des terrains éboulés par masses. — Outillage des travaux publics : Installation pour la fabrication du mortier dans un grand chantier de construction (2 fig.).

CHRONIQUE FRANÇAISE. — Elargissement du pont d'Austerlitz. — Tracé des raccordements circulaires dans les opérations sur le terrain (1 fig.).

CHRONIQUE ÉTRANGÈRE. — Voies entièrement métalliques. — Boulons pour fixer les rails sur les traverses (1 fig.). — Roues de wagons en papier. — Nouvelle méthode pour la construction de murs de soutènement (2 fig.). — Plate-forme type pour remblai (1 fig.). — Pont construit sur le Schwarzwasserbrücke (5 fig.). — Construction d'un plancher pour atelier où manœuvrent des grues roulantes (1 fig.). — Plafonds en béton de ciment (1 fig.). — Nouvelle forme de tuiles flamandes (5 fig.). — Pressions maxima à faire subir aux maçonneries de briques.

BIBLIOGRAPHIE. — Traité d'électricité.

CORRESPONDANCE. — Les barrages du fleuve Kanawha.

## Détermination précise de la stabilité des murs de soutènement et de la poussée des terres

(Suite.)

Considérons un terre-plein d'une hauteur H à soutenir par un mur et supposons la hauteur de ce mur divisée en quatre parties égales  $h_0$ , pour fixer les idées. (Fig. 26.)

La poussée en B étant nulle, le mur OAB pourrait finir en pointe au point B, mais ce serait de la maçonnerie fantaisiste, et en pratique il faut donner une certaine épaisseur au sommet.

Présentement cherchons le profil purement théorique qui donnera un coefficient de stabilité constant pour les sections ob, o'b', o''b'' et oA.

L'équation de stabilité, pour l'élément oBb sera

$$2Q_0 \frac{h_0}{3} = \frac{t-1}{2} x_0^2 + \pi_0 c_0 + fQ_0 x_0$$

or

$$\pi_0 = \delta S_0$$

et

$$\pi_0 c_0 = \delta S_0 c_0 = \frac{\delta h_0 x_0}{2} c_0$$

mais

$$c_0 = \frac{2}{3} x_0$$

d'où

$$\pi_0 c_0 = \frac{\delta h_0 x_0^2}{3}$$

par suite

$$2Q_0 \frac{h_0}{3} = \frac{t-1}{2} x_0^2 + \frac{\delta}{3} h_0 x_0^2 + fQ_0 x_0$$

$Q_0$  et  $fQ_0$  étant déterminés à part, on a ainsi une équation du deuxième degré qui, résolue, donnera la valeur de  $x_0 = l_0$ .

Cette épaisseur  $l_0$  est suffisante au point o, pour que le coefficient de stabilité demandé soit atteint, mais si la poussée est faible,  $l_0$  peut n'avoir qu'une épaisseur insignifiante, de sorte qu'une maçonnerie ainsi exécutée constituerait un placage inadmissible; nous verrons plus loin comment rectifier ce résultat.

Le premier élément oBb ainsi déterminé, passons au deuxième o'Bb' et observons, chemin faisant, que, si on a divisé la hauteur H en parties égales, c'est uniquement pour simplifier les calculs et ne pas y faire entrer les différences  $h_1 - h_0, h_2 - h_1,$

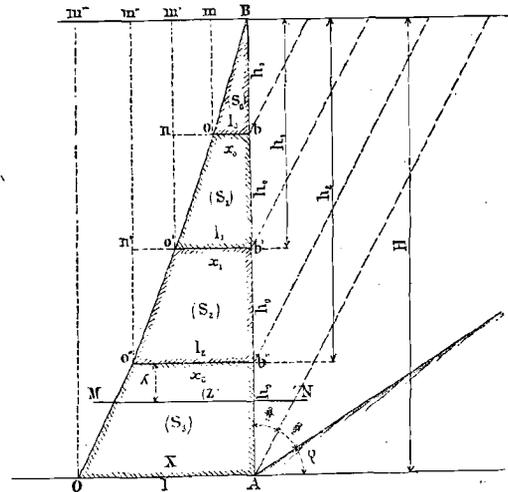


Fig. 26.

etc.; par suite de l'égalité des divisions, ces différences sont toutes égales à  $h_0$ ; on n'introduira donc que ce terme et ses multiples dans les équations de stabilité, et par suite on sera amené à supprimer des facteurs arithmétiques et dès lors à réduire l'écriture des équations.

Pour le deuxième élément, la relation générale devient :

$$2Q_1 \times \frac{h_1}{3} = \frac{t-1}{2} x_1^2 + \pi_1 c_1 + fQ_1 x_1$$

mais

$$\pi_1 = \pi_0 + S_1 \delta = \delta (S_0 + S_1);$$

en prenant les moments par rapport au plan o'm', on voit que le moment de la surface o'oBb'b' est égal au moment du rectangle o'b'Bm', moins les moments : 1° du triangle o'on; 2° du rectangle nomm'; 3° du triangle mOB, ce qui s'écrira :

$$(S_0 + S_1)c_1 = 2h_0 x_1 \times \frac{x_1}{2} - \frac{(x_1 - l_0)}{2} h_0 \frac{(x_1 - l_0)}{3} - (x_1 - l_0) h_0 \frac{(x_1 - l_0)}{2} - \frac{h_0 l_0}{2} \times \frac{l_0}{3}$$

d'où

$$\pi_1 c_1 = \delta(S_0 + S_1)c_1 = \delta \left[ h_0 \frac{x_1^2}{2} - \frac{h_0(x_1 - l_0)^2}{6} - \frac{h_0(x_1 - l_0)^2}{2} - \frac{h_0 l_0^2}{6} \right]$$

$$= \delta \left[ \frac{h_0 x_1^2}{2} - h_0 \times \frac{2}{3}(x_1 - l_0)^2 - \frac{h_0 l_0^2}{6} \right]$$

L'équation de stabilité devient dès lors :

$$2Q_1 \times \frac{h_1}{3} = \frac{t}{2} x_1^2 + \delta \left[ \frac{h_0 x_1^2}{2} - h_0 \times \frac{2}{3}(x_1 - l_0)^2 - \frac{h_0 l_0^2}{6} \right] + fQ_1 x_1$$

Q<sub>1</sub> et fQ<sub>1</sub> étant déterminés à part, cette équation donnera x<sub>1</sub>=l<sub>1</sub>; pour le troisième élément o''b''B, l'équation de stabilité sera :

$$2Q_2 \times \frac{h_2}{3} = \frac{t}{2} x_2^2 + \pi_2 c_2 + fQ_2 x_2$$

On déterminera la valeur du nouveau moment π<sub>2</sub>c<sub>2</sub> pour lequel on aura

$$\pi_2 c_2 = \delta(S_0 + S_1 + S_2)c_2;$$

d'autre part (S<sub>0</sub> + S<sub>1</sub> + S<sub>2</sub>)c<sub>2</sub> est égal, par rapport au plan o''m'', au moment du rectangle o''b''Bm'', diminué des moments : 1° du triangle n'o'o'; 2° du rectangle n'o'm'm'; 3° du triangle o'n'o; 4° du rectangle nomm'; 5° du triangle omB; le produit π<sub>2</sub>c<sub>2</sub> sera ainsi une fonction de x<sub>2</sub> et on aura une équation de la forme :

$$2Q_2 \times \frac{h_2}{3} = \frac{t}{2} x_2^2 + F(x_2) + fQ_2 x_2$$

Q<sub>2</sub> et fQ<sub>2</sub> étant déterminés à part, on calculera x<sub>2</sub>=l<sub>2</sub> et en suivant une marche analogue, on trouvera X=l et par suite le profil total OBA sera arrêté.

Au lieu de diviser le mur en quatre parties égales (h<sub>0</sub>), on eût pu le diviser en un nombre quelconque, pair ou impair (N) beaucoup plus considérable, et on eût obtenu, avec plus de calculs il est vrai, une plus grande approximation dans la forme du profil : les points O, o', o', o et B sont autant de points de ce profil; en doublant le nombre des éléments on eût obtenu des points intermédiaires entre O, o', o', etc., et par suite un polygone d'un nombre de côtés double, se rapprochant davantage de la courbe que l'on trouverait en faisant varier h<sub>0</sub> par quantités très petites d'une façon continue.

La courbe est donc circonscrite au polygone Oo'o'oB; il en résulte que toute section intermédiaire (Z) déterminée par un plan MN à la distance λ d'un élément quelconque sera plus grande que la valeur de cette même section (Z) cherchée directement.

L'équation de stabilité étant en général

$$2Q - \frac{y}{3} = \frac{t}{2} x^2 + \pi c + fQx$$

y peut varier de 0 à H et l'équation représente une certaine courbe passant par le point A (fig. 27); d'autre part :

$$\pi c = \delta S c \text{ et } S = \int x dy$$

comme

$$Q = \frac{d}{2} t g^2 \frac{a}{2} y^2,$$

$$2Q - \frac{y}{3} = d t g^2 \frac{a}{2} \frac{y^3}{3}$$

l'équation devient

$$\frac{1}{3} d t g^2 \frac{a}{2} y^3 = \frac{t}{2} x^2 + \delta c \int x dy + f \frac{d}{2} t g^2 \frac{a}{2} y^2 x$$

La présence du facteur c f x dy complique singulièrement cette équation.

Si on prenait le moment de S, par rapport au plan AB, on aurait

$$\delta \int x dy = \int x dy \frac{x}{2} = \int \frac{x^2}{2} dy,$$

d'où

$$= \frac{\int \frac{x^2}{2} dy}{\int x dy}$$

et comme

$$c = x - 0 = x - \frac{\int \frac{x^2}{2} dy}{\int x dy},$$

$$c \int x dy = x \int x dy - \int \frac{x^2}{2} dy,$$

mais l'équation n'en serait pas moins transcendante.

Ce qui implique la nécessité de donner au premier élément une forme déterminée, la forme triangulaire qui se rapproche le plus de la forme réelle de cet élément, si petit soit-il, et tant qu'on ne le suppose pas égal à zéro,

Alors la surface S devient  $\frac{y\alpha}{2}$ , son moment  $\frac{y\alpha^2}{3}$  et πc devient  $\delta y \frac{\alpha^2}{3}$ ; l'équation peut être résolue, en donnant à y une certaine valeur.

Si au lieu d'attribuer au premier élément une section triangulaire, on partait d'une largeur ε au sommet, il faudrait encore que ε ne fût pas plus grand que l<sub>0</sub>; il convient donc de déterminer d'abord l<sub>0</sub>. Si l<sub>0</sub> > ε, alors on prend au sommet la largeur ε et en recommençant le calcul, on obtiendra pour l<sub>0</sub> une valeur plus petite que précédemment, mais le premier élément ainsi déterminé exercera son action sur le profil de tous les éléments successifs et contribuera à établir un mur d'une forme acceptable et d'un égal moment de stabilité.

Un exemple éclaircira encore la question.

Soient les données :

$$H = 4m, \quad h_0 = 1m, \quad h_1 = 2m, \quad h_2 = 3m$$

$$d = 1600^k, \quad \delta = 1800^k$$

$$\varphi = 40^\circ, \quad f = \tan \varphi = 0,84$$

$$a = 90^\circ - \varphi = 50^\circ, \quad \frac{a}{2} = 25^\circ$$

$$\tan 25^\circ = 0,46631$$

$$\tan^3 25^\circ = 0,21744$$

$$t = 10000^k$$

à l'aide de ces données, on calculera les éléments ci-après :

$$Q_0 = \frac{d}{2} t g^2 \frac{a}{2} h_0^2 = \frac{1600}{2} \times 0,21744 \times 1^2 = 173 \times 952$$

$$Q_1 = \frac{d}{2} t g^2 \frac{a}{2} h_1^2 = 2 h_0^2 = 4 Q_0 = \dots = 695 \ 808$$

$$Q_2 = \frac{d}{2} t g^2 \frac{a}{2} h_2^2 = 3 h_0^2 = 9 Q_0 = \dots = 1565 \ 568$$

$$Q_3 = \frac{d}{2} t g^2 \frac{a}{2} h_3^2 = 4 h_0^2 = 16 Q_0 = \dots = 2783 \ 232$$

$$\mu_0 = \frac{2}{3} Q_0 = \dots = 115 \ 968$$

$$\mu_1 = \frac{2}{3} Q_1 \times 2 = \frac{4}{3} Q_1 = \frac{16}{3} Q_0 = 8 \mu_0 = \dots = 927 \ 744$$

$$\mu_2 = \frac{2}{3} Q_2 \times 3 = 2 Q_2 = 18 Q_0 = 27 \mu_0 = \dots = 3131 \ 136$$

$$\mu_3 = \frac{2}{3} Q_3 \times 4 = \frac{8}{3} Q_3 = \frac{8 \times 16}{3} Q_0 = 64 \mu_0 = \dots = 7421 \ 952$$

$$fQ_0 = 0,84 \times 173.952 = \dots = 146 \ 119$$

$$fQ_1 = 0,84 \times 695.808 = \dots = 584 \ 4787$$

$$fQ_2 = 0,84 \times 1565.568 = \dots = 1315 \ 0771$$

$$fQ_3 = 0,84 \times 2783.232 = \dots = 2337 \ 9149$$

Première équation de stabilité.

$$\mu_0 = 2Q_0 \frac{h_0}{3} = \frac{t}{2} x_0^2 + h_0 \delta \frac{x_0^2}{3} + fQ_0 x_0$$

ou

$$115.968 = 5000 \frac{x_0^2}{3} + \frac{1800 x_0^2}{3} + 146.119 x_0$$

Cette équation résolue donne x<sub>0</sub>=0,13.

Deuxième équation de stabilité.

$$\mu_1 = 2Q_1 \frac{h_1}{3} = \frac{t}{2} x_1^2 + \pi_1 c_1 + fQ_1 x_1$$

ou

$$927.744 = 5000x_1^2 + \pi_1 c_1 + 584.4787x_1$$

$\pi_1, c_1$ , d'après le calcul des moments, établi suivant la figure 28 est

$$300x_1^2 + 273x_1 - 17.745$$

l'équation devient :

$$927.744 = 5000x_1^2 + 300x_1^2 + 273x_1 - 17.745 + 584.4787x_1$$

ou

$$5300x_1^2 + 857.47872x_1 - 945.489 = 0$$

Cette équation résolue donne

$$x_1 = 0.34914981 = 0.35$$

Troisième équation de stabilité.

$$\mu_2 = 2Q_2 \frac{h_2}{3} = \frac{t}{2} x_2^2 + \pi_2 c_2 + fQ_2 x_2$$

ou

$$3131.136 = 5000x_2^2 + \pi_2 c_2 + 1315.0771x_2$$

$\pi_2, c_2$ , d'après le calcul des moments, est,

$$600x_2^2 + 758.88x_2 - 97.38$$

l'équation devient :

$$3131.136 = 5000x_2^2 + 600x_2^2 + 758.88x_2 - 97.38 + 1315.0771x_2$$

ou

$$5600x_2^2 + 2073.9571x_2 - 3228.516 = 0$$

Cette équation résolue donne

$$x_2 = 0.5964 = 0.60$$

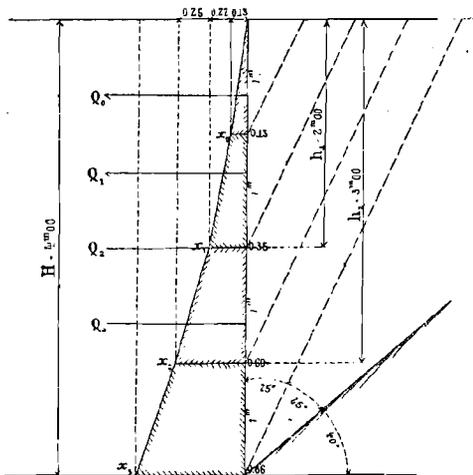


Fig. 28.

Quatrième équation de stabilité.

$$\mu_3 = 2Q_3 \frac{h_3}{3} = \frac{t}{2} x_3^2 + \pi_3 c_3 = fQ_3 x_3$$

ou

$$7421.952 = 5000x_3^2 + \pi_3 c_3 + 2337.9149x_3$$

$\pi_3, c_3$ , d'après le calcul des moments, est

$$600x_3^2 + 2214x_3 - 590.022$$

l'équation devient :

$$7421.952 = 5000x_3^2 + 600x_3^2 + 2214x_3 - 590.022 + 2337.9149x_3$$

ou

$$5600x_3^2 + 4551.9149x_3 - 8011.974 = 0$$

Cette équation résolue donne

$$x_3 = 0.856864 = 0.86$$

Si l'on cherchait quelle serait l'épaisseur, à la base, du mur triangulaire partant du même sommet (fig. 28) et ayant même hauteur H, la poussée serait toujours  $Q_3 = 2783^k, 232$ , son moment serait  $\mu_3 = 7421,952$  et on aurait  $fQ_3 = 2337.9149$ .

Le moment de ce mur ou  $\pi c$  serait

$$1800 \left( \frac{1}{2} x \right)^2 = 1800 \times \frac{1}{3} x^2 = 2400 x^2;$$

l'équation de stabilité est par suite

$$7421.952 = 5000x^2 + 2400x^2 + 2337.9149x$$

ou

$$7400x^2 + 2337.9149x - 7421.952 = 0$$

d'où

$$x = 0.855925 = 0.86 \text{ sensiblement.}$$

Ce mur triangulaire a donc la même épaisseur, à la base, que le profil précédent, quoique la surface du mur triangulaire soit plus considérable que celle du profil, mais cela vient de ce que le centre de gravité du profil est plus reculé vers la droite de la figure que ne l'est le centre de gravité du mur; les moments se font donc presque compensation et par suite l'épaisseur à la base ne peut varier.

Si l'on cherchait l'épaisseur, à la base, du mur trapézoïdal de même hauteur, ayant 0m,40 au couronnement, largeur usitée généralement pour l'établissement des parapets, l'équation de stabilité serait

$$7421.952 = 5000x^2 + \pi c + 2337.9149x$$

et

$$\pi c = 1800 \frac{(x+0.40)^2}{2} > 4c$$

mais

$$\begin{aligned} \frac{4}{3} \frac{(x+0.40)^2}{2} c &= 4x \times \frac{x}{2} - \frac{(x-0.40)^2}{2} > \frac{4}{3} \frac{(x-0.40)^2}{2} \\ &= 2x^2 - \frac{2}{3}(x-0.40)^2 = \frac{4}{3}x^2 + \frac{0.16}{3}x - \frac{2}{3} > 0.16 \end{aligned}$$

d'où

$$\pi c = 1800 \left( \frac{4}{3}x^2 + \frac{0.16}{3}x - \frac{2}{3} \right) \times 0.16 = 2400x^2 + 96x - 192$$

l'équation devient :

$$7421.952 = 5000x^2 + 2400x^2 + 96x - 192 + 2337.9149x$$

ou

$$7400x^2 + 2433.9149x - 7613.952 = 0$$

elle donne  $x = 0,8631$  ou 0,86 approximativement; l'excédent de surface sur le mur triangulaire est compensé encore par la diminution du bras de levier.

Si enfin on détermine l'épaisseur du mur droit placé dans les mêmes conditions, l'équation est toujours

$$7421.9522 = 5000x^2 + \pi c + 2337.9149x$$

seulement

$$\pi c = 1800 \times 4x \times \frac{x}{2} = 1800 \times 2x^2 = 3600x^2$$

et l'équation devient :

$$7421.9522 = 8600x^2 + 2337.9149x$$

ou

$$8600x^2 + 2337.9149x - 7421.9522 = 0$$

d'où

$$x = 0.80$$

En comparant les surfaces des divers profils ainsi obtenus, on trouve :

- 1° Pour le profil d'égale résistance 1m,51;
- 2° Pour le mur triangulaire 1m,72;
- 3° Pour le mur trapézoïdal 2m,52;
- 4° Pour le mur rectangulaire 3m,20.

Cette progression montre l'influence de la forme, sur la question d'économie dans les maçonneries.

Il va sans dire qu'il ne suffit pas de calculer un mur seulement pour la résistance au renversement et au glissement; il faut encore qu'en raison de la nature des matériaux qui le composent, ce mur puisse résister à l'écrasement et par suite présente au moins le profil d'égale résistance à la pression; nous reviendrons plus loin sur ce sujet.

En thèse générale les profils d'égale résistance au renversement sont très simplifiés dans la pratique; c'est ainsi que A. Gobin cite le type adopté par les ingénieurs de l'Ardèche, type

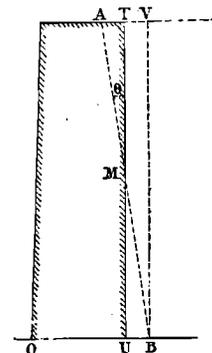


Fig. 29.

représentant un profil polygonal débutant par 0<sup>m</sup>,70 de largeur, avec un fruit de  $\frac{1}{5}$ , continué par un fruit de  $\frac{1}{4}$ , continué lui-même par un fruit de  $\frac{3}{10}$ ; les deux premiers fruits règnent, chacun, sur 3 mètres, et le dernier s'applique au restant de la hauteur.

Ordinairement on fait les murs avec un fruit unique ( $\frac{1}{5}$  au maximum) afin que le parement ne retienne pas les poussières, et comme ce fruit donne au mur un aspect lourd si la hauteur est faible, on prend le fruit de  $\frac{1}{10}$  surtout pour les constructions urbaines.

Passons maintenant, avec l'auteur, au cas d'un mur à fruit intérieur; la question n'est pas attaquée directement dans le traité, car on suppose qu'il s'agit d'un mur avec fruit extérieur, auquel, en raison de la poussée et de la hauteur du massif à soutenir, on serait arrivé à donner de fortes dimensions et de telle sorte que la largeur du couronnement dépasserait la cote ordinaire 0<sup>m</sup>,60.

Si l'on mène par le milieu M du parement vertical TU, un parement incliné AB ne laissant que 0<sup>m</sup>,60 en couronnement, la section du mur et par suite son poids  $\pi$  ne changent point (fig. 29).

En outre, la stabilité augmente, car :

- 1° La base sera augmentée de BU et par suite présentera une plus grande résistance à l'arrachement;
- 2° Le centre de gravité du mur sera reporté à droite, le terme  $\pi c$  prendra donc une plus grande valeur;
- 3° Les terres du prisme ABV pèseront sur le parement AB du nouveau mur et s'opposeront au renversement.

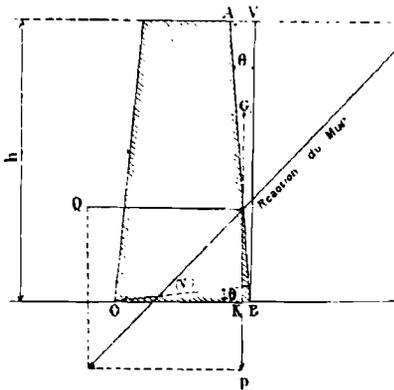


Fig. 30.

Les forces qui agissent sur le prisme ABV (fig. 30) sont donc : 1° la poussée Q du massif situé à droite de VB, appliquée au tiers de AB; 2° le poids p du prisme ABV, passant par le même point; 3° la réaction du parement AB du mur, réaction égale et opposée à la résultante des forces p et Q. Le prisme ABV ne peut avoir de cohésion, suivant BV, avec le massif situé à droite, car si le terrain peut être taillé à pic, il est présumable qu'il ne pourrait l'être en surplomb; s'il pouvait l'être, alors la poussée serait nulle et le mur inutile; ABV doit donc être un prisme de remblai, en pratique, n'offrant pas de cohésion avec le massif de droite suivant le plan VB; il faut en effet, pour que l'on puisse construire le mur avec facilité et sans être sous la crainte imminente d'un éboulement, que les fouilles soient taillées au moins sous le parement vertical BV.

Le prisme ABV doit donc être considéré comme un prisme rapporté et par suite n'ayant pas de cohésion avec le massif de droite; ceci posé, le mur supporte le poids du prisme ABV.

Car si nous remplaçons le parement AB par deux plans verticaux AL et MB séparés par la retraite horizontale LM, la partie

AL recevra la même poussée que si le mur avait son pied au niveau LM, le parement MB recevra la poussée due à la portion MBFK (fig. 31) du prisme total de poussée; le prisme ALMV supporté par LM est sans action sur le parement MB; le mur reçoit donc dans son ensemble la poussée due au prisme VBF, autrement dit: la pression supportée par le plan vertical BV. Si le nombre des retraites augmentait jusqu'à l'infini, on arriverait pour AB au parement incliné de la figure 30.

Donc les terres du prisme ABV doivent être considérées comme faisant corps avec le mur, et la poussée Q est celle exercée par le massif situé à droite du plan vertical BV, poussée horizontale passant au tiers de AB à partir du point B,

$$Q = \frac{dh^2}{2} \text{tg}^2 \frac{\alpha}{2}$$

Si donc on tient compte du poids du prisme ABV, ce poids est

$$dh \frac{AV}{2} = d \frac{h^2}{2} \text{tang} \theta = p,$$

l'équation de stabilité devient :

$$2Q \frac{h}{3} = \frac{t}{2} \times \overline{OB}^2 + \pi c + p \times OK + f u (Q \cos \theta + p \sin \theta)$$

c est toujours le bras de levier de la section, puis par rapport à l'arête O, OK (fig. 30) est le bras de levier du poids p du prisme ABV,

$$OK = OB - \frac{1}{3} AV = OK - \frac{h \text{ tang} \theta}{3}$$

U est la perpendiculaire mesurant le bras de levier du frottement,

$$U = OB \cos \theta$$

Quant au frottement, il est égal à

$$f(Q \cos \theta + p \sin \theta)$$

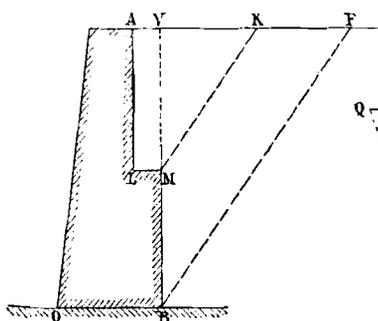


Fig. 31.

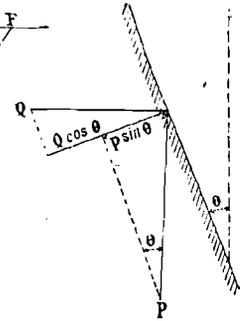


Fig. 32.

En effet Q (fig. 32) exerce sur le parement AB une pression normale égale à  $Q \cos \theta$  et p exerce sur ce même parement une pression égale à  $p \sin \theta$ . La pression normale totale étant  $Q \cos \theta + p \sin \theta$ , le frottement dû à cette pression est  $f(Q \cos \theta + p \sin \theta)$  et ce frottement étant une force dirigée tangentielle au parement AB, son bras de levier est U et par suite son moment est  $U f(Q \cos \theta + p \sin \theta)$ ; si  $\theta$  s'annule, c'est-à-dire : si le parement AB devient vertical,  $\sin \theta = 0$ ,  $\cos \theta = 1$  et  $U = OB$ , le frottement redevient  $fQOB$ , comme précédemment.

Ainsi s'explique la nouvelle équation de stabilité, différente de celle déjà établie dans le cas de la verticalité du parement AB; cette équation restera la même, si on suppose le mur sans fruit extérieur.

Ceci posé, on peut se demander s'il y a avantage à donner au mur soutenant un massif déterminé, plutôt un fruit extérieur qu'un fruit intérieur.

(A suivre.)

## Les gares terminus du Central New-York

ORGANISATION GÉNÉRALE ET MÉTHODES EMPLOYÉES POUR  
EFFECTUER LES MANŒUVRES

Planche CXXIX.

La manutention des marchandises transportées par les voies ferrées, comprend deux genres d'opérations bien distinctes : les manœuvres à faire subir aux wagons dans les gares de parcours et dans les gares de triage et la manutention proprement dite des colis, c'est-à-dire le chargement des marchandises elles-mêmes dans les véhicules affectés au transport et le déchargement de ces marchandises.

Cette dernière catégorie d'opérations exige le concours des expéditeurs et des destinataires, et les procédés à employer pour la manutention des colis dépendent ainsi des habitudes locales et varient forcément dans les différents centres commerciaux.

Quant à la manœuvre des véhicules, tant sur les voies des gares intermédiaires que sur celles des gares de triage, elle dépend exclusivement des Compagnies qui se chargent du transport.

Le *Railroad Gazette* consacre une étude très complète sur les procédés employés pour le triage des wagons dans les gares terminus du port de New-York.

C'est cette étude que nous allons résumer.

Les marchandises manutentionnées par les diverses compagnies de chemins de fer qui desservent le port de New-York, peuvent se diviser en trois catégories, savoir :

1° Les marchandises destinées à la localité et qui sont transportées soit par voitures dans les dépôts, sur les marchés, dans les magasins, etc., qui se trouvent dans l'intérieur de la ville, soit par bateaux à Brooklyn ou dans les environs.

2° Les marchandises vendues à New-York et destinées à être transportées à l'intérieur du pays, ces marchandises sont entreposées dans des magasins situés à l'Ouest du port ; on les charge directement sur des voitures.

3° Enfin, les marchandises importées ou destinées à l'exportation qui sont manutentionnées à la fois dans les parties Est et Ouest du port, ce qui donne lieu à un mouvement entre les navires et les magasins et entrepôts et réciproquement.

En général, ces dernières sortes de transport ne s'effectuent pas très rapidement, même lorsque la voie ferrée aboutit aux magasins et aux docks, attendu que les marchandises manutentionnées par les Compagnies de chemins de fer doivent être pesées et examinées non seulement par les commerçants et par les commissionnaires, mais aussi par les agents des Compagnies.

Ces diverses vérifications de poids et ces reconnaissances se font dans des locaux placés sous les halles à marchandises et mis à la disposition du commerce par les administrations de chemins de fer.

Au point de vue des opérations à faire subir aux marchandises dans les gares, on divise ces marchandises en trois classes :

La première classe comprend les marchandises faciles à transporter et à manutentionner et que l'on peut peser rapidement, soit par lots, soit chargées sur wagons, soit isolément, telles par exemple que les machines, les bois en grume, la houille, le foin, les pommes de terre, les fromages, etc., etc. Les opérations à faire subir à cette première catégorie de marchandises consistent à les charger ou à les décharger des voitures sur les wagons ou réciproquement, elles s'exécutent le plus souvent par les soins des négociants.

Ce travail est fort simple, et n'exige peu de main-d'œuvre, grâce aux moyens mécaniques dont on dispose aujourd'hui et que l'on cherche à développer dans la plus grande mesure possible.

La deuxième classe comprend les marchandises facilement maniables, mais qui doivent être pesées séparément, et qu'il faut ensuite classer suivant leur destination. La manutention

de ces marchandises est déjà plus compliquée que celle appartenant à la première classe, elle exige plus d'espace et plus de main-d'œuvre ; aussi doit-on rechercher avec le plus grand soin toutes les améliorations tendant à diminuer l'effectif du personnel employé à cette manutention.

Enfin, la troisième classe de marchandises comprend toutes celles dont le déplacement ne peut se faire que lentement, qui exigent un emmagasinement provisoire, soit pour permettre la vérification, soit pour s'assurer de leur destination exacte. Pour opérer la manutention de cette dernière catégorie de marchandises, il faut disposer de locaux très vastes et d'un personnel considérable. On cherche à diminuer ce personnel dans la plus grande mesure possible par l'emploi d'appareils mécaniques.

### PROCÉDÉS EN USAGE SUR LA LIGNE NEW-YORK CENTRAL, DE HUDSON RIVER A NEW-YORK

Cette ligne et ses embranchements desservent une grande partie de l'Etat de New-York, qui a une population très dense et dont les produits sont très variés.

Le trafic des marchandises venant des Etats de l'Ouest est fait par un certain nombre de lignes syndiquées, qui possèdent chacune leur matériel de transport et qui se partagent les recettes proportionnellement à la longueur de leur réseau.

Le trafic des marchandises venant de l'Etat de New-York est fait par la Compagnie du Central New-York qui possède plusieurs gares dont nous allons donner une rapide description :

1° *Gare à marchandises de la 60<sup>e</sup> rue.* — Les voies qui donnent accès à cette gare suivent la rive Est de l'Hudson et cotoient le pied d'une colline rocheuse. La gare, située dans une partie écartée de la ville, comprend une vaste cour au milieu de laquelle se trouvent des magasins, des hangars, des élévateurs pour les blés et de vastes emplacements pour le dépôt des marchandises (*Voir pl. CXXIX, fig. 1.*)

L'emplacement sur lequel a été construit cette gare se trouvait jusqu'à l'année 1827, entièrement recouvert par les eaux. C'est à cette époque que l'on construisit le premier élévateur (A) ; en 1879 on édifia le second élévateur (B). Depuis lors on n'a cessé d'agrandir la gare ; c'est en 1882 qu'a été établi le dernier hangar (G).

Les voies principales sont à environ 5<sup>m</sup>,40 au-dessus du niveau des hautes eaux et le niveau général de la cour et des magasins à 2<sup>m</sup>,40 au-dessus des hautes eaux, il en résulte que le terrain descend vers le fleuve suivant une pente de 3 mètres. L'extrémité la plus basse de cette pente est indiquée sur le plan par une ligne en pointillé.

Les magasins et les élévateurs à blé sont situés comme on le voit sur des jetées qui s'avancent dans le fleuve Hudson et dont l'axe longitudinal fait avec celui du fleuve un angle de 60°.

La profondeur d'eau à l'endroit du quai, est à marée basse de 4<sup>m</sup>,90.

L'élévateur A, placé parallèlement à la rive, permet de décharger les chalands sur un seul côté, tandis que l'élévateur B qui est placé obliquement au fleuve permet de décharger les bateaux des deux côtés.

La surface totale de la gare est de 57 acres, soit 23 hectares, 066247 qui se décomposent comme suit :

2 hect.	428026	pour les jetées et les élévateurs.
5 —	260723	pour les dépôts et l'abattoir.
14 —	072827	pour la cour.
0 —	404671	pour un magasin.

Total égal : 23 hect. 066247

Les voies aboutissant à l'élévateur A avaient été primitivement posées sur un ouvrage à chevalet et à claire-voie, plus tard on remplaça cette estacade par un remblai au moyen des matériaux de démolition provenant de la ville.

Les voies ont un développement total de 22 miles, soit 35,405 mètres.

Le plan indique clairement quelle est leur disposition générale.

Le mur de quai a été construit avec des cuvelages de bois remplis de pierres et coulés dans une tranchée creusée à l'aide de dragues.

Ces cuvelages ont environ 12 mètres de hauteur. Les jetées sont établies sur pilotis écartés de 2<sup>m</sup>,15 d'axe en axe et sont protégées contre le choc des glaces par un grand nombre de pieux battus en avant.

Les hangars construits sur les jetées D, E et F servent au transbordement des marchandises des bateaux sur les wagons et réciproquement et d'entrepôt provisoire.

des wagons pour la gare maritime, passent sur une voie de garage; le train, une fois garé, la locomotive se détache et est remplacée par la machine de gare.

La destination de chaque wagon est marquée à la craie sur les parois du véhicule et ces véhicules sont dirigés immédiatement sur les voies de débranchement affectées à chaque nature de marchandises.

La machine de manœuvre pousse lentement le train en avant sur la voie, dite de *section*, puis ce train étant divisé en plusieurs tronçons correspondant chacun à un faisceau de voie de triage, il suffit d'amener chaque rame de wagons devant le faisceau voulu. L'aiguilleur, en manœuvrant les leviers de changements de voie, dirige alors les wagons sur les différentes voies de ce faisceau : l'opération est des plus faciles et s'exécute très rapidement et sans aucun frais de traction; en effet, les voies du faisceau étant en pente, les véhicules se meuvent sous l'action de leur propre poids.

En un mot, on opère suivant le système de la gravité, système qui a été inauguré dernièrement dans certaines grandes gares de triage des chemins de fer français.

Les wagons, une fois déchargés, et qui doivent être conduits dans une partie de la gare pour être rechargés, sont placés sur une voie qui leur est spécialement affectée. Ceux qui doivent être renvoyés vides sont également classés à part.

Les wagons, aussitôt rechargés dans les halles d'expédition, sont formés en train et ce train est immédiatement évacué pour faire place à de nouveaux wa-

gons. On perd ainsi le moins de temps possible dans les manœuvres.

Dans la partie de la gare affectée aux expéditions, tous les mouvements des véhicules s'exécutent par la gravité. Chaque voie d'un faisceau a une affectation spéciale et correspond à une direction déterminée; elle reçoit un numéro, de sorte qu'il ne peut y avoir aucun malentendu.

Le mouvement journalier de cette gare à marchandises est d'environ 900 wagons, et quelquefois il atteint 1000. Un wagon doit régulièrement faire huit manœuvres entre le moment de son arrivée et celui de son départ.

Presque tous les transports de marchandises d'une gare aux entrepôts de New-York ou de Brooklyn se font par eau à l'aide de chalands d'un tonnage de 450 tonnes environ. Ces chalands, quand ils sont affectés au transport de marchandises groupées, sont pourvus d'engins mécaniques pour le chargement et le déchargement, ils sont à vapeur et sont actionnés par une hélice. Le blé est transbordé des chalands dans les navires à l'aide d'élevateurs à vapeur flottants, et les marchandises diverses avec des appareils de levage placés soit à bord des navires, soit sur les quais.

Les navires à voiles ou à vapeur qui n'ont pas de bassins spéciaux transportent directement leur chargement aux gares maritimes des chemins de fer, c'est ce qui oblige à donner aux bassins dépendant de ces gares une profondeur d'eau assez grande et de construire des jetées analogues à celles qui ont été décrites plus haut.

La jetée C (Pl. CXXIX) qui est située à une extrémité de la gare

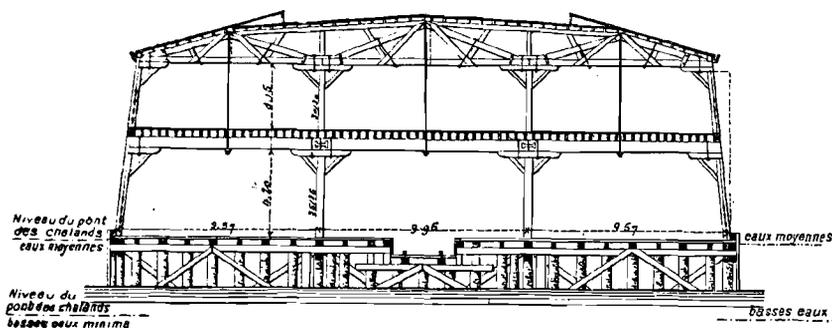


Fig. 1. — Coupe transversale des hangars E et F représentés en plan sur la planche CXXIX.

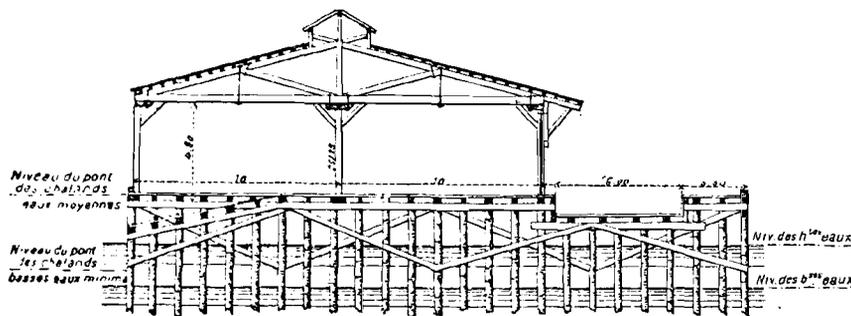


Fig. 2. — Coupe transversale du hangar G représenté en plan sur la planche CXXIX.

Les marchandises mises en dépôt sont emmagasinées sous des hangars en bois recouverts de fer ondulé, dont la fig. 1 donne une coupe transversale. Le plancher du 1<sup>er</sup> étage est soutenu, ainsi que le montre cette figure, par des tirants fixés à la toiture. Les solives des planchers sont calculées de façon à supporter une charge de 400 livres par pied carré.

Le hangar G est construit sur un modèle un peu différent du précédent. Il sert également de halle de transbordement. Il n'a qu'un seul étage et les voies sont situées à l'extérieur ainsi que le montre la coupe transversale, fig. 2.

Les pieux qui supportent l'élevateur A ont été battus à 0<sup>m</sup>,75 de distance l'un de l'autre et arasés un peu au-dessus du niveau des basses eaux; sur la tête de ces pieux on a posé une plate-forme solide qui répartit la pression totale sur l'ensemble de la fondation. C'est sur cette plate-forme que reposent les piliers en pierre dans lesquels sont encastrés les montants de la construction en charpente. Les murs extérieurs de cet élevateur sont en maçonnerie de briques.

L'élevateur B a des fondations disposées tout autrement. Les pieux ont été battus par groupes de 25 dans un espace carré de 3 mètres de côté; on les a arasés à environ 9 mètres sous l'eau. Les piliers-supports des montants de la charpente s'appuient ainsi sur une plate-forme spéciale. Les élevateurs A et B sont entièrement construits en bois et sont recouverts de fer ondulé et d'ardoises.

Voici maintenant comment s'exécutent les manœuvres des wagons dans la gare maritime.

Les trains arrivant par les voies principales et contenant

et qui se trouve par suite, éloignée du centre de cette gare, ne sert que dans les cas exceptionnels. La jetée D, est affectée à la manutention des marchandises diverses. La jetée E ne sert que pour les marchandises sèches, telles que les farines en sacs, les tourteaux de graine de lin, etc., destinées à l'exportation. C'est à la jetée E que se fait la manutention de la farine en barils et des autres marchandises de trafic local destinées à être entreposées.

Les seconds étages des hangars D, E et F servent principalement d'entrepôts pour les farines, cette marchandise est montée à l'aide d'élevateurs mécaniques analogues à ceux employés pour le blé en grains. Les différents élévateurs placés dans chaque bâtiment sont mis en mouvement par une seule machine de 45 chevaux; à la vitesse normale chaque élévateur monte 500 barils par heure. La descente s'effectue sous l'action du poids des marchandises.

La surface totale des hangars D, E et F permet de charger et de décharger chaque jour 150 wagons.

Les hangars sont éclairés pendant la nuit à la lumière électrique.

**2<sup>e</sup> Gare à marchandises de la 33<sup>e</sup> rue.** — Cette gare dont le plan est représenté Pl. CXXIX, offre ceci de particulier, c'est que l'emplacement qu'elle occupe est coupé par plusieurs rues. La surface totale est d'environ 10 hectares, 521.

Les hangars qui se trouvent dans cette gare n'offrent rien de remarquable au point de vue de leur mode de construction. Il y en a de plusieurs types, mais ils sont tous en charpente.

Les voies principales sont marquées sur le plan en traits plus gros que les voies qui desservent les quais et les halles; ce plan a dû être divisé en deux parties, pour entrer sur la feuille de dessin.

Le môle situé au sud est affecté aux marchandises lourdes et encombrantes.

La jetée qui vient immédiatement à la suite de ce môle est desservie par des voies ferrées à l'aide desquelles on peut charger et décharger journellement 35 wagons.

La jetée qui est affectée au trafic des bois en grume et aux marchandises lourdes et encombrantes est pourvue à son extrémité d'une grue de 10 tonnes manœuvrée à bras.

On aperçoit ensuite des magasins à fourrages qui servent à entreposer cette marchandise.

La gare est enfin reliée par des voies au marché de Manhattan qui est exclusivement consacré à la vente des pommes de terre, des navets, des choux et des viandes abattues. Ces viandes de bœuf qui proviennent de Chicago et qui sont transportées dans des wagons réfrigérants, sont emmagasinées dans des chambres où la température est basse.

Les manœuvres se font dans cette gare de la même façon que dans la gare décrite plus haut.

**3<sup>e</sup> Station de la rue Barclay.** — Cette gare qui est sur le bord du fleuve Hudson, à l'extrémité de la rue Barclay, dessert les usines et les entrepôts situés dans la partie basse de la ville. Elle se compose d'une jetée et d'un quai abrités tous deux par un hangar à charpente de bois et couvert de tôle ondulée.

La surface totale occupée par cette gare est de 5 hectares et demi.

Les camions qui apportent les marchandises les conduisent directement au quai et les déchargent près des chalands. Le triage et le pesage de ces marchandises se font à la jetée G de la gare de la 60<sup>e</sup> rue. Dans le bassin de la station de la rue Barclay on a disposé des quais flottants munis de voies dirigées perpendiculairement au quai.

**4<sup>e</sup> Gare des marchandises de Saint-John Park.** — Cette gare est à 360 mètres du fleuve Hudson; elle est affectée au trafic des marchandises sèches et des articles d'épicerie. Elle occupe l'emplacement d'un ancien parc et est limitée de toutes parts par des rues de 24 mètres de largeur.

Les voies qui y accèdent au moyen de courbes de 48 mètres de rayon desservent des docks dont les murs sont fondés sur des massifs de pierre et de béton. Ces bâtiments sont à 3 étages;

ils sont construits à l'épreuve de l'incendie, c'est-à-dire avec colonnes et poutres métalliques. Les planchers sont en voûtes en briques de 0<sup>m</sup>,90 d'ouverture. Les deuxième et troisième étages sont utilisés comme magasins.

(*Railroad Gazette.*)

## Construction d'un bassin à Hambourg pour le déchargement des pétroles

Planche CXXX.

On vient de construire à Hambourg un nouveau bassin de 331<sup>m</sup>,50 de longueur sur 101<sup>m</sup>,50 de largeur, affecté spécialement aux navires chargés de pétrole, de résines, d'essences et autres matières inflammables. Ce bassin ne communique pas directement avec l'Elbe; il est séparé du fleuve par un avant-port et il est entouré de hangars desservis par des voies de fer qui s'embranchent directement avec la ligne de Cologne-Minden.

Dans le but de diminuer les frais de construction de ce nouveau bassin, on a remplacé les murs de quai par des talus en terre de 1 de hauteur sur 1 1/2 de base, maintenus par une file de pieux et palplanches. Enfin, on a disposé les choses de telle sorte que les navires puissent entrer dans le bassin en tout temps et quel que soit l'étiage du fleuve. Les navires sont amarrés à des pieux battus à une distance de 6<sup>m</sup>,50 de la ligne des palplanches. La passe d'accès du bassin qui a une largeur de 60<sup>m</sup>,40 est fermée par trois pontons métalliques. Les terrains qui entourent le bassin et qui doivent servir d'entrepôts pour les pétroles sont séparés entre eux et des terrains environnants par des digues de terre glaise larges et élevées. Ces digues qui acquièrent une grande solidité constituent une barrière efficace pour le cas où il viendrait à se produire des incendies. Ces derniers pourraient ainsi être facilement localisés. Pour creuser le bassin, on commença par établir entre lui et le fleuve une digue dont le sommet dépassait de 9<sup>m</sup>,20 le niveau d'étiage du fleuve; la cote des terrains était à 4 mètres au-dessus de ce dernier niveau. On put ainsi creuser à sec jusqu'à la cote 2<sup>m</sup>,30; les déblais furent employés à la construction des digues de protection dont il a été parlé plus haut. A partir de la cote 2<sup>m</sup>,30, il fallut épuiser les eaux d'infiltration, ce qui se fit au moyen de trois pompes centrifuges; ces eaux étaient rejetées dans l'avant-port par dessus la digue de séparation établie entre ce dernier et le fleuve.

Les talus du bassin et de l'avant-port furent recouverts jusqu'à la cote 5<sup>m</sup>,50 d'une couche de terre glaise de 0<sup>m</sup>,55 d'épaisseur; et ensuite, d'un revêtement de pierres cassées de 0<sup>m</sup>,30 d'épaisseur; à partir de là jusqu'au sommet, les talus furent gazonnés ainsi que l'indique la fig. 1.

L'établissement de l'enceinte de pieux et palplanches destinée à consolider les berges du bassin ne se fit pas sans difficultés; il est intéressant d'entrer à cet égard dans quelques détails. Cette enceinte n'est, en effet, consolidée par aucun ancrage; les pieux inclinés qui la contrebutent du côté du bassin résistent parfaitement à la poussée des terres. Le sommet des palplanches se trouve à 0<sup>m</sup>,30 au-dessus du niveau des basses eaux moyennes.

Le battage des pieux a été fait au moyen de sonnettes à délic munies d'un mouton pesant plus de 18 quintaux et tombant d'une hauteur maxima de 6 mètres. On employa aussi deux sonnettes de construction spéciale qui seront décrites plus loin.

Les pieux inclinés étaient assemblés aux pieux verticaux à l'aide de frettes en fer et de coins; les surfaces de contact de ces pieux étaient dressées avec soin, les encoches dans lesquelles devaient entrer les coins étaient creusées bien exactement; enfin, on assemblait le tout à l'aide de boulons de serrage ainsi que le montrent les fig. 2, 3, 4 et 5.

Ces boulons traversaient également les madriers horizontaux

placés derrière les pieux pour servir de point d'appui aux palplanches.

La sonnette employée au battage des pieux inclinés est représentée fig. 6, en plan et en élévation. Cet engin a donné d'excellents résultats ; il est disposé de manière à rapprocher le pieu incliné du pieu vertical.

La machine motrice a une force de 4 chevaux-vapeur.

Les palplanches ont 190 millimètres d'épaisseur ; on les enfonçait d'abord avec des sonnettes à déclin, mais ces engins ne permettant d'accomplir le travail que très lentement et très irrégulièrement, on employa la sonnette de Nasmyth dont la force est beaucoup plus grande. Cette force est même trop énergique, car il fallut remplacer les madriers de 190 millimètres d'épaisseur par des madriers doubles de 260 millimètres ; ces derniers offrirent une résistance suffisante et purent être enfoncés à la profondeur exigée. Sur certains points cependant le battage devint très difficile ; les madriers refusèrent de s'enfoncer et, sous l'influence des chocs répétés du mouton, leur tête prit feu. On se décida alors à placer les palplanches comme l'indique la fig. 6, par sections ; les intervalles laissés entre chaque file fut postérieurement rempli par des palplanches battues au moyen de sonnettes à déclin. On essaya encore d'autres dispositions représentées fig. 7 et 8, pour constituer un barrage étanche. Lorsque le terrain est du sable mouvant ainsi que cela se présente à Hambourg, jusqu'à la profondeur de 7<sup>m</sup>,50, les sonnettes à déclin donnent de meilleurs résultats que celles de Nasmyth.

Quoiqu'il en soit, le mur de palplanches présente une solidité et une étanchéité absolue.

Lorsqu'il fut complètement terminé, on dragua le fond du bassin. On enleva ainsi 900 à 1,000<sup>m</sup> de terre par journée de travail et on s'arrêta lorsque la profondeur du bassin eut atteint 2<sup>m</sup>,30 au-dessous du niveau 0 à Hambourg (voir fig. 3).

Nous avons dit que la passe d'accès du port avec l'avant-port, est de 60<sup>m</sup>,40 et qu'elle est fermée par 3 pontons métalliques dont deux fixes et le troisième mobile, pour permettre l'entrée et la sortie des navires.

Les deux pontons fixes pénètrent par l'une de leurs extrémités dans des niches pratiquées dans les murs de quai (voir fig. 9) ; leur autre extrémité butte contre des pieux de fortes dimensions. Ces 3 pontons sont garnis du côté du port et sur leurs faces extrêmes, d'un revêtement en pierre afin de les rendre incombustibles.

Leur surface supérieure est pavée avec des briques posées dans une couche de ciment (voir fig. 10). Les murs de culée du port et les ailes qui les raccordent avec les berges du bassin, sont fondés sur un massif de béton traversé par une série de pieux et entouré d'une file de palplanches, ainsi que le montre la fig. 11 qui représente une coupe transversale de cette partie de l'ouvrage. Les maçonneries ont été exécutées avec du mortier de ciment ; elles ont un revêtement en briques et un couronnement en granit. Enfin, la fig. 12 donne une coupe transversale des quais établis le long du bassin ; elle permet de se rendre un compte exact de la disposition adoptée pour les hangars à pétrole. Ces derniers sont desservis par des voies passant entre eux et la berge, ce qui permet de décharger directement les marchandises des navires sur les wagons. Ces hangars sont construits en bois et très économiquement. Les compartiments isolés dans lesquels on emmagasine les fûts, sont mis en communication par des ponts. La fig. 1 donne le détail de l'outillage employé pour opérer le déchargement des navires. On voit que le pont de l'estacade s'avance jusqu'à l'aplomb des pieux d'amarrage des navires ; les barils sont foulés depuis le navire jusqu'au plancher de l'estacade sur des échelles de déchargement, dont les deux bouts s'appuient, d'une part sur le navire, d'autre part, sur l'estacade.

Pendant l'année 1880, sur une importation totale de 525,000 fûts, on a débarqué dans le bassin qui vient d'être décrit 467,347 fûts.

Le port peut contenir 15 navires. Les hangars occupent une

superficie de 87,700 mètres carrés. La construction du port (excepté celle des hangars et autres aménagements) a coûté 1,370,000 marks.

(Réunion des ingénieurs et architectes de Vienne).

## Consolidation des terrains ébouleux par masses

### ASSAINISSEMENT ET CONSOLIDATION DES TERRAINS ARGILEUX ET GLAISEUX

#### Citation :

Parmi les différents procédés que l'on emploie pour assainir et consolider les terrains de nature argileuse qui ont une tendance à se crevasser, à se boursoufler et à s'ébouler, nous allons décrire celui qui nous a le plus généralement réussi, sur la plupart des lignes qui composent le réseau des chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée.

Ce procédé consiste essentiellement dans l'établissement de pierrées ou murs à pierres sèches, ayant une direction normale à l'axe du chemin de fer ou de la route, afin d'aller chercher les eaux d'infiltration (cause principale de tous les mouvements qui se manifestent dans les terrains argileux), et de faciliter leur écoulement au dehors par la voie la plus facile et la plus directe. Ces pierrées ou murs à pierres sèches constituent de véritables drains et jouent, en même temps, le rôle de contre-forts, séparant en plusieurs parties les masses de terre en mouvement, rompant la solidarité qui existait entre elles et les asséchant.

On donne d'ordinaire à ces pierrées une épaisseur de 1 mètre à 2 mètres, selon la profondeur à laquelle elles doivent descendre et la hauteur qu'elles auront. L'essentiel est que leurs fondations se trouvent toujours en contre-bas des couches glaiseuses, retenant les eaux, qui ont déjà donné lieu à des glissements ou sur lesquelles d'autres glissements peuvent se produire ; il faut bien remarquer, en effet, que dans tous les terrains bouleversés, lorsqu'ils sont à flanc de coteau, on rencontre, à des profondeurs variables, une ou plusieurs couches glaiseuses qui deviennent lisses ou glissantes comme du savon, par suite des filtrations d'eau qui se sont arrêtées à leur surface et l'ont ramollie ; c'est sur ces couches, dont la courbure ressemble à celle de la cycloïde, que s'opèrent les glissements du terrain supérieur.

Il suit de là qu'avant d'entreprendre la construction d'une pierrée, l'ingénieur doit se rendre compte de la position qu'il convient de lui donner dans la masse éboulee ou sujette à s'ébouler, et fixer son point de départ assez bas pour être certain que la fondation se trouvera partout au-dessous des surfaces de glissement existantes et de celles qui ont chance de se produire encore.

Les pierrées sont, en général, espacées de 20 mètres en 20 mètres, afin que l'action de chacune d'elles puisse s'exercer efficacement pour assainir les terres avoisinantes. Le point de départ des fouilles à faire est subordonné, pour chaque pierrée, à l'aqueduc ou au fossé par lequel pourront s'écouler les eaux soutirées de l'intérieur des terres, mais il faut s'arranger pour que cet écoulement ait lieu le plus bas possible, afin d'être plus assuré du succès.

Les parois de la fouille seront descendues aussi verticalement qu'on le pourra, au moyen d'étais et de boisages, dans le but d'éviter un déblai inutile et de se rapprocher ainsi de la forme même de la pierrée.

On donne au fond de la fouille, en s'éloignant du point de départ, une pente variable qui dépend de la constitution et du ramollissement des argiles que l'on rencontre, puisque l'on doit se préoccuper « avant tout » d'établir cette fondation sur un terrain qui n'ait pas encore bougé et « en contrebas » des fissures ou des couches de glissement qui se sont déjà produites.

Quand on s'aperçoit que le sol fouillé change de nature et devient plus dur et plus résistant, on relève la fondation, en

établissant un ou plusieurs gradins, puis on reprend l'inclinaison qui semble convenir le mieux pour rester au-dessous des courbes cycloïdales que nous avons définies.

Au fur et à mesure qu'on avance dans la fouille, on nettoie le fond avec soin et on construit, dessus, un radier en béton de 0<sup>m</sup>,30 à 0<sup>m</sup>,40 d'épaisseur, auquel on donne une forme un peu concave à sa partie supérieure; c'est dans cette espèce de cuvette que s'écouleront les eaux filtrant des différents points de la fouille. Sur ce radier, dès qu'il a durci, on élève le mur à pierres sèches auquel nous avons donné le nom de pierrée; l'on ménage à sa base et dans son axe un petit aqueduc carré de 0<sup>m</sup>,20 au plus, exécuté avec les pierres les plus grosses et les plus régulières. Le reste du mur se monte à la main, en ayant soin de dresser les deux parois bien verticalement, afin que cette maçonnerie brute et à pierres sèches se soutienne bien par elle-même et remplisse son rôle de contrefort.

Pour obtenir ce résultat, il faut veiller à ce que les ouvriers ne jettent pas les pierres pêle-mêle dans la fouille et à ce qu'ils fassent un véritable emmétrage en arrangeant avec précaution les pierres à la main. Les étais et les boisages qui maintiennent les parois de la fouille s'enlèvent successivement, et on remplit l'intervalle qui reste entre ces parois et le mur avec des débris de pierres ou de gravier, des scories et autres matières perméables.

La partie supérieure du mur ou de la pierre doit affleurer le talus ou le terrain qu'on a voulu consolider, et demeurer apparente.

Les diverses pierrées, construites parallèlement les unes aux autres, dans l'étendue des terrains en mouvement, laissant entre elles des intervalles où le sol peut être fortement imprégné et amolli par les eaux coulant des parties plus élevées, il est nécessaire de les relier au moyen d'arceaux en ogives ou en plein cintre qui forment un arrêt pour ces eaux et leur donnent un écoulement facile jusqu'aux pierrées principales. Ces arceaux sont également des murs à pierres sèches dont la fondation descend au-dessous des surfaces de glissement comme les pierrées avec lesquelles ils se raccordent.

Nous n'entrerons pas dans de plus longs détails, et nous renvoyons aux dessins ci-joints pour expliquer comment la disposition des pierrées peut varier suivant les différents cas qui se présentent dans une tranchée ou un remblai à consolider, ou bien encore le long d'un versant sur lequel le chemin de fer (ou la route) est établi partie en déblai, partie en remblai. Nous ajouterons seulement que, pour des lignes en exploitation ou pour des terrains bouleversés jusqu'à de grandes profondeurs, il est parfois impossible d'établir les énormes fouilles que nécessiterait la construction des pierrées, telle que nous venons de la décrire, et qu'il est alors préférable de recourir à de petites galeries souterraines, dans le genre des galeries de mines.

Ces galeries, d'abord boisées, sont ensuite reprises morceau par morceau, pour y construire le radier en béton et le mur à pierres sèches qui constituent la pierrée.

Si la base seule du remblai ou du terrain en mouvement a besoin d'être assainie, il peut arriver que la galerie établie à la partie supérieure suffise; dans le cas contraire, il faut superposer une seconde galerie à la première, puis une troisième à la seconde et ainsi de suite, en reliant ensemble les différents étages de la maçonnerie à pierres sèches, jusqu'à ce qu'on ait asséché toutes les terres qui avaient besoin d'être assainies pour se consolider et demeurer en place; c'est ce qui s'est fait au remblai de Rochefort.

Les pierrées construites dans le sens des fissures et crevasses que présentent un éboulement, ou celles qui contournent le terrain sujet à s'ébouler, ne nous ont jamais réussi.

En effet, au lieu d'offrir aux eaux d'infiltration l'écoulement le plus facile, par la ligne de plus grande pente, comme cela a lieu avec nos pierrées perpendiculaires à la direction du chemin de fer, elles emprisonnent souvent ces mêmes eaux, par suite des dislocations qui se produisent dans le terrain environnant, et elles augmentent alors le mal plutôt que d'y porter remède.

(Exemple : la tranchée de Villevert, sur la rive droite de la Saône, entre Villefranche et Lyon.)

Nous avons donc proscrit ce mode d'établissement de pierrées.

Le seul cas où il puisse être appliqué avec efficacité, c'est lorsque la couche glaiseuse qui provoque le glissement des terrains supérieurs, couche souvent très mince, repose elle-même sur un banc de roche solide et en place, dans lequel on peut creuser un fossé imperméable et non susceptible de perdre sa forme ou son inclinaison, fossé qui arrête complètement les eaux de filtration et les conduit jusqu'aux points les plus bas où elles doivent rencontrer leur écoulement naturel, sans leur permettre de pénétrer à travers les terres superposées à la couche d'argile; ce moyen nous a bien réussi dans la tranchée de Dasle (embranchement de Montbéliard à Delle) et dans le coteau de la Verrière (ligne de Pontarlier à Neuchâtel), qui était composé de moraines et d'argiles accolées à un massif rocheux.

Paris, le 27 juin 1874.

Après cette citation, il est bon de jeter un coup-d'œil sur les moyens divers de consolidation déjà exposés dans les *Annales* et essayés tant en France qu'à l'étranger.

La ligne de Busigny à Hirson, par exemple, a nécessité une foule d'assainissements rappelant plus ou moins les grands procédés et parmi lesquels on remarque (5<sup>me</sup> année, n<sup>o</sup> 49, 50 et 51) le mur de pied établi côté de la montagne avec pierrées normales (de peu de largeur, il est vrai) poussées à une certaine distance du mur et dégorgeant dans son fossé, également la plateforme recoupée par pierrées normales établies de 5 mètres en 5 mètres, dégorgeant côté de la vallée et poussées en profondeur jusqu'au terrain imperméable; c'est, en petit, le système des grandes pierrées.

Par opposition, dans d'autres cas, nous retrouvons la pierrée longitudinale (système Régel) établie à 24 mètres de l'axe, descendant au dessous du niveau de la plateforme et combinée avec l'établissement d'un mur de pied surmonté d'un perré, garni d'un filtre et garanti enfin par une deuxième pierrée longitudinale placée à peu de distance de la crête et destinée à recueillir les eaux tombant entre elle et la précédente.

Nous trouvons également les éperons à pierre sèche revêtus en maçonnerie à mortier contre le talus et butant sur un radier général établi entre les deux fossés maçonnés de la tranchée.

Pour la consolidation des remblais, nous voyons des éperons maçonnés, normaux, établis à l'aval avec dallot dans leur partie inférieure et filtre en moellons à l'amont.

Dans les cas les plus graves, ces éperons à mortier se détachent d'un mur continu et se prolongent à pierre sèche sous le remblai, ces prolongements étant reliés entre eux par des « arcs » maçonnés à pierre sèche également. C'est alors le système des drains-contreforts PLM, s'appuyant ici sur des maçonneries à mortier coiffant des pieux profondément enracinés dans le sol.

Les eaux, captées par la pierre sèche, s'écoulent à l'aval par des drains passant sous le massif maçonné et se prolongeant au delà jusqu'en un point suffisamment bas.

Si, maintenant, nous passons à des travaux de consolidation exécutés à l'étranger, nous trouvons, dans la 1<sup>re</sup> année (n<sup>o</sup> 11) et dans la 2<sup>e</sup> année (n<sup>o</sup> 13 et 14) des *Annales*, des renseignements dus à la Société des ingénieurs de Londres et qui nous présentent les particularités ci-après :

A l'embranchement de Meltham, près de Huddersfield, un éboulement survenu en une tranchée profonde établie à sa base dans l'argile schisteuse, a été arrêté par un mur de soutènement à profil concave et à fondations inclinées en contrepente, mur armé de contreforts et assis dans un banc de grès tendre, au-dessous du niveau de la plateforme. Ce mur a soutenu le reste de l'éboulement sous un talus doux, la poche ébouleuse ayant été vidée en partie. C'est là l'idée du géologue Ebray (vider la poche) réalisée concurremment avec l'emploi du mur de pied.

Un autre cas est celui de l'éboulement d'un remblai sur la ligne de Shawforth près de Rochdale, de 1860 à 1871; ce remblai était destiné à former les quarts de cône d'un grand viaduc; il provenait de la tranchée de Shawforth, terrain très mou que le chargement et le transport transformaient en boue liquide. Les quarts de cône s'éboulaient; on dut les assécher par saignées, puis reprendre les terres, les transporter à la culée opposée pour former les autres quarts de cône et, pour question de sécurité, on enferma les terres, ainsi asséchées, en des séries de contreforts verticaux reliés entre eux par des arcs de décharge arasés dans la surface des talus; ce système d'assèchement appliqué à un terrain ramolli offre beaucoup d'analogie avec le système PLM, par l'idée de la division des masses et de l'assainissement partiel des parties résultant de cette division.

Le cas suivant est celui d'une déviation de route longeant la voie ferrée à Shawelough, déviation en terrain peu consistant, lequel fut 1° asséché par des drains, 2° muni de talus doux (2 pour 1), 3° soutenu par un mur de pied, tous actes qui rentrent dans la voie courante des assainissements français en cas ordinaire.

Sans nous arrêter à un autre cas arrivé à peu de distance du précédent, et où l'on dévia le tracé à la montagne (système recommandé par le géologue Ebray, dans les cas possibles), nous relevons, au sujet des éboulements qui se produisirent sur les chemins de fer d'Ashby et de Nuneaton, les considérations ci-après :

« Le meilleur moyen de prévenir les éboulements qui se produisent dans les remblais faits avec des terres glaises sujettes à une prompte désagrégation, est de laisser prendre au terrain sa déclivité naturelle; puis d'établir, de 10 mètres en 10 mètres, des drains-contreforts, en pierre cassée, de 0<sup>m</sup>,90 de largeur et allant jusqu'au solide; les extrémités inférieures de ces drains sont reliées par un drain général en pierres sèches, dirigé parallèlement au remblai et conduisant les eaux en un point bas; dans certains cas, on place au bas des pierres sèches une conduite en poterie, pour assurer l'écoulement. »

Ce système a beaucoup d'analogie avec les pierres normales PLM et leur aqueduc inférieur.

À la suite et à propos de divers éboulements arrivés à Chaburn et Hellifield et sur la ligne de West-Lancashire, nous trouvons encore les recommandations ci-dessous, dont certaines ont une utilité générale, permanente, pour ainsi dire :

« La plupart des éboulements qui se produisent proviennent d'une économie mal entendue; en général, les ingénieurs ont une tendance à donner aux talus une inclinaison beaucoup trop forte, et ce, afin de réduire le cube des terrassements; dans ces conditions, il se produit des éboulements dont la réparation entraîne une dépense dix fois plus considérable que celle nécessitée par l'exécution d'un travail irréprochable dès le début »

« Les remblais exécutés avec de la terre glaise, ne doivent pas avoir une hauteur supérieure à 6 mètres; si cette terre est molle, la hauteur maxima doit être baissée à 4<sup>m</sup>,50 »; (considération locale).

« Les talus des tranchées ouvertes dans les terrains de cette nature ne doivent pas être continus; il convient de les exécuter en plusieurs étages, séparés par des banquettes »; (opinion discutable! la majorité des ingénieurs français préfère remplacer les banquettes par un adoucissement de talus, la banquette n'étant efficace, à leur avis, qu'à la condition de recevoir un fossé maçonné, formant cassis, imperméable, retenant et écoulant les eaux).

« Les aqueducs établis sous des remblais élevés, doivent avoir les dimensions suffisantes pour permettre à un homme d'y passer sans difficultés, pour les inspecter ». (Sage mesure, malheureusement peu ou jamais suivie.)

« Il faut éviter, autant que possible, l'accumulation des terres molles pendant la mauvaise saison, et se garder surtout de laisser subsister de la neige entre les différentes couches de terre formant le remblai »; (précautions à recommander aux entrepreneurs de France tout autant qu'à ceux d'Angleterre).

« Enfin, on ne saurait apporter trop de soins à la construction des têtes de drain pour assurer l'écoulement facile et constant des eaux. »

Si nous passons maintenant aux éboulements du chemin de fer de Castle Eden et Stockton, ligne qui s'embranchant sur le North-Eastern et qui est établie sur un terrain argileux, lequel se ramollit par exposition à l'air jusqu'à en devenir pâteux, nous trouvons, dans un éboulement par masses, survenu en une tranchée approfondie à pic (les talus recoupés étant soutenus par un mur qui avait donné coup), le système des drains-contreforts normaux à la voie, de 0<sup>m</sup>,75 à 0<sup>m</sup>,90 de largeur et espacés de 6 mètres, remplis par des scories de hauts fourneaux et s'appuyant sur le même mur renforcé, muni de contreforts et garni, par derrière, d'un filtre en scories.

Certains de ces drains-contreforts descendaient à de grandes profondeurs et renfermaient, à la partie inférieure, des tuyautages en poterie, prolongés de façon à dégorger les eaux en des points plus bas; les talus éboulés furent reconstitués, partie en découpant l'éboulement, partie en complétant les vides par des centres de hauts-fourneaux.

Il y a dans ce système de l'analogie avec celui suivi sur la ligne de Busigny, également de l'analogie avec les applications de la méthode PLM.

Les ingénieurs de la voie anglaise précitée ont posé comme règles, à la suite de leurs études: que les tranchées en terrains argileux doivent avoir 1.1/2 de base pour 1 de hauteur, que les remblais de même terrain, supérieurs à 7 mètres, doivent être réglés avec des talus de 2 pour 1, que les aqueducs sous ces remblais doivent avoir une section cylindrique, que les murs de tête des ouvrages doivent être des murs en aile droits et n'être jamais des murs en retour, que les têtes des ouvrages doivent être munies, à l'arrière, de filtres en matériaux de bonne qualité,... en un mot, qu'il faut pouvoir se débarrasser aisément des eaux d'infiltration.

Un cas très particulier de consolidation qui s'est rencontré en Angleterre, pays du combustible à bon marché, mais auquel il ne faut pas songer en France, c'est la cuisson des terres argileuses. Ainsi, on fit cuire, sur les chemins de fer d'Ashby et de Nuneaton, des terres argileuses qui, autrement, coulaient en remblai; également, sur le chemin de Castle Eden et Stockton; de même à la tranchée de Scarf Hill, près de Thorne, sur un embranchement du North-Eastern, un éboulement d'argile schisteuse, imprégnée de bitume, fut cuit en partie, par pelletées, en de grands feux allumés sur les côtés du chemin de fer; l'argile bitumeuse brûlait très bien, et les résidus formaient une matière solide qui servit à dresser les talus de l'éboulement sous l'inclinaison 1.3/4 pour 1.

Si, d'Angleterre, nous passons en Italie, nous voyons (3<sup>me</sup> année, n° 26) un remblai, situé sur la ligne de Pontebba, et soutenu par un mur dit: mur de L'Ala-Marianne, entre deux ruisseaux, le Rio dei Morti et le Rio Boscone, s'ébouler sous l'action des eaux s'accumulant derrière le mur; on tira ces eaux par des galeries souterraines, dont une normale à la voie, une autre oblique, et la troisième presque parallèle et allant dégorger sous le pont du Rio dei Morti.

Ces galeries, recevant un radier-cuvette en béton et un remplissage en pierre sèche, ressemblent tout à fait aux galeries françaises.

L'assainissement, produit par ces galeries, n'ayant pas suffi, on soutint encore le mur par des contreforts extérieurs descendant très bas, méthode que nous verrons aussi appliquer en France, puis on établit du côté de la voie des contreforts intérieurs divisant la masse en mouvement.

Dans la tranchée d'Al Telegrafista, après plusieurs essais infructueux pour élever un mur de soutènement, côté de la montagne, on dut faire un radier général en béton, de 1 mètre d'épaisseur moyenne, reliant le mur côté de la montagne, à un deuxième mur élevé côté de la vallée, et l'on put passer, à l'aide de cette sorte de cuvette maçonnée, établie au dessus du plan de glissement que les fondations du mur, côté de la montagne,

ne pouvaient atteindre ; puis on divisa les masses en mouvement par des murs profonds, normaux à la voie.

Le texte ne dit pas si ces murs diviseurs étaient à pierre sèche ou à mortier ; dans cette dernière hypothèse, cette construction différerait du système PLM, sinon comme disposition, du moins comme mode d'emploi des matériaux ; ce serait là de la consolidation « brutale » par excellence, et l'opposition de masses inertes résistant aux masses en mouvement.

Sur les chemins de fer siciliens, de Catania à Licata et de Palerme à Empédocle (5<sup>me</sup> année, n° 58), nous trouvons l'application de drains-contreforts normaux, espacés de 6 mètres à 12 mètres d'intervalle, ayant de 1<sup>m</sup>.20 à 1<sup>m</sup>.80 de largeur, et reposant sur fondations en béton. Dans certains cas, ces contreforts étaient disposés des deux côtés de la voie, en correspondance, et réunis entre eux par un mur traversant la plateforme du chemin de fer. C'est encore là le système PLM, moins les ogives ; en revanche, à l'arrière des contreforts, on établissait des drains longitudinaux.

Sur la ligne de l'Arlberg (Autriche), entre Innsbruck et Bludenz (5<sup>me</sup> année, n° 52), on rencontre, dans le talus d'une tranchée, au kilomètre 74 + 400 mètres, un ensemble de drains-contreforts normaux poussés à de grandes profondeurs ; c'est encore à peu près le système PLM, moins les ogives qui eussent été préférables, comme système diviseur, à la galerie transversale établie dans la couche aquifère. L'ensemble ci-dessus eût pu aussi être appuyé sur un mur de pied surmonté d'un revêtement, chose réalisable, par le fait que les drains-contreforts débouchaient à un niveau supérieur à la plateforme de la voie.

Si nous résumons maintenant cette revue générale, nous voyons que, malgré certains exemples de l'emploi des pierres longitudinales, procédé que les constructeurs ont de la peine à abandonner, tant, à première vue, on dirait qu'il constitue un remède topique et souverain, d'autre part, la méthode PLM trouve de nombreuses analogies, en grand ou en petit, dans les travaux que nous avons cités, et que cet emploi est plus fréquent que celui des murs de soutènement combinés ou non avec des curages de poche (système Ebray).

Le suffrage universel consacré donc, en somme, par la loi de majorité, la méthode PLM qui concilie les théories sur lesquelles nous nous sommes arrêtés un instant au début, 1° en opposant de la résistance au mouvement, 2° en l'atténuant par la division des masses, 3° en l'arrêtant par le dessèchement de ces mêmes massifs. La force brutale d'une part et les moyens plus bénins, de l'autre, peuvent s'y combiner et s'y proportionner selon les besoins de la cause, ainsi que nous pourrions d'ailleurs le constater dans l'examen des divers cas soumis à ce traitement.

(A suivre.)

## OUTILLAGE DES TRAVAUX PUBLICS

**Modèle d'installation pour la fabrication du mortier dans un grand chantier de construction.** — Nous donnons fig. 1 et fig. 2 la vue de face et la coupe transversale d'un hangar pour la fabrication du mortier, installé sur un grand chantier de construction. L'installation que nous reproduisons

ici avait été adoptée pour faire le mortier nécessaire au coulage du radier d'une grande écluse (1).

Quatre tonneaux à mortier A B C D (fig. 2), étaient disposés dans un vaste magasin de 15 mètres de largeur, contenant les approvisionnements de chaux.

Ces tonneaux étaient mus par un arbre commun *aa*, commandé par une machine de 12 chevaux de force M, ainsi que le montrent les fig. 1 et 2.

Cette machine locomobile M actionnait une pompe P qui prenait l'eau dans la rivière et la refoulait dans un réservoir R monté sur un bâti.

De ce réservoir partait un tuyau TT' qui distribuait l'eau à volonté dans les 4 malaxeurs A, B, C, D, au moyen de tubulures munies de robinets.

Le sable nécessaire à la fabrication du mortier était apporté par des wagons jusque dans l'intérieur du hangar ; ces wagons étaient successivement basculés sur le plancher et on répandait

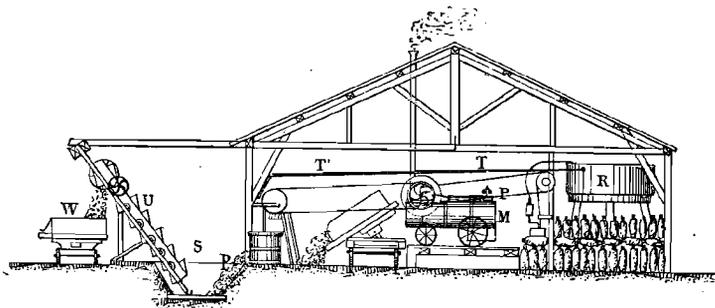


Fig. 1. — Coupe transversale du hangar.

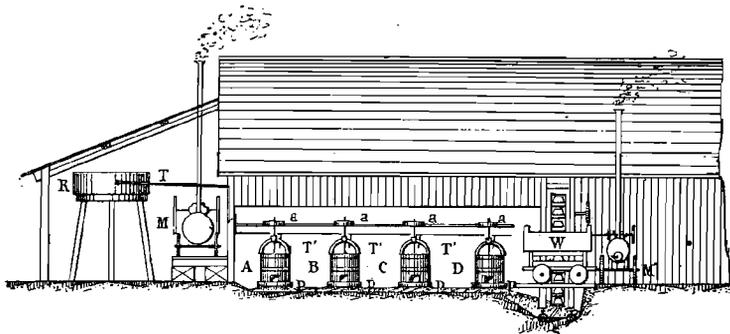


Fig. 2. — Coupe longitudinale du hangar.

sur chaque tas le contenu des 22 sacs de chaux, formant le dosage voulu avec le sable d'un wagon.

Ces matériaux, après avoir été grossièrement mélangés à la pelle, étaient chargés dans les malaxeurs et mouillés par le jet continu du robinet.

Le mortier sortait par les portes *p. p. p. p.* placées à la partie inférieure des malaxeurs et tombait dans un couloir en bois. Des ouvriers poussaient ce mortier au moyen de raclettes, jusqu'au puisard S.

Une drague *u*, mue par une locomobile spéciale M', prenait le mortier dans ce puisard et le chargeait rapidement dans des wagons W.

On formait ainsi des trains de mortier qui étaient conduits par une voie spéciale jusqu'au lieu d'emploi.

(1) Ecluse du barrage de la Mulatière sur la Saône, à Lyon.

# CHRONIQUE

## Chronique Française

**Travaux en cours d'exécution pour l'élargissement du pont d'Austerlitz à Paris.** — Le pont d'Austerlitz ou du Jardin des Plantes, a été construit en 1805. Il était formé de 5 arches en fonte de 32<sup>m</sup>,30 d'ouverture, reposant sur des piles et culées en maçonnerie, fondées sur pilotis. En 1854, on se trouva dans la nécessité d'élargir le pont en raison de l'augmentation considérable de la circulation. On en profita pour remplacer les arches en fonte qui n'avaient pas suffisamment bien résisté à la dilatation et au retrait, par des arches en pierre. La largeur du pont fut portée de 12 à 18 mètres. Aujourd'hui, un nouvel élargissement est devenu indispensable. La largeur sera de 30 mètres, et l'élargissement sera réparti par moitié de chaque côté des maçonneries.

Les culées et les murs de quai sont fondés sur des pilotis de 0<sup>m</sup>,30 de diamètre et distants de 1 mètre environ. Pour chaque allongement de culée, on a employé 106 pieux battus au refus et arasés à 1<sup>m</sup>,30 au-dessus de l'assise des maçonneries.

Ce travail a été fait à sec, derrière les banquettes de halage. Les culées qui auront 10 mètres d'épaisseur et reposeront sur un socle de 1 mètre de hauteur sur le massif de fondation, seront limitées de chaque côté par des murs en aile circulaires.

Le fonçage des piles a été fait sur caissons en fer au moyen de l'air comprimé. Les caissons employés à cet effet avaient 7<sup>m</sup>,10 de longueur et 5<sup>m</sup>,30 de largeur. La chambre de travail, de 2 mètres de hauteur, était surmontée de 6 poutres de 0<sup>m</sup>,700 sur 0<sup>m</sup>,003.

Les caissons ont été assemblés sur place; leur face postérieure venait s'appliquer sur le socle des anciennes piles.

Les voûtes actuelles seront agrandies, comme les piles, de 6<sup>m</sup>,30 de part et d'autre de l'axe longitudinal du pont. Elles seront simplement juxtaposées aux premières voûtes.

### TRACÉ DES COURBES CIRCULAIRES

**Procédé Ghédéon. — Antériorités. — Application du tachéomètre,** par H. Bonnami. — Les *Annales des Ponts et Chaussées* donnent, dans le numéro de février, année 1885, une notice sur « le tracé des raccordements circulaires dans les opérations sur le terrain », par Démétrius Ghédéon, ingénieur et architecte à Constantinople, notice datée du mois de septembre 1884.

Le procédé Ghédéon repose, en somme, sur ceci :

Si l'on prend un point S sur une courbe (fig. 1), si l'on mène la tangente ST normale au rayon SA, si, en outre, l'on choisit sur la courbe des divisions égales Sa, ax', ax'', ax''', ax''''... Les angles TSy, y'Sy', y'Sy'', y'Sy''', y'Sy''''... sont égaux entre eux comme angles inscrits mesurés par des arcs égaux; si on les appelle  $\delta$ , les angles complémentaires ySA, y'SA, y''SA, y'''SA, y''''SA... ou  $\omega$ ,  $\omega'$ ,  $\omega''$ ,  $\omega'''$ ,  $\omega''''$ ... varient entre eux de la quantité  $\delta$  et prennent la suite des valeurs ci-après :

$$\begin{aligned} \omega &= 90^\circ - \delta, \omega' = 90^\circ - 2\delta, \omega'' = 90^\circ - 3\delta, \omega''' = 90^\circ - 4\delta, \\ \omega'''' &= 90^\circ - 5\delta, \dots \end{aligned}$$

Connaissant les angles  $\omega$ ,  $\omega'$ ,  $\omega''$ ,  $\omega'''$ ,  $\omega''''$ ... l'opérateur place son instrument en S et « ouvre successivement ces angles, tandis que son aide, muni d'un jalon et d'une « ficelle » égale à la longueur de la corde adoptée (Sx dans la fig. 1), détermine et marque les différents points de la courbe. »

Cette citation est textuelle et pour cause.

Or, que l'on ouvre les angles  $\omega$ ,  $\omega'$ ,  $\omega''$ ,  $\omega'''$ , etc., sur le rayon SA ou les angles  $\delta$ ,  $2\delta$ ,  $3\delta$ , etc., sur la tangente ST, ce qui serait plus simple, c'est toujours le même procédé, lequel n'a ici qu'un inconvénient, celui d'être identiquement le procédé inséré, en 1849, dans les *Annales des Chemins vicinaux*, tome V,

page 157, par Bagel-Combes, agent-voyer en chef du département de Tarn-et-Garonne.

En outre, dans le fascicule n° 2 des *Regains scientifiques* (1<sup>re</sup> édition en 1874, 2<sup>e</sup> en 1877, 3<sup>e</sup> au commencement de 1884), et dans le fascicule n° 5 du même ouvrage (1<sup>re</sup> édition en 1877 et 2<sup>e</sup> en 1881), notre collaborateur J. Dubuisson a développé le tracé des arcs circulaires par cette même méthode, dite « méthode des angles inscrits », tourné et retourné la question sous toutes ses faces, dans tous les cas particuliers, refait son historique, exhumé le cyclographe de Bagel-Combes, et complété enfin le travail par des tables comprenant les angles des courbes d'un rayon R, variant de 200 à 3,000 mètres, courbes ordinairement affectées par les axes des voies ferrées.

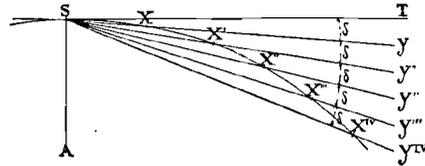


Fig. 1.

La découverte de Ghédéon Démétrius arrive donc, sur la scène, de trente-cinq années en retard sur la première antériorité précitée, que l'on peut constater aux *Annales des Chemins vicinaux*; son auteur a, par suite, tous les droits à se considérer comme un inventeur « parallèle » et les *Annales des Ponts et Chaussées* peuvent être fixées également sur la prime de leur exhibition.

Comme cet auteur ne paraît pas se servir d'instruments très précis, il a suivi, en outre, une variante qui lui a paru plus commode, consistant à donner à  $\delta$  une valeur exacte en degrés et à en déduire la valeur correspondante  $Sx$ ; enfin, ayant à décrire des courbes de très petit rayon, car ses opérations se passaient sur des routes, il trace aussi les arcs par coordonnées polaires, avec les cordes  $Sx$ ,  $Sx'$ ,  $Sx''$ , etc., calculées à priori, et ce, lorsque la valeur maximum de ces cordes ne dépasse pas la cote (20 mètres), qui devait être la longueur de sa ficelle.

A ce sujet nous pouvons lui donner, en revanche, quelque chose de plus nouveau, en nous inspirant d'une note inédite, due à l'ingénieur H. Bonnami et ayant pour titre : Tracé rapide des courbes sur le terrain, au moyen du Tachéomètre, particulièrement applicable dans les régions montagneuses et celles où il existe de nombreuses difficultés de chaînage, telles que murs, haies, carrières, etc.

Il suffit, pour une courbe de rayon R d'avoir, dans une 1<sup>re</sup> colonne, et en grades, les angles  $\delta$ ,  $2\delta$ ,  $3\delta$ , etc., et, en face, dans une 2<sup>me</sup>, les longueurs  $Sx$ ,  $Sx'$ ,  $Sx''$ , ou rayons vecteurs, calculées par les formules  $\rho = 2R \sin \delta$ ,  $\rho' = 2R \sin 2\delta$ ,  $\rho'' = 2R \sin 3\delta$ , etc.

On ouvre au tachéomètre installé en S l'angle azimuthal (horizontal autrement dit) TSy ou  $\delta$  et le porte-mire se place dans l'alignement résultant Sy (à 10 mètres à peu près de l'instrument, si l'on opère par un angle de départ  $\delta$  correspondant à des points espacés sur la courbe de 10 en 10 mètres); on fait ensuite, sous un angle zénithal (vertical autrement dit)  $\nu$ , une lecture, sur la mire tachéométrique, qui donne le nombre générateur  $g$ ; on calcule immédiatement, avec la règle, le produit  $g \frac{\sin \nu}{\sin \delta}$  et l'on doit trouver pour résultat la distance  $\rho$  prise dans le tableau en face de l'angle  $\delta$ ; si l'on trouve  $\rho \pm \Delta$ , le porte-mire avance sur l'opérateur ou recule de la différence  $\Delta$  et sur ses indications, puis on vérifie la nouvelle position de la mire; mêmes manœuvres pour le point de courbe suivant; on ouvre l'angle TSy'; le porte-mire se place sur Sy' et à 10 mètres environ du point x précédemment déterminé, à l'œil ou au pas suivant la facilité de circulation; avec un angle zénithal  $\nu'$  on essaie une lecture qui doit donner  $g' \frac{\sin \nu'}{\sin \delta} = \rho'$ ; si on trouve  $\rho' \pm \Delta'$ , on fait varier dans un sens ou dans l'autre la position de la mire de la quantité  $\Delta'$ , on vérifie la nouvelle position, etc.

Avec l'appareil de la constante appliqué au Tachéomètre et réglé au  $\frac{1}{100}$  on peut aller très vite dans cette opération et sans calculs tachéométriques; un porte-mire exercé se place d'ailleurs, de lui-même, à peu près dans sa position, guidé en cela par l'écart constant qui existe entre les piquets consécutifs du tracé.

En résumé c'est tout simplement l'application de l'effet réversible du Tachéomètre ou de la constante; au lieu de déterminer la distance, à l'instrument, d'un point donné sur une direction, on détermine, sur cette direction, la position d'un point de distance connue; de cette façon-là, on est dispensé de tout chaînage, même de celui de la « corde égale » nécessaire avec l'emploi du théodolite ou de tout autre graphomètre.

C'est ainsi un « comble » en fait de tracés de courbes et à la suite duquel les chercheurs de procédés peuvent considérer la question comme suffisamment élucidée.

### Chronique Etrangère

**Développement des voies entièrement métalliques en Allemagne et dans les autres pays.** — L'usage des traverses métalliques se répand en Allemagne d'année en année. Voici, en effet, des chiffres publiés à ce sujet, par la *Revue industrielle*, relativement à l'emploi des longrines et des traverses en fer ou en acier sur les lignes de l'empire allemand :

Années.	Réseau.	Longrines.	Traverses.
1881 .....	56.064 kilom.	3.276 kilom.	4.302 kilom.
1882 .....	57.977	3.881	2.020
1883 .....	59.222	4.225	3.092

Le huitième du réseau allemand est donc construit actuellement avec des longrines ou des traverses métalliques, et on estime que la moitié des voies nouvelles sont établies avec une superstructure de ce genre.

Les ingénieurs du chemin de fer de l'Etat Belge, qui ont étudié la question de la substitution du métal au bois, ont conclu à l'adoption des traverses en acier.

Jusqu'ici, on était parti, en Belgique, du principe mauvais de vouloir une traverse en fer au même prix que la traverse en bois. Aussi on faisait des traverses avec un métal de qualité inférieure et on leur donnait une trop grande légèreté.

L'économie qu'il est possible d'espérer de l'emploi des traverses métalliques résulte de la plus grande durée de ces traverses et du prix que l'on peut retirer de la vente du métal lorsque la traverse est hors de service. De là la nécessité d'employer une traverse très solide et qui coûte, naturellement, plus cher que le bois.

Le calcul suivant permet de se rendre compte de l'économie qu'on peut ainsi réaliser :

En prenant quatorze ans, comme la durée moyenne des billes de bois, en comparant le coût de cette bille au bout de cet espace de temps avec le coût de la traverse en acier au bout du même temps, et en remarquant qu'après quatorze ans, à 5 0/0, le capital est doublé, on arrive à ce résultat que le bois a coûté 12 fr. 60, et ne vaut plus que 0 fr. 50, tandis que l'acier revient à 14 francs, mais vaut encore 3 fr. 50, ce qui se traduit par une différence finale de 1 fr. 60 en faveur du métal, en comptant pour la traverse et ses accessoires sur un poids total de 50 kilogrammes.

Si on prend maintenant la traverse d'acier de 75 kilogr., et si on admet qu'elle a une durée double de celle du bois, l'avantage est encore plus grand. On trouve qu'après vingt-huit années de service, la dépense nette est de 36 fr. 80 pour le bois et de 33 fr. 90 pour l'acier. Si on ajoute 1 franc pour la main-d'œuvre des renouvellements, l'économie est, pour le métal, de 3 fr. 90 par traverse.

Comme l'acier coûte, en Belgique, de 30 à 40 francs par tonne moins cher qu'en Allemagne, on voit que le premier de ces deux pays peut faire, plus avantageusement encore que le second, l'essai des traverses métalliques.

Nous croyons devoir faire suivre ces considérations de quelques détails sur le nouveau système de voie entièrement métallique posé à titre d'essai, en 1883, sur de petites sections en Autriche et en Bavière, et plus récemment dans le grand tunnel de l'Arlberg sur une longueur de 10 kilom. environ. Nous voulons parler de la voie Heindl.

Cette voie se compose de traverses métalliques ayant une grande ressemblance avec celles du système Hilf, qui est bien connu.

Les conditions requises pour qu'une traverse métallique donne de bons résultats sont les suivants : la traverse qui a, comme on sait, une section transversale en forme de U renversé, doit embrasser la plus grande quantité possible de ballast, afin d'être très stable et d'opposer un effort sérieux à tout mouvement latéral.

Le rail doit être fixé sur la traverse d'une manière simple, de façon que l'on puisse s'apercevoir rapidement de toute variation dans l'écartement des rails et qu'on puisse remédier promptement et facilement à tout dérangement.

La traverse du système Heindl remplit bien la première des conditions ci-dessus énoncées. Le volume de ballast qui entre dans l'intérieur de cette traverse est double de celui qui pénètre dans les traverses du même genre employées jusqu'à présent; la surface d'appui est augmentée de 1/5 environ. Elle offre donc plus de sécurité contre tout glissement latéral. Cependant on peut se demander si, avec la largeur et la hauteur données à cette traverse, il est facile de bourrer suffisamment le ballast dans son intérieur (la largeur de l'U renversé est de 260 millimètres et la hauteur de 100 millimètres), chose déjà assez difficile à réaliser avec des traverses de mêmes formes, mais de dimensions moindres.

On a limité dans le système Heindl l'écartement des traverses de joint à 0<sup>m</sup>,50; les éclisses sont munies à leur base inférieure de puissantes équerres qui enveloppent, avec leurs encoches, les boulons d'attache des traverses, et qui sont disposées de telle sorte que deux joints se faisant face ne puissent sortir de l'équerre, et que tout glissement du rail soit impossible.

L'attache du rail sur la traverse se fait à l'aide de boulons verticaux et de platines de serrage.

Pour maintenir entre les rails de la voie l'écartement nécessaire, on se sert de pièces additionnelles qui s'intercalent entre les platines et les têtes des boulons dans l'encoche des traverses et dont les épaisseurs augmentent de 4 en 4 millimètres; de cette façon, on peut obtenir des élargissements allant jusqu'à 20 millimètres.

Comme toutes les pièces qui composent la superstructure peuvent se poser et s'assembler par en haut, il en résulte que les remplacements sont faciles et se font rapidement.

Entre le patin du rail et la traverse, on interpose une selle en forme de coin qui remplit plusieurs buts, savoir : elle permet de donner au rail l'inclinaison prescrite de 1/20; elle reçoit sur la nervure dont elle est munie extérieurement, la pression latérale du patin et protège le boulon ou le crampon qui sert à fixer le rail; enfin elle empêche tout contact immédiat de la surface d'appui du rail avec sa traverse et par suite tout déchetement de cette dernière.

Mais à côté de ces avantages, on doit signaler les inconvénients suivants : l'emploi de la selle augmente le poids de chaque traverse de 2 à 3 kilogr. et par suite en élève le prix; les pièces d'assemblage étant assez nombreuses, on complique la fabrication, on multiplie les causes de dérangement dans les diverses parties du système et on s'expose ainsi à des relâchements dans tout l'ensemble.

Il est cependant juste de reconnaître que les avantages l'emportent sur les inconvénients, ainsi qu'il résulte des renseignements fournis par les administrations des lignes du Rhin et de Berg-Mark.

La traverse Heindl pèse 72 kilog.; elle coûte 1 fois 1/2 plus cher que la traverse de chêne. Le mètre courant de voie pèse 171<sup>h</sup>,73, tandis que le poids par mètre courant de voie du système ordinaire ne dépasse pas 130 kilogrammes.

Nous avons dit au début de cette note que l'insuccès de certains essais de voie à superstructure entièrement métallique provenait souvent de la trop grande légèreté donnée aux traverses. C'est l'opinion de plusieurs ingénieurs. Cependant, d'autres pensent que la condition essentielle du succès réside dans la composition de la plate-forme. Suivant eux, ce qui importe avant tout, c'est d'employer un ballast de première qualité, d'assurer l'écoulement des eaux de pluie par un drainage approprié et, enfin, de donner à la couche de ballast une épaisseur suffisante pour que la base de la traverse ne se trouve pas en contact immédiat avec le sol naturel. Le ballast doit être assez dur pour qu'en le bourrant sous les traverses, il ne se réduise pas en poussière. Si ces conditions sont exactement remplies, il est inutile d'augmenter outre mesure le poids des traverses et alors les traverses du système Heindl, ainsi que celles du même genre, c'est-à-dire les traverses lourdes, doivent être réservées pour les cas exceptionnels, par exemple lorsqu'il s'agit de construire des lignes à fortes rampes, ou encore lorsqu'on se trouve dans des conditions particulièrement défavorables de tracé, fortes courbes, grandes déclivités, trafic très chargé, etc., etc., et enfin, lorsqu'il s'agit de voies difficiles à surveiller, comme cela se présente dans les grands tunnels.

(Extrait d'articles de plusieurs journaux.)

**Boulons pour fixer les rails sur les traverses (système Bush).** — La fig. 1 donne une coupe longitudinale de la traverse en bois sur laquelle on a fixé un rail vignole à l'aide de deux boulons inclinés pénétrant l'un dans l'autre. L'extrémité supérieure de chaque boulon est munie d'un filet afin de pouvoir visser un écrou qui presse le rail contre la traverse par l'entremise de platines de serrage.

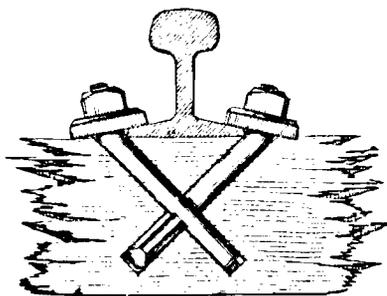


Fig. 1.

Ainsi que le montre la figure, les boulons pénétrant dans des trous, qui ne traversent pas complètement la traverse et qui ne sont pas situés dans le même plan. Les axes de ces trous sont orientés de façon à pouvoir faire pénétrer les boulons les uns dans

les autres. Ces boulons sont entaillés de façon à se tenir mutuellement dans leur position.

Il résulte de là que lorsqu'on a opéré le serrage des écrous, les deux tiges emboîtées l'une dans l'autre ne peuvent être retirées; aussi la solidité de l'assemblage dépend-il uniquement de la résistance du bois employé.

Afin de se rendre compte de la valeur de cette résistance, l'inventeur du système a soumis l'assemblage du rail avec la traverse à diverses épreuves dont voici le compte rendu.

On a commencé par exercer une traction verticale dirigée de bas en haut, à l'aide d'un levier dont le petit bras saisit le champignon du rail et dont la grande branche est chargée de poids.

Dans d'autres essais on s'est servi d'un grappin enveloppant complètement le champignon du rail et à l'aide duquel on exerçait sur ce dernier un effort direct.

On soumit à ces diverses expériences des crampons ordinaires, des crampons à vis ou tirefonds et des boulons du système Bush.

Le tableau suivant donne les résultats de ces expériences :

1 <sup>o</sup> Expériences faites avec un levier			
NATURE des TRAVERSES	Fixation du rail avec deux crampons ordinaires de 0,016 X 0,127.	Fixation du rail avec deux crampons à vis ou tirefonds de 0,016 de diamètre et de 0,127 de longueur.	Fixation du rail avec les boulons Bush pénétrant l'un dans l'autre.
Pin jaune.	Les crampons commencent à se détacher sous une charge de 3'3 kilogrammes.	Les tirefonds sont arrachés sous une charge de 453 kil. 550 gr.	Sous une charge de 680 kilog. le rail se soulève de 6 <sup>m</sup> /m 35 mais reprend sa position primitive après la suppression de la charge. La tête du boulon se détache sous une charge de 793 kil. 700.
Chêne	Les crampons sont arrachés sous une charge de 589 kil. 630 gr.	Le tirefond se casse dans la masse de la traverse sous une charge de 136 kilog.	Il se produit un desserrage sous une charge de 816 k. 4; cependant les choses se remettent dans leur état primitif lorsque la charge cesse. La tête du boulon se détache sous une charge de 907 kilog.
2 <sup>o</sup> Expériences faites avec un grappin (traction directe)			
NATURE des TRAVERSES	Fixation du rail avec deux crampons ordinaires de 0,016 X 0,127.	Fixation du rail avec deux tirefonds de 0,016 de diamètre et de 0,127 de longueur.	Fixation du rail avec les boulons Bush pénétrant l'un dans l'autre.
Pin jaune.	Les crampons cèdent suite à un effort de 2,721 kilog.	Les tirefonds sont tirés hors de la traverse et sortent de 0 <sup>m</sup> ,0125 sous un effort de traction de 2,721 kilog.	Les boulons cisailent le bois et fendent la traverse sous un effort de traction de 2,494 kil. 500.
Pin jaune.	Les crampons sont arrachés sous un effort de 1,133 kil. 90 gr.	Les tirefonds s'étirent et sont arrachés sous un effort de 2,267 kil. 700.	Les boulons cisailent le bois lorsque l'effort de traction atteint 3,084 kilog.
Bois de chêne.	La tête du crampon se détache et le crampon s'étire sous une traction de 2,958 kilog.	Le tirefond s'allonge sous un effort de 2,494 kil. 500 gr.	La tête du boulon se détache sous un effort de 4,880 kilog.
Bois de chêne.	Les têtes des crampons sont arrachées et les crampons s'étirent sous un effort de 3,855 kilog.	Les tirefonds sont arrachés et s'étirent tous deux sous une charge de 2,267 kil. 700.	La tête du boulon s'arrache et le bois est partiellement cisailé sous un effort de 4,626 kilog.

Une condition essentielle de succès pour le système qui vient d'être décrit, c'est que les trous qui doivent servir à loger les boulons soient percés avec une grande précision, afin que les boulons puissent pénétrer convenablement dans leurs encoches respectives. On se sert pour cela d'un appareil spécial qui se fixe sur le rail au moyen de deux grappins, les tarières sont alors guidées très exactement.

Ce mode de fixation du rail sur les traverses est, paraît-il, très employé sur les lignes américaines, notamment sur les chemins de fer qui aboutissent à New-York et dans la section de Cheapsapeake à Ohio, etc.

(Organ Fortschrittliche des Eisenbahnwesens.)

**Roues de wagons en papier.** — Les chemins de fer allemands adoptent sur une large échelle les roues pleines avec disque en papier, dont la vogue a été si grande aux États-Unis. Le disque consiste en un anneau de 850 millimètres de diamètre extérieur et de 230 millimètres de diamètre intérieur sur une épaisseur de 90 millimètres. Il est formé de feuilles de carton superposées et soumise à une énergie pression hydraulique. Le moyeu en fer et la jante en acier sont également ap-

pliqués à froid sous une forte pression. Le moyeu est maintenu par une contre platine et huit boulons, et la jante, ou le bandage, par deux frettes annulaires et douze boulons. En outre, quatre petites plaques métalliques sont insérées dans des rainures ménagées dans les frettes et le bandage, afin d'empêcher celui-ci de tourner sur le disque. Les avantages de ces roues résident dans l'élasticité de la masse de papier qui compose les disques. Ceux-ci se prêtant mieux aux mouvements que les variations de température produisent dans les bandages, offrent plus de sécurité contre leur rupture, en même temps qu'ils amortissent la transmission aux axes et au bâti des wagons, des chocs que les jantes reçoivent en pleine marche.

Pour les chemins de fer électriques, le défaut de conductibilité des disques en papier a aussi son importance.

(Revue universelle des Mines.)

**Nouvelle méthode pour la construction de murs de soutènement.** — La construction des murs de soutènement peut s'effectuer, comme on sait, suivant des méthodes fort différentes. On peut, lorsque les terres à soutenir n'exercent pas une poussée trop considérable, se contenter de boisages, c'est-à-dire établir le long des parois des terres une série de madriers et de rondins verticaux et placer entre ces pièces de bois et la surface du talus d'autres madriers horizontaux formant un revêtement continu. Lorsque l'on juge nécessaire d'avoir recours, non plus seulement à des boisages, mais à un mur de maçonnerie, on peut donner au profil transversal de ce mur une forme trapézoïdale qui a pour but de diminuer le cube de la maçonnerie. Ce mur a alors une épaisseur qui va en décroissant de la base au sommet. D'autres fois enfin on pratique, toujours dans le but de réaliser des économies, des évidements dans le mur et on remplit ces évidements avec des remblais.

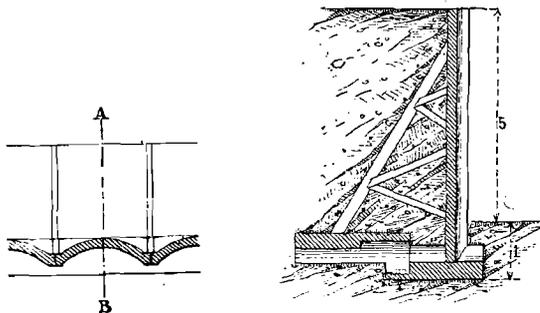


Fig. 1. — Plan.

Fig. 2. — Coupe transversale suivant la ligne AB de la fig. 1.

Théoriquement, on peut aller encore plus loin dans cette voie, c'est-à-dire qu'il est possible de constituer le mur de soutènement avec des terres seulement, pourvu que l'on prenne les mesures nécessaires pour empêcher ces terres de s'ébouler.

C'est ce principe qui a été appliqué dans le genre de mur que nous allons décrire.

On place de distance en distance, des chevalets ou mieux des espèces de fermes en matériaux appropriés au cas où l'on se trouve, mais de préférence en fer forgé, ainsi que l'indique le plan (fig. 1).

Entre les montants verticaux de ces fermes on construit des pans de voûte, et entre les poutres inférieures horizontales d'autres portions de voûtes également horizontales, à voûture concave dans la partie antérieure et à voûture convexe dans la partie postérieure, afin de tenir compte du sens dans lequel agissent les pressions. C'est ce mode de construction qui est représenté sur la coupe transversale (fig. 2).

En employant ce système, on constitue un véritable mur de soutènement en terre offrant autant de stabilité qu'un mur en maçonnerie.

Pour calculer les dimensions à donner aux montants verti-

caux, il convient de les considérer comme des poutres encastées à leur base.

Dans l'exemple cité par l'auteur de l'article que nous analysons, le mur a 5 mètres de hauteur au-dessus du niveau du sol. On a supposé qu'il soutient un remblai de chemin de fer et que, la plate-forme de la voie ferrée est à 1 mètre au-dessus du niveau du couronnement du mur.

En admettant que le poids du mètre cube de terre soit de 1,800 kilog. et que le radier des fondations soit à 1 mètre en contrebas du niveau du sol naturel, le calcul indique que l'établissement du mur exige l'emploi de 250 kilog. de fer forgé et 1<sup>m</sup>3,36 de maçonnerie par mètre courant. On peut en déduire facilement le prix de revient,

(Deutsche Bauzeitung).

**Plate-forme type pour remblai.** — Chemin de fer central du Michigan. — Le caractère essentiel de cette disposition de superstructure, c'est que la surface supérieure du ballast est au même niveau que la face supérieure des traverses, ainsi que le montre la fig. 1.



Fig. 1. — Coupe transversale de la plate-forme de la voie.

L'avantage de cette construction consisterait à assurer à la voie une stabilité plus grande dans le sens latéral, et à donner à la plate-forme une apparence plus régulière. Par contre, cette disposition offre un désavantage : c'est qu'il faut une grande quantité de ballast, et que le drainage des eaux de pluie ne se fait pas dans d'aussi bonnes conditions. Pendant le dégel, en effet, lorsque le corps du remblai est encore gelé, l'eau s'écoule moins facilement en dessous du ballast, et reste à l'état stagnant entre les rails, à hauteur du champignon. Aussi, lorsque cette eau vient de nouveau à se congeler, il se produit des pressions qui amènent des dérangements dans la superstructure. Ces dérangements peuvent même occasionner des déraillements.

Sur une ligne de grand trafic, comme celle du Michigan, et grâce à une surveillance attentive, ce danger n'est pas très sérieux ; mais pour des chemins n'étant pas dans ces conditions spéciales, on pense que ce mode de construction n'est pas destiné à se répandre.

(Railroad Gazette.)

**Pont construit sur le Schwarzwasserbrücke (Suisse).**

— Le pont dont nous donnons ici la description a été construit sur la route de Berne à Schwarzenbourg, pour franchir le ravin de Schwarzwasserbrücke.

Cette route descendait autrefois jusqu'au fond de la vallée, puis, après avoir traversé le torrent, regagnait le plateau situé sur l'autre versant, en faisant de nombreux lacets très raides qui offraient un certain danger.

La fréquentation de la route ayant acquis une grande importance, on reconnut la nécessité de remplacer cette partie difficile en construisant un pont qui permit de passer d'un versant à l'autre du ravin à une altitude élevée.

On choisit, pour effectuer ce passage, le point où la vallée présente le moins de largeur et où les sommets de ses bords sont à peu près à la même hauteur, au-dessus du torrent. Pour arriver à ce point qui se trouve près de l'embouchure du Schwarzwasserbrücke dans la Seuse, on fut amené à construire une déviation de 1,600 mètres du côté droit du torrent, et de 410 mètres du côté gauche.

Quant au pont, qui constitue la partie la plus intéressante du travail, il a une longueur de 160 mètres, et son tablier se trouve à 60 ou 70 mètres au-dessus du ravin.

Le moyen le plus économique de réaliser le passage eût été,

sans contredit, de jeter un pont suspendu à câbles métalliques et à tablier en bois, mais la crainte qu'aurait eue le public de franchir cet endroit dangereux sur un pont de ce système, fit renoncer à ce projet et on décida qu'on établirait un ouvrage en pierre ou en métal.

Le premier projet, consistant dans la construction d'un pont en pierre, prévoyait l'emploi de grès molasse, dont il existe des carrières dans le pays, et qui donne, à la pression, un coefficient de résistance de 250 à 300 kilog. par centimètre carré. On avait calculé les dimensions de l'ouvrage de telle sorte que la pression réelle ne dépassât jamais 10 kilog. par centimètre carré. Les parements des piles étaient verticaux, de façon à empêcher que la pluie ne vint frapper la pierre, qui noircit rapidement au contact de l'eau. (Fig. 1.)

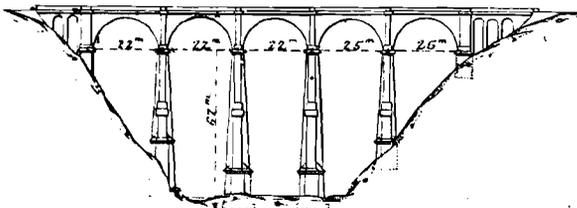


Fig. 1. — Projet de viaduc en maçonnerie. (Echelle de 1 : 2000.)

Afin d'éviter des difficultés de construction, on avait projeté des arcs de 22 à 25 mètres d'ouverture. Le devis estimatif se montait à 700.000 francs.

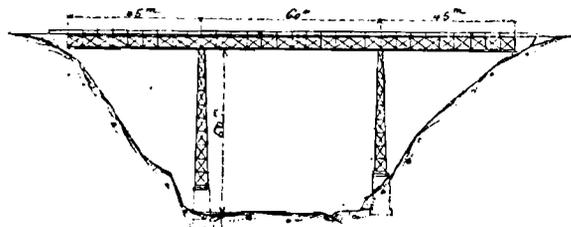


Fig. 2. — Projet de viaduc à poutres droites métalliques avec piles métalliques. (Echelle de 1 : 2000.)

Le second projet, qui consistait à édifier un viaduc métallique à poutres droites continues en treillis reposant sur des piles métalliques ou sur des piles en maçonnerie, admettait pour le pont 3 travées, savoir : une travée centrale de 60 mètres de longueur et deux travées de rive de 45 mètres, ou une travée centrale de 50 mètres et deux travées de rive de 40 mètres.

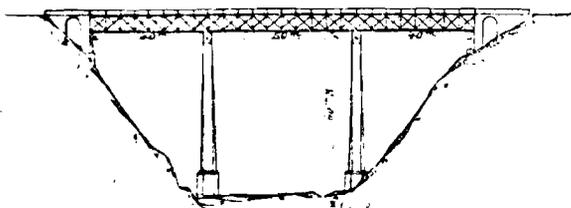


Fig. 3. — Projet de viaduc à poutres droites métalliques avec piles en maçonnerie. (Echelle de 1 : 2000.)

Sur ces entrefaites, on construisit dans le canton de Fribourg, le pont-route du Javroz, qui comportait un arc unique de 85 mètres de portée. On songea, dès lors, à adopter un système du même genre.

Le projet dressé par M. Ott et C<sup>e</sup>, s'élevait à la somme de 180.000 francs. La construction de l'ouvrage fut mise au concours dans le courant de l'année 1880, et le programme stipulait : que le pont devait être entièrement métallique, que l'on excluait entièrement le bois, même pour le tablier ; que ce pont, enfin, devait supporter une charge permanente d'au

moins 360 kilog. par mètre carré de tablier représentant le poids du pavage en pierre et des trottoirs latéraux.

La charge roulante était constituée par une voiture à quatre roues chargée de 10.000 kilog. ; les roues étant distantes de 3 mètres et écartées de 1<sup>m</sup>,50.

Enfin, la charge accidentelle résultant de la pression du vent fut évaluée à 150 kilog. par mètre carré.

La maison Eiffel et C<sup>e</sup>, de Paris, prit part au concours.

Son projet consistait en un pont à poutres droites continues supportées par des piles métalliques. La dépense était estimée à 400.000 francs.

Comme les ponts à arc ne conduisaient pas à une dépense plus considérable, le jury accorda la préférence aux projets conçus dans ce dernier ordre d'idées. Il examina, dès lors, les quatre projets suivants :

- 1° Pont à arc de MM. Ott et C<sup>e</sup> ;
- 2° Pont à arc de MM. Chappuis et C<sup>e</sup> ;
- 3° Pont à poutre continue de MM. Chappuis et C<sup>e</sup> ;
- 4° Pont à poutre continue de MM. Bosshard et C<sup>e</sup>.

Le premier projet de MM. Ott et C<sup>e</sup> admet un arc de 114 mètres de portée s'arcboutant sur des culées fixes. Cet arc est composé d'une poutre en treillis de 21 mètres de flèche, de 1<sup>m</sup>,50 de hauteur au sommet et de 2<sup>m</sup>,50 de hauteur aux extrémités, c'est-à-dire aux culées.

Dans un autre projet présenté par la même maison, les poutres qui constituent l'arc ont une hauteur constante de 2<sup>m</sup>,50 et les points d'appui, aux culées, au lieu d'être fixes comme dans le projet précédent, sont mobiles autour d'un axe formant charnière. Cette disposition a pour but de permettre aux extrémités de l'arc de s'appuyer toujours sur les culées, quelles que soient les variations de la température extérieure.

Le second projet, celui de MM. Chappuis et C<sup>e</sup>, se composait d'une poutre courbe de 2 mètres de hauteur au sommet et de 3 mètres de hauteur aux culées. Les extrémités de cette poutre s'appuyaient sur des assises fixes.

Ce fut le projet de MM. Ott et C<sup>e</sup> qui fut jugé le plus avantageux par M. le professeur Culmann, pris comme expert. Le jury y apporta cependant quelques modifications.

Le prix de ce projet s'élevait à 270.500 francs.

Après avoir examiné attentivement la nature du terrain, on reconnut que la roche avait une composition qui permettait d'y asseoir directement les fondations des culées du pont.

Le pont, qui est aujourd'hui complètement terminé, a une ouverture, entre les culées, de 167<sup>m</sup>,04. Sa longueur totale, y compris les culées, est de 170<sup>m</sup>,50. La largeur entre le garde-fou du parapet, est de 6 mètres, se composant de 4<sup>m</sup>,40 pour la chaussée et de 0<sup>m</sup>,80 pour chaque trottoir. (Fig. 4 et 5.)

Dans le sens longitudinal, le tablier du pont est divisé en 20 parties de 5<sup>m</sup>,76 ; il est supporté, aux extrémités, par les culées, et, dans l'intervalle de ces culées, par des tirants verticaux, dont l'extrémité inférieure porte sur les poutres en arc. L'arc mesure 114 mètres de corde. Des colonnes ou piliers verticaux reposant sur le sol supportent la partie du tablier comprise entre les extrémités des poutres en arc et les culées en maçonnerie des deux rives. Ces piliers sont établis sur des socles en pierre.

A l'origine de l'arc, les palées ont une hauteur maxima de 19 mètres.

Il y a deux poutres courbes situées dans des plans convergents, et qui sont écartées de 8 mètres au niveau de leurs points d'appui et de 5<sup>m</sup>,20 au sommet de l'arc.

Chaque poutre est formée d'une semelle inférieure et d'une semelle supérieure réunies par des barres inclinées dont l'ensemble forme des figures triangulaires, et dont le tout constitue un solide d'une grande rigidité.

Au sommet, la distance entre les deux semelles est de 2<sup>m</sup>,50 et aux surfaces d'appui de 3<sup>m</sup>,50. La flèche de l'arc est de 22<sup>m</sup>,45.

Les culées placées sur les rives sont en maçonnerie ; elles reposent directement sur le terrain rocheux. Le pied de chaque

semelle de la poutre s'engage dans un sabot de fonte ancré dans la maçonnerie.

Le tablier est construit en fers Zorès, sur lesquels est établie une chaussée de 0<sup>m</sup>,20 d'épaisseur en moyenne, composée d'une couche de béton et d'un empierrement en gravier.

Le parapet a 1<sup>m</sup>,20 de hauteur ; il est en fer forgé.

Toute la maçonnerie est faite avec du mortier de chaux hydraulique.

Le poids propre du pont, qui est de 430,000 kilog., se décompose comme suit :

Construction métallique proprement dite.....	360.000 k.
Tablier en fers Zorès.....	56.000
Garde-fou (2×163 <sup>m</sup> ).....	14.000
Total.....	430.000 k.

madriers diagonaux. Ces pylones, qui étaient distants de 20 mètres, servaient à supporter des fermes en charpente avec tirants métalliques.

Au début, on ne montait ces tours qu'à la hauteur de la naissance des arcs, et on établit à ce niveau une voie de service pour le transport des pierres à amener de chaque côté de la vallée pour la construction des culées. Lorsque ces dernières furent terminées, on suréleva les pylones et en même temps les poutres qui les réunissaient, de façon à constituer un point d'appui pour l'échafaudage proprement dit servant à la construction de l'arc métallique. Outre les fiches de contreventement établies dans le plan des poutres, on a encore consolidé les pylones à l'aide de câbles attachés d'une part à ces pylones, d'autre part aux flancs du ravin. Ces câbles, qui étaient métalliques, permettaient de parer à toutes les éventualités.

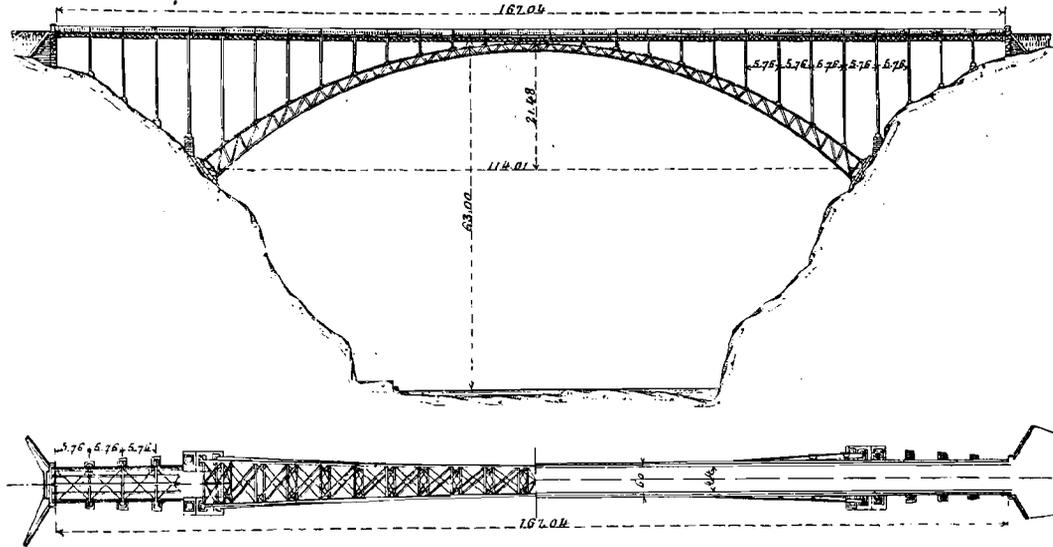


Fig. 4 et 5. — Plan et élévation du projet adopté. (Echelle de 1 : 1000.)

Les 360,000 kilog. de la construction métallique proprement dite se décomposent eux-mêmes comme suit :

Tablier (y compris assemblages terminés et poutres transversales).....	82.750 k.
Palées (28 pièces).....	56.800
Contreventement (y compris les assemblages).....	20.670
Assemblage transversal des arcs.....	14.400
Arcs (y compris les plaques d'appui).....	185.380
Total égal.....	360.000 k.

Le détail estimatif, présenté par MM. Ott et C<sup>e</sup>, se décomposait de la façon suivante :

Maçonneries, y compris les fouilles pour les fondations.....	35.000 fr.
Charpente métallique pesant 360,000 kilog....	170.000
Recouvrement du tablier en fers Zorès (56,000 kilog.).....	14.800
Garde-fou en fer forgé (366 <sup>m</sup> pesant 14,000 <sup>k</sup> ) ..	10 800
Chaussée, y compris les trottoirs latéraux....	4.900
Echafaudages.....	44.000
Total général....	279.500 fr.

La construction de l'échafaudage fut commencée au mois d'avril 1881; le pont a été livré à la circulation le 16 novembre 1882.

Cet échafaudage, combiné de façon à offrir le moins de prise possible au vent, se composait de deux grandes palées ou pylones formés chacun de 20 montants. Chaque pylone comprenait 7 étages superposés de 7<sup>m</sup>,50 de hauteur. Les montants verticaux étaient réunis par des moises horizontales et des

L'échafaudage était construit entièrement en bois ronds de 0<sup>m</sup>,20 de diamètre. Le cube du bois employé était de 500<sup>m</sup>³. On employa aussi 1,600<sup>m</sup>² de planches ou madriers.

La surface couverte par le pont est de 6,600<sup>m</sup>².

Pour effectuer le montage de l'arc métallique, on commença par mettre en place les semelles inférieures des deux poutres; on posa ensuite les pièces d'assemblage transversales, puis ensuite les pièces de treillis et enfin les semelles supérieures. Afin de régler exactement la position des arcs, on plaça entre la plaque d'appui de chaque extrémité de l'arc et cette extrémité des coins ou cales.

Lorsque l'arc fut complètement terminé, on procéda au montage des palées verticales et enfin au placement du tablier.

Pendant cette dernière partie du travail et la construction de la chaussée, on fit en sorte que la charge exercée sur l'arc fut toujours la même.

La construction de l'ouvrage ne donna lieu à aucun incident.

Avant d'être livré à la circulation, le pont fut soumis aux épreuves ordinaires. En sus du poids résultant du stationnement de la foule, on lui fit supporter une surcharge de 270 kil. par mètre carré de tablier.

La dépense réelle d'exécution s'est élevée à 281,166 fr. 55 pour le pont proprement dit, et à 60,445 fr. 55 pour les chemins d'accès. Soit un total de 341,612 fr. 10.

On a donc réalisé une économie de 8,387 fr. 90 sur les dépenses d'estimation.

(Schweizerische Bauzeitung).

**Construction d'un plancher pour atelier où manœuvrent des grues roulantes.**— La figure 1 donne la coupe transversale d'un plancher établi pour un atelier où manœuvrent des grues roulantes.

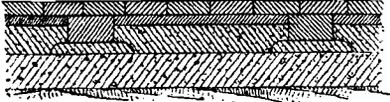


Fig. 1.

On commença par recouvrir le sol naturel d'une couche de gravier comprimé énergiquement ; sur cette première couche on en posa une deuxième de béton grossier. (Ce béton était formé de pierres de 1 centimètre à 5 centimètres de diamètre). Sur cette deuxième couche qui avait 0<sup>m</sup>,10 d'épaisseur et qui avait été pilonnée, on plaça une série de bandes de béton fin, ayant 20 centimètres de largeur et 0<sup>m</sup>,025 d'épaisseur ; ces bandes étaient distantes de 75 centimètres d'axe en axe. Sur les bandes en question on posa ensuite des solives de 7 centimètres sur 16 centimètres d'équarrissage que l'on maintint à une distance invariable à l'aide de lattes. Puis on remplit tout l'espace existant entre ces solives avec du béton bien comprimé. Enfin, sur la surface ainsi obtenue, on coula du goudron minéral bien chaud et c'est sur cette fondation que l'on posa le plancher proprement dit.

(*American Machinist*).

**Plafonds en béton de ciment.**— On construit en Allemagne beaucoup de plafonds en béton de ciment suivant une méthode que nous croyons intéressant de décrire. Les planchers sont composés de poutres en fer à section I espacées de 0<sup>m</sup>,65 d'axe en axe ; sur les semelles inférieures de ces poutres on fixe un plancher, et sur ce plancher on coule du béton de ciment que l'on recouvre ensuite d'une couche de béton de scories et enfin d'une couche d'asphalte. Cette méthode de construction ne présente pas d'économie sur celle généralement employée qui consiste à réunir les poutres du plancher par des voûtes en briques, mais elle est avantageuse en ce sens qu'elle n'exige pas l'emploi d'ouvriers spéciaux et qu'elle est plus rapide. Le plancher ainsi constitué est incombustible et a une grande solidité.

On construit en ce moment à Mayence une maison d'école dont les planchers sont également en béton de ciment. L'architecte emploie une méthode qui évite l'établissement d'échafaudages et qui réduit dans une grande proportion les frais de main-d'œuvre ; voici en quoi elle consiste (*fig. 1*) :

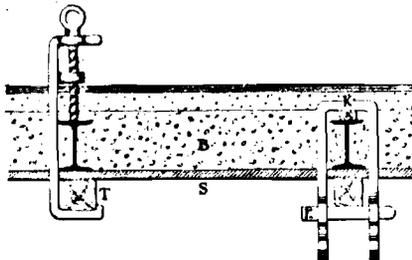


Fig. 1.

Les longerons T qui sont placés sous les poutres en I et qui maintiennent le plancher S sont fixés par des vis de serrage semblables à celles dont se servent les menuisiers pour assembler entre elles les pièces de bois qui ont été collées. Cette méthode permet, comme nous le disions plus haut, d'éviter la construction d'un échafaudage pour la pose du plancher S, attendu que les poutres en I étant à des distances de 0<sup>m</sup>,65 à 0<sup>m</sup>,70 il est toujours facile à un ouvrier de sauter de l'une à l'autre. Les planches qui constituent le coffrage S ont une longueur de

1<sup>m</sup>,30 à 1<sup>m</sup>,50. Les longerons T n'ont pas besoin d'être équarris, puisqu'ils servent simplement à fixer temporairement les planches S, on peut donc employer du bois d'échafaudage. Lorsque le plancher ou le coffrage S a été ainsi posé, on recouvre les interstices qui peuvent exister entre les bois qui le composent, de petits morceaux d'ardoises, on serre fortement les vis et on peut alors commencer à couler la couche de béton B. Il faut avoir soin de pilonner ce béton contre les semelles des poutres en I de façon à ne pas laisser de vide.

Dans le cas qui nous occupe, les poutres en I avaient une hauteur de 0<sup>m</sup>,12, la couche de béton avait une épaisseur de 0<sup>m</sup>,15, et le béton était composé de 1 partie de ciment pour 1/4 de chaux et 6 parties de gravier. Le gravier se composait lui-même de 1 partie de gravier du Rhin lavé et de 2 parties de gravier du Rhin à arêtes vives. Sur ce massif de béton qui dépassait de 3 cent. la semelle supérieure des poutres, on a répandu une couche de 5 cent. d'épaisseur de béton de scories composé de 1 partie de chaux pour 3 parties de scories (provenant des chaudières à vapeur). Cette deuxième couche, après avoir été pilonnée fut recouverte enfin d'un enduit de ciment de 10 millimètres d'épaisseur et d'une couche d'asphalte de 15 millimètres d'épaisseur. On enlève ensuite le coffrage S dès que le béton a fait prise, ce qui ne demande pas beaucoup de temps. On desserre les pinces à vis, on retire les pièces T et enfin les pinces à vis. Il reste alors une petite fente de 4 à 5 cent, que l'on remplit avec des matériaux de première qualité. La fig. 1 indique encore un autre mode de fixation du coffrage S, qui consiste à employer pour le serrage des pièces T des étriers et des clavettes K, mais ce mode de serrage n'est pas aussi simple que le précédent.

Nous ferons remarquer que les *Annales des Travaux Publics* ont publié l'analyse d'un travail de M. Schewring sur les expériences faites sur la résistance des plafonds en béton et en voûtes de briques. (Voir le n° 53. — Mai 1884).

(*Centralblatt der Bauverwaltung.*)

**Nouvelle forme de tuiles flamandes.** — Les tuiles plates employées pour les toitures dans les parties centrale et méridionale de l'Allemagne, ne se conservent pas longtemps, lorsqu'on s'en sert pour le même usage sur les côtes de la mer du Nord ; on les remplace donc par la tuile flamande qui résiste mieux aux intempéries des saisons. L'avantage de ces tuiles, c'est que la toiture se trouve sillonnée de nombreuses rigoles qui permettent l'évacuation rapide des eaux de pluie.

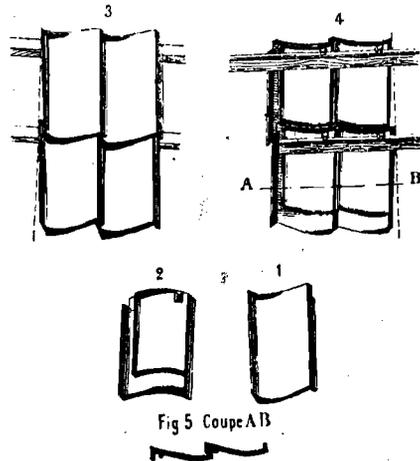


Fig 5 Coupe A B

Les fig. 1, 2, 3, 4 et 5 représentent un modèle de tuiles flamandes employées dans la Prusse orientale, mais dont les joints sont à feuillure et qui offre ainsi des avantages sérieux.

Les fig. 1 et 2 sont une vue de la face supérieure, et de la face inférieure des tuiles.

Les fig. 3 et 4 permettent de se rendre compte de la manière d'assembler ces tuiles sur la toiture; enfin, la fig. 5 donne la coupe de deux tuiles se recouvrant.

Pour un écartement de latis de 31 à 32 centimètres, chaque tuile recouvre une largeur de 20 centimètres, de sorte que l'on est conduit à employer 16 à 17 tuiles par mètre carré de toiture.

Ces matériaux se fabriquent dans des moules pressés à la main.

Les tuiles pèsent chacune 2<sup>k</sup>,5. Les résultats obtenus jusqu'ici sont satisfaisants.

(*Centralblatt des Bauverwaltng*).

**Pressions maxima à faire subir aux maçonneries de briques.** — M. Bœhme a calculé les résistances à l'écrasement offertes par les maçonneries de briques construites avec des matériaux de natures diverses et réunis par du mortier de composition différente.

Ces mortiers étaient fabriqués soit avec de la chaux, soit avec du ciment de Portland, mélangés dans les deux cas avec du sable.

Les briques étaient celles dont on se sert généralement à Berlin.

On a constaté au cours de ces différentes expériences que la composition du mortier employé pour lier les parties de la maçonnerie avait une grande influence sur la résistance de cette dernière. Ainsi, en liant les briques avec un mortier composé de une partie de chaux et de deux parties de sable, la maçonnerie offre une résistance qui n'est que les 44 0/0 de celle offerte par les briques seules, tandis que si on se sert d'un mortier formé de une partie de ciment de portland pour trois parties de sable, cette résistance augmente et atteint les 63 0/0 de celle offerte par les briques seules.

Les résultats des très nombreuses expériences effectuées au laboratoire d'épreuves des matériaux de construction sont d'ailleurs résumés dans le tableau ci-dessous.

La limite de sécurité a été prise égale au 1/10 de la résistance absolue à l'écrasement.

D. SIGNATION des briques	RÉSISTANCE moyenne à l'écrasement de la brique seule.	PRESSION POUVANT S'APPLIQUER SUR DE LA MAÇONNERIE DE BRIQUES, AVEC DU MORTIER COMPOSÉ DE :				
		1 partie chaux. 2 parties sable. 4.4 0/0	7 parties chaux 1 partie ciment. 40 parties sable. 4.8 0/0.	1 partie ciment. 6 parties sable. 5.5 0/0.	1 partie ciment 3 parties sable. 6.3 0/0.	
	Livres par inch carré	Liv. par inch carré	Liv. par inch carré	Liv. par inch carré	Liv. par inch carré	
Briques vitrifiées ordinaires.....	2.930	129	139	161	185	
Briques vitrifiées de choix.....	3.669	162	176	202	232	
Briques chantignolles.....	5.390	237	259	296	341	
Briques poreuses....	2.617	115	125	144	165	
Briques perforées....	1.195	53	57	65	75	
Id. ....	2.750	121	132	152	171	

Il sera facile de se rendre compte des résultats obtenus par M. Bœhme en transformant ces mesures anglaises en mesures françaises, sachant que la livre anglaise (poids) vaut 453,592645 grammes et que l'inch carré vaut 6,451 centimètres carrés.

(*Société des ingénieurs civils anglais*).

## Bibliographie

### Traité pratique d'électricité appliquée à l'exploitation des chemins de fer (Suite)

#### CHAPITRE I<sup>er</sup>. — NOTIONS GÉNÉRALES SUR L'ÉLECTRICITÉ

Si l'on jette les yeux sur les traités de physique datant d'une quarantaine d'années, on est surpris de voir la distance parcourue aujourd'hui, aussi bien en théorie qu'en application, par cette science de l'électricité si élémentaire à ses débuts et qui semblait devoir rester longtemps encore confinée dans les cabinets d'expériences et dans les discussions de savants un peu embarrassés par leurs découvertes, perdus dans les hypothèses de fluides incoercibles, naturels, vitreux, résineux, et pas encore disposés à saisir l'identité des sources des divers phénomènes physiques, son, chaleur, lumière, électricité, et la réunion de ces divers agents hypothétiques en un seul que l'on nomme aujourd'hui l'énergie.

L'énergie que l'on pourrait plutôt appeler : la vitalité de la matière, vitalité inséparable de cette matière même, propriété dont le fatalisme embrasse la création entière et jusqu'à la pensée humaine... Mais arrêtons-nous à cet aperçu philosophique que l'avenir mettra de plus en plus en lumière sans jamais, très probablement, atteindre à fond la solution du problème, néanmoins en l'approchant de plus en plus pour le grand bien de la race et le triomphe de la réalité sur tous les contes chimériques qui ont bercé l'enfance de cette race et retardé son développement.

*Adhuc sub judice lis est...* actuellement la question donne lieu à de nombreuses controverses où chacun, selon ses préférences et ses aptitudes, suit de bonne foi son thème favori; tandis que l'un, attribuant à la chaleur une existence à part, en fait le grand agent de la nature, et en particulier la cause de l'attraction (Love recherche des lois naturelles et positives dans les sciences d'observation, décembre 1882), tel autre, renversant le système de fond en comble, considère l'attraction comme la cause, et la chaleur comme l'effet des mouvements vibratoires de la matière cosmique (Charpentier, réponse à la théorie de Love, janvier 1883); puis un nouvel athlète, surgissant dans la discussion (A. Gillot, communication sur la cause et la nature de la force, février 1885), vient rapporter de son côté tous les effets connus au fluide électrique dont l'expansion constituerait la force, alors que le mouvement ne serait que la variation du volume de ce fluide qui représente alors le principe de la vitalité.

Toutes ces théories se résument en somme à faire de l'un des effets la cause de tous les autres, et à les expliquer par son intervention, alors que d'autre part la notion de l'énergie repose sur l'existence d'une force inconnue qui se manifeste de diverses manières, se conçoit mais ne se définit point, n'étant accessible que par ses effets qui seuls peuvent être mesurés.

C'est sous cet aspect que l'auteur nous présente l'électricité, comme une des formes de l'énergie.

Cette forme est tantôt à l'état passif ou statique, tantôt à l'état actif ou dynamique.

L'électricité statique a donné lieu à des études très développées, d'autant plus ardues, pour les esprits qui s'occupaient de cet ordre de choses, que la science était là à ses débuts. Cependant, ces études ont amené la découverte de certaines lois, les lois des attractions et répulsions électriques, attribuées autrefois à l'existence de deux fluides, l'un dit vitreux ou positif, l'autre résineux ou négatif, ramenées aujourd'hui à l'existence d'un seul fluide, selon la théorie de Franklin modifiée.

« Ce fluide, sous le nom d'éther, agirait pour donner naissance à l'électricité par son déplacement et sa masse, en se condensant ou en se raréfiant à la surface des corps. (Citation empruntée au discours sur l'histoire des découvertes et principes généraux de l'électricité et du magnétisme, prononcé par Armengaud jeune, à la Société des ingénieurs de France, en septembre 1881). »

Dans cette théorie, un corps est à l'état neutre, lorsque l'éther dont il est imprégné est en équilibre dans ce corps, mais dès que, par une cause quelconque, il y a rupture d'équilibre, l'électricité apparaît à l'état positif s'il y a condensation, et à l'état négatif s'il y a raréfaction. La cause quelconque qui rompt l'équilibre est une impression due à l'énergie et les deux états exposés ci-dessus donnent lieu aux lois des attractions et répulsions; deux corps chargés de la même électricité se repoussent, deux corps chargés d'électricités contraires s'attirent; enfin l'attraction et la répulsion sont directement proportionnelles au produit des charges d'électricité que possèdent les corps mis en présence, et inversement proportionnelles au carré de la distance qui les sépare.

Le traité de G. Dumont donne ensuite la définition des bons conducteurs ou mauvais conducteurs de l'électricité, puis des notions sur la distribution de l'électricité à la surface des corps, sur le pouvoir écoulant des pointes, sur la densité électrique, le potentiel, cette base de la théorie actuelle et qui est la mesure de l'électrisation d'un corps, la capacité électrostatique, l'induction électrostatique et le principe des condensateurs qui accumulent l'électricité, sous ses deux états, sur des corps séparés par un isolateur.

Nous passons de là à l'électricité dynamique qui, dans la théorie de l'éther, implique le transport du fluide éthéré, sous forme de flux, à travers un conducteur.

L'électricité dynamique a aussi ses lois plus nombreuses encore que celles de l'électricité statique, et surtout plus fécondes dans leurs applications.

Elle a en effet pour premier élément le « courant », ce transport du fluide éthéré sous forme de flux, dû à la différence du potentiel de deux corps électrisés mis en contact, courant qui, instantané, constitue une décharge, et au contraire, sous la permanence de la différence de potentiel, devient un courant continu dont la cause se nomme force électro-motrice.

La notion du courant continu entraîne la détermination de son intensité et des résistances opposées à son écoulement par le corps conducteur.

La loi de Ohm se présente aussitôt, ainsi que la définition des piles, premier appareil qui permette de réaliser la continuité d'un courant.

L'étude de la pile conduit aux lois de Becquerel sur le rôle des actions chimiques, et, par retour, aux lois de l'électrolyse dont la plus remarquable est celle-ci : c'est que les corps ramenés à leurs poids atomiques fournissent la même quantité d'électricité, loi qui existe pour la chaleur et établit ainsi, comme le fait remarquer Armengaud, un lien nouveau entre l'unité de la matière et l'unité de la force physique.

Au sortir de ces données sur la dynamique, G. Dumont nous amène au magnétisme, que l'on considérera longtemps comme une propriété attachée à certains corps appelés aimants, jusqu'à ce que l'expérience d'Ersted en 1819, vint démontrer la liaison intime qui existe entre le magnétisme et l'électricité.

L'étude des aimants est complétée par la théorie de la boussole et par l'astatisme des aiguilles aimantées.

C'est l'introduction à l'électro-dynamique dont les lois se révèlent dans l'attraction et la répulsion des courants entre eux et à l'électro-magnétisme qui résume, à son tour, les actions des courants sur les aimants, et, par l'assimilation des aimants et des solénoïdes, supprime enfin la distinction du magnétisme et de l'électricité.

L'action des courants sur les aimants a pour corollaire le magnétisme remanent, et, pour couronnement, la belle découverte de Faraday, connue sous le nom d'induction; les lois de l'induction sont au nombre de quatre; leur rapprochement avec les lois d'Ampère sur les courants directs engendre enfin la loi de Lenz; aussi l'induction est-elle la découverte féconde par excellence qui a donné lieu aux machines magnéto-électriques en premier lieu, et, il y a moins de vingt ans, aux machines dynamo-électriques, dans lesquelles l'électricité devient l'effet immédiat de la transformation du travail mécanique.

L'induction est traitée, dans le livre de G. Dumont, en ses

considérations les plus essentielles; tous les phénomènes sail-lants y sont passés en revue.

C'est par là que se termine ce premier chapitre, renfermant l'exposé des notions générales que chacun peut avoir un intérêt à connaître, au moins pour être en possession des termes employés plus tard dans les applications de l'électricité.

La critique pourrait demander s'il est bien nécessaire que tout agent d'exploitation possède ces matières primordiales, si leur connaissance est indispensable à la manipulation ordinaire des instruments; il est certain que nombre de télégraphistes les ignorent; néanmoins et d'une façon générale l'employé a quelque intérêt à concevoir le mode d'être du mécanisme qu'il est appelé à diriger; la notion des principes de l'appareil conduit à la conservation de cet appareil, à son maniement intelligent; sans aspirer à être un électricien, tout ouvrier en matière de travail électrique gagnera à ne pas être étranger au travail qu'il exécute et le travail, de son côté, se ressentira de la science même élémentaire de l'exécutant.

Ces notions utilisables, G. Dumont les a condensées dans le chapitre que nous venons de parcourir; assurément, il n'a détaillé ni les expériences fondamentales, ni les calculs qui ont conduit aux lois diverses de l'électricité statique ou dynamique, de l'électro-dynamique et de l'électro-magnétisme; les calculs surtout auraient entraîné à de trop longs développements. Ce chapitre n'est donc qu'un résumé des résultats acquis, accompagné des définitions de ces résultats et de l'exposé des locutions techniques employées pour les désigner; c'est une sorte d'introduction et de memento, trop restreint pour former un ingénieur, mais suffisant pour amener un agent à ne pas ignorer les bases de la science dont il ne touche du doigt que les applications; c'était là certainement le but de l'auteur, et ce but nous paraît rationnellement atteint.

(A suivre.)

## Correspondance

WILLIT'S POINT, N. Y. H., ETATS-UNIS D'AMÉRIQUE.

Le 9 avril 1885.

Monsieur le rédacteur des Annales des Travaux publics.

Je viens de voir dans le numéro 63 de mars 1885 des *Annales des Travaux publics* un article ayant pour titre: *Barrage de la Kanawha*.

D'après votre article, on pourrait croire que les ingénieurs américains désirent s'attribuer le mérite des inventions françaises. Voulez-vous bien me permettre de nier en totalité une telle idée.

Si on examine au rapport officiel intitulé: « portes hydrauliques et barrages mobiles » (*hydraulic gates and movable dams*), fait en 1874, par MM. les colonels Weitzel et Merrill, du génie de l'armée américaine, on trouvera tous les systèmes étrangers qu'on connaissait alors, attribués à leur véritable inventeur, autant que les auteurs du rapport les ont connus. Dans plusieurs rapports faits depuis lors par M. Merrill, au chef du génie on trouve d'autres systèmes, tels qu'on les trouve dans les *Annales des Ponts et Chaussées*, décrits en détail.

Vous avez trouvé votre texte dans un article sur les barrages de la Kanawha qui a paru dans un journal qui est tout à fait particulier et dans aucun sens officiel, et dont le rédacteur ne connaissait guère tout ce qu'on a fait en France, ou il a voulu dire tout simplement que le système est nouveau dans les Etats-Unis, ce qui est à peu près vrai. L'administration n'est pas du tout responsable du journal dont il s'agit.

Les officiers du génie militaire, qui sont chargés du service des fleuves et des rivières, ne veulent jamais se servir des inventions de qui que ce soit sans les lui attribuer, et on ne doit pas mettre à leur poste les défauts d'un journal dont ils ne sont pas responsables.

Les officiers du génie américain désirent que rien n'arrive pour interrompre les relations amicales qui existent depuis si longtemps entre les ingénieurs français et eux-mêmes. Ils sont très reconnaissants des amitiés que leur font les ingénieurs français quand ils visitent la France et qu'ils se rappellent toujours avec un vrai plaisir.

Veuillez agréer, monsieur, l'assurance de ma haute considération.

F.-A. MAHAN,

Capitaine du génie dans l'armée des Etats-Unis.

Non seulement le capitaine Mahan, mais encore le lieutenant-colonel Craighill et d'autres ingénieurs distingués nous ont écrit sur ce sujet, pour protester contre toute intention de vouloir s'approprier les inventions françaises. Nous leur rendons volontiers l'hommage qui leur est dû et nous avons été très touchés de l'empressement qu'ils ont mis à s'innocenter d'un grief qui, en bonne équité, ne pouvait pas, d'ailleurs, leur être imputé.

Le Directeur-Gérant : EDOUARD CAHEN.

Paris. — Imprimerie Schiller, 10 et 11, faubourg Montmartre.

# Les Annales des Travaux Publics

REVUE UNIVERSELLE DE L'OUTILLAGE DES TRAVAUX PUBLICS ET DES PROCÉDÉS DU GÉNIE CIVIL

Paraissant du 1<sup>er</sup> au 10 de chaque mois

L'ABONNEMENT D'UN AN

Paris . . . . . 20 fr.  
Départements . . . . . 24 fr.  
Etranger . . . . . 28 fr.

Publiées par le JOURNAL DES TRAVAUX PUBLICS

35, RUE LE PELETIER, A PARIS

L'ANNONCE D'UN AN

Une page entière . . . . . 1000 fr.  
Une demi-page . . . . . 500 fr.  
Un quart de page . . . . . 300 fr.

Les abonnements sont reçus à Paris au bureau du Journal des Travaux Publics, 35, rue Le Peletier, et, dans les départements, chez tous les libraires.

N° 66

Juin 1885

6<sup>e</sup> Année

## SOMMAIRE

ÉTUDES DIVERSES. — Détermination précise de la stabilité des murs de soutènement et de la poussée des terres (suite, 2 fig.). — Travaux en Hollande : types d'écluses pour canaux maritimes (canal d'Amsterdam à la mer du Nord) (pl. CXXXI et 7 fig.). — Consolidation des terrains ébouleux par masses (pl. CXXXII et 1 fig.). — Projet de canal maritime de Paris à Boulogne-sur-Mer et Lille (3 fig.). — Outillage des travaux publics : Type d'échafaudage pour la réparation des grandes halles des gares (4 fig.).

CHRONIQUE FRANÇAISE. — Les tours de 300 mètres.

CHRONIQUE ÉTRANGÈRE. — Procédés employés en Amérique pour améliorer la navigation des fleuves (1 fig.). — Conduites d'eau en tôle. — Endiguement de la petite Weser à Brême, type de digue métallique (3 fig.). — Le chemin de fer du Soudan. — Les rails les plus lourds (1 fig.). — Le port de Fiume. — Nouveau système de construction pour les parois des caissons métalliques (1 fig.). — Déplacement d'une tour en maçonnerie.

DIVERS. — Le chauffage des voitures de chemins de fer par l'électricité.

BIBLIOGRAPHIE. — Traité pratique d'électricité appliquée à l'exploitation des chemins de fer.

### Détermination précise de la stabilité des murs de soutènement et de la poussée des terres

(Suite.)

Dubosque (page 28 de son traité) arrive à une économie de maçonnerie par le choix donné au fruit extérieur: c'est ainsi, que, pour soutenir un terre-plein de 5 mètres de hauteur, il trouve avec le fruit extérieur ( $\frac{1}{10}$ ), 1<sup>m</sup>,25 pour la largeur du couronnement et 1<sup>m</sup>,75 pour l'épaisseur à la base, et avec le fruit intérieur ( $\frac{1}{5}$ ) nécessaire à la stabilité, 1<sup>m</sup>,31 pour la largeur du couronnement et 2<sup>m</sup>,14 pour l'épaisseur à la base.

La surface de la section dans le premier cas est 7<sup>m</sup>,50 et dans le deuxième, 8<sup>m</sup>,625; il y a donc avantage, d'après cet auteur, à employer la première forme.

Cela provient évidemment d'une disposition des centres de gravité qui dans l'un des deux cas donne un moment plus fort, pour une même section du mur.

Supposons, en effet, que le massif soit situé à droite de BA (fig. 33), alors le mur est à fruit extérieur, l'arête de renversement se trouve en O et le moment  $M_0$  de la surface du mur, par rapport à cette arête, est

$$M_0 = \frac{hx}{2} \times \frac{2}{3}x + hx \left( x + \frac{x}{2} \right) = \frac{hx^2}{3} + hx^2 + \frac{hx^2}{2}$$

Supposons maintenant le massif situé à gauche de OC, l'arête de renversement est en A et le moment de la surface devient :

$$M_A = \frac{hx}{2} \left( \frac{x}{3} + x \right) + hx \left( \frac{x}{2} \right) = \frac{hx^2}{6} + \frac{hx^2}{2} + \frac{hx^2}{2}$$

il est facile de voir que  $M_0 > M_A$  la différence est en effet :

$$\begin{aligned} M_0 - M_A &= \frac{hx^2}{3} + hx^2 + \frac{hx^2}{2} - \frac{hx^2}{6} - \frac{hx^2}{2} - \frac{hx^2}{2} \\ &= \frac{hx^2}{6} + \frac{hx^2}{2} = \frac{hx^2}{2} \left( \frac{1}{3} + 1 \right) \end{aligned}$$

c'est à dire que la différence  $M_0 - M_A$  est égale au moment de la surface triangulaire  $\frac{hx^2}{2}$  pris par rapport à l'arête A.

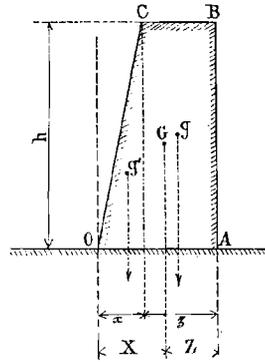


Fig. 33.

On conçoit dès lors que si le mur OABC est calculé de manière à résister à une poussée donnée, avec le fruit extérieur, la stabilité varie si on retourne ce mur dans le sens opposé; il faut dès lors donner plus d'amplitude à la base OA pour rétablir l'équilibre.

Mais ceci n'est logique, dans la théorie de Dubosque, que pour les motifs ci-après : c'est que l'on néglige le poids du prisme reposant sur OC; en outre on néglige, dans un cas comme dans l'autre, le frottement sur la face OC et

la résistance à l'arrachement sur la face OA.

Les équations de stabilité de Dubosque ne renferment que deux termes :

1<sup>o</sup> Le double moment de la poussée pris par rapport à l'arête de renversement ( $2Q\frac{h}{3}$ );

2<sup>o</sup> Le moment du poids du mur ( $\pi c$ ) pris par rapport à la même arête;

Ces équations reviennent donc à  $2Q\frac{h}{3} = \pi c$ ; elles conduisent pour le cas présent à la prédominance du fruit extérieur, puisque le fruit intérieur exige un surplus de maçonnerie.

Raux et Vigreux sont du même avis, lorsqu'ils traitent la question d'un mur isolé vertical, soumis à l'action d'une pression normale, horizontale et uniformément répartie sur la surface du mur, et ils trouvent, par la considération des moments, que si le mur a une section trapézoïdale, il y a avantage à éloigner le centre de gravité de ce trapèze, le plus possible, de l'arête de base opposée à la face contre laquelle s'exerce la poussée.

Dans le cas du fruit extérieur, la distance horizontale du centre de gravité de la surface trapézoïdale à l'arête de renversement est plus grande que la moitié de la grande base du trapèze; elle est au contraire plus petite que cette moitié dans le cas du fruit intérieur. Cela ressort facilement de la comparaison des moments  $M_0$  et  $M_A$  que nous avons établis précédemment; si on appelle X la distance du centre de gravité du trapèze OABC à l'arête O (fig. 33),

La surface OABC =  $\frac{(2x+x)h}{2}$

et

$$\frac{(2x+x)}{2} h \times X = \frac{hx^2}{3} + hxz + \frac{hs^2}{2}$$

d'où

$$X = \frac{\frac{2x^2}{3} + 2xz + s^2}{x+2s}$$

Si l'on appelle Z la distance de ce même centre G à l'arête A, on a :

$$\frac{(2x+x)}{2} h \times Z = \frac{hx^2}{6} + \frac{hsz}{2} + \frac{hs^2}{2}$$

d'où

$$Z = \frac{\frac{x^2}{3} + xz + s^2}{x+2s}$$

d'où l'on déduit :

$$\frac{X}{Z} = \frac{\frac{2x^2}{3} + 2xz + s^2}{\frac{x^2}{3} + xz + s^2} = 2 - \frac{1}{1 + \frac{x^2}{3s^2} + \frac{x}{s}}$$

Ce rapport est plus grand que 1, tant que  $x$  diffère de zéro, quelque soit  $s$ , par suite  $X > Z$  et le plus grand moment du trapeze correspond à l'arête O.

Ceci posé, A. Gobin attribue, de son côté, l'avantage au fruit intérieur : cette anomalie apparente s'explique par la comparaison de l'équation de stabilité, telle qu'elle est établie dans son traité, avec celle formulée par Dubosque et qui est très incomplète, puisqu'elle ne tient compte, ni du frottement ni de la résistance à l'arrachement, ni du poids du prisme pesant sur le mur.

Pour un massif de hauteur fixée, dans les mêmes conditions de densité, cohésion, etc., la poussée étant la même, l'équation de J. Dubosque donne simplement :

$$2Q \frac{h}{3} = \pi c \quad (J. D.)$$

L'équation de A. Gobin donne :

$$2Q \frac{h}{3} = \pi c + \frac{t}{2} \times \overline{OB}^2 + p \times OK + fU (Q \cos \theta + p \sin \theta) \quad (A. G.)$$

On comprend, dès lors, que la présence des termes  $\frac{t}{2} \times \overline{OB}^2$ ,  $p \times OK$ , etc., qui ont tous une certaine valeur, conduit à trouver dans la relation (A. G.) une valeur bien moindre, pour l'élément  $\pi c$ , que dans la relation (J. D.).

Du reste, en tout, A. Gobin conduit à des solutions plus économiques que celles proposées par J. Dubosque.

S'agit-il de murs rectangulaires ?

Le deuxième donne toujours la même relation que ci-dessus, le premier lui oppose l'équation

$$2Q \frac{h}{3} = \pi c + \frac{t}{2} \overline{OB}^2 + fQ \times OB,$$

et par suite arrivera à une valeur moindre pour le terme  $\pi c$  et dès lors à une section moindre.

S'agit-il de murs avec fruit extérieur ? L'équation (J. D.) ne varie pas ; l'équation (A. G.) reste de même forme que pour les murs rectangulaires et, là encore, sous un même fruit, il y a économie de section dans le système Gobin.

Il ne reste donc plus, en éliminant la comparaison avec les résultats trop chargés, produits par la méthode de Dubosque, qu'à mettre en ligne les deux équations de stabilité établies par A. Gobin, pour un mur de même section et de même fruit, tantôt intérieur, tantôt extérieur, soit à comparer les seconds membres de ces équations.

$$\pi c + \frac{t}{2} \times \overline{OB}^2 + p \times OK + fU (Q \cos \theta + p \sin \theta)$$

pour le fruit intérieur.

$$\pi c + \frac{t}{2} \times \overline{OB}^2 + fQ \times OB \dots$$

pour le fruit extérieur.

Si  $\pi c$  ne peut être le même dans les deux équations, du moins le terme  $\frac{t}{2} \times \overline{OB}^2$  ne varie pas. Soit  $\pi'c'$  le moment dans le cas du fruit extérieur, on aura  $\pi'c' > \pi c$ , d'après ce que nous avons vu ; il y aura donc avantage dans l'emploi du fruit intérieur si l'on a

$$\pi'c' + fQ \times OB < \pi c + p \times OK + fU (Q \cos \theta + p \sin \theta)$$

car en ajoutant de part et d'autre le terme  $\frac{t}{2} \times \overline{OB}^2$ , on aurait :

$$\pi'c' + fQ \times OB + \frac{t}{2} \times \overline{OB}^2 < \pi c + p \times OK + fU (Q \cos \theta + p \sin \theta) + \frac{t}{2} \times \overline{OB}^2,$$

et en divisant par le moment de la poussée  $Q \frac{h}{3}$  et en appelant, K et K' les coefficients de stabilité, on aurait  $K=2, K' > 2$ , d'où

$K < K'$ , par suite le fruit intérieur conduisant, pour la même section de mur, à un coefficient de stabilité plus grand, sera préférable au fruit extérieur.

Déterminons tous les éléments non communs de l'inégalité ci-dessus, d'abord :

$\pi'c' = \delta Sc'$ ,  $\pi c = \delta Sc$   
S et  $\delta$  étant, l'un la section du mur, l'autre la densité des maçonneries.

La différence entre  $\pi'c'$  et  $\pi c$  sera  $\delta (Sc' - Sc)$ , mais nous

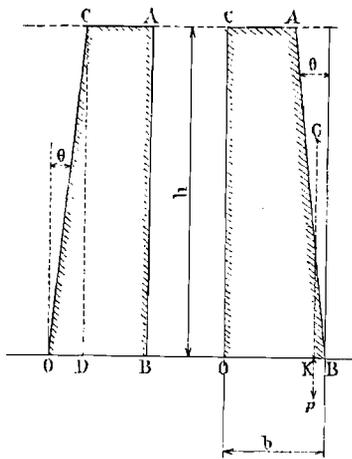


Fig. 34.

avons vu que la différence des moments de la surface OBAC, pris par rapport à O et à B, ou  $(Sc' - Sc)$  est égale au moment du triangle COD pris par rapport à l'arête B (fig. 34).

Le triangle COD est égal à

$$h \times \frac{h \tan \theta}{2} = \frac{h^2}{2} \tan \theta,$$

faisons

$$OB = b, \quad OD = h \tan \theta, \quad \frac{2}{3} OD = \frac{2}{3} h \tan \theta;$$

le bras de levier COD est par suite

$$\left( b - \frac{2}{3} h \tan \theta \right)$$

et le moment du triangle COD devient :

$$\frac{h^2}{2} \tan \theta \left( b - \frac{2}{3} h \tan \theta \right) = Sc' - Sc$$

d'où

$$\pi'c' - \pi c = \delta (Sc' - Sc) = \delta \frac{h^2}{2} \tan \theta \left( b - \frac{2}{3} h \tan \theta \right);$$

d'autre part

$$p \times OK = p \left( b - \frac{h \tan \theta}{3} \right),$$

mais

$$p = \frac{dh^2}{2} \tan \theta$$

d étant la densité des terres, d'où

$$p \times OK = \frac{dh^2}{2} \tan \theta \left( b - \frac{h \tan \theta}{3} \right);$$

d'ailleurs

$$Q = \frac{1}{2} dh^2 \tan^2 \frac{\alpha}{2}$$

et

$$U = b \cos \theta$$

l'inégalité à assurer revient donc à :

$$\pi'c' - \pi c < p \times OK + fU(Q \cos \theta + p \sin \theta) - fQ \times OB,$$

ou

$$\delta \frac{h^2}{2} \tan \theta \left( b - \frac{2h}{3} \tan \theta \right) < \frac{dh^2}{2} \tan \theta \left( b - \frac{h \tan \theta}{3} \right) + fbc \cos \theta \left[ \frac{1}{2} dh^2 \tan^2 \frac{\alpha}{2} \cos \theta + \frac{1}{2} dh^2 \tan \theta \sin \theta \right] - f \times \frac{1}{2} dh^2 \tan^2 \frac{\alpha}{2} \times b$$

on peut supprimer partout le facteur  $\frac{h^2}{2}$ , il suffira donc que

l'on ait :

$$\delta \tan \theta \left( b - \frac{2h}{3} \tan \theta \right) < d \tan \theta \left( b - \frac{h \tan \theta}{3} \right) + fbd \cos \theta \left[ d \tan^2 \frac{\alpha}{2} \cos \theta + d \tan \theta \sin \theta \right] - fd \tan^2 \frac{\alpha}{2} \times b,$$

ou

$$\delta \tan \theta \left( b - \frac{2h}{3} \tan \theta \right) < d \tan \theta \left( b - \frac{h \tan \theta}{3} \right) + fbd \left[ \tan^2 \frac{\alpha}{2} \cos^2 \theta + \tan \theta \sin \theta \cos \theta - \tan^2 \frac{\alpha}{2} \right],$$

ou

$$\delta \tan \theta \left( b - \frac{2h}{3} \tan \theta \right) < d \tan \theta \left( b - \frac{h}{3} \tan \theta \right) + fbd \left[ \tan^2 \frac{\alpha}{2} (\cos^2 \theta - 1) + \tan \theta \sin \theta \cos \theta \right]$$

mais

$$\tan \theta \sin \theta \cos \theta = \sin^2 \theta,$$

d'où

$$\delta \tan \theta \left( b - \frac{2h}{3} \tan \theta \right) < d \tan \theta \left( b - \frac{h}{3} \tan \theta \right) + fbd \left[ \tan^2 \frac{\alpha}{2} (\cos^2 \theta - 1) + \sin^2 \theta \right]$$

et

$$\delta < d \times \frac{\tan \theta \left( b - \frac{h}{3} \tan \theta \right) + fbd \left[ \tan^2 \frac{\alpha}{2} (\cos^2 \theta - 1) + \sin^2 \theta \right]}{\tan \theta \left( b - \frac{2h}{3} \tan \theta \right)}$$

ou

$$\frac{d}{\delta} > \frac{\tan \theta \left( b - \frac{2h}{3} \tan \theta \right)}{\tan \theta \left( b - \frac{h}{3} \tan \theta \right) + fbd \left[ \tan^2 \frac{\alpha}{2} (\cos^2 \theta - 1) + \sin^2 \theta \right]}$$

$d$  est la densité des terres,  $\delta$  est celle des maçonneries; tant que le rapport  $\frac{d}{\delta}$  sera plus grand que la fraction ci-dessus, le fruit intérieur conduira, avec la même section, à un moment de stabilité plus grand.

En observant que

$$\cos^2 \theta - 1 = -\sin^2 \theta,$$

on peut écrire le facteur

$$\left[ \tan^2 \frac{\alpha}{2} (\cos^2 \theta - 1) + \sin^2 \theta \right]$$

sous la forme

$$\left[ \sin^2 \theta - \tan^2 \frac{\alpha}{2} \sin^2 \theta \right].$$

ou

$$\sin^2 \theta \left[ 1 - \tan^2 \frac{\alpha}{2} \right]$$

et par suite

$$\frac{d}{\delta} > \frac{\tan \theta \left( b - \frac{2h}{3} \tan \theta \right)}{\tan \theta \left( b - \frac{h}{3} \tan \theta \right) + fbd \sin^2 \theta \left( 1 - \tan^2 \frac{\alpha}{2} \right)}$$

et en divisant par  $\tan \theta$

$$\frac{d}{\delta} > \frac{b - \frac{2}{3} h \tan \theta}{b - \frac{h}{3} \tan \theta + fb \sin \theta \cos \theta \left( 1 - \tan^2 \frac{\alpha}{2} \right)}$$

Dans l'exemple mentionné par A. Gobin,

$$b = 2^m.58, \quad \tan \theta = \frac{1}{5} = 0.20, \quad \cos \theta = 0.98, \quad \sin \theta = 0.196,$$

$$h = 10^m, \quad f = 0.81, \quad \frac{\alpha}{2} = 25^\circ, \quad \tan^2 \frac{\alpha}{2} = 0.21744, \quad d = 1600^k,$$

$$\delta = 1700^k, \quad \frac{d}{\delta} = \frac{1600}{1700} = \frac{16}{17} = 0.94 \dots$$

le deuxième membre de l'inégalité ci-dessus est

$$2.58 - \frac{2}{3} \times 10 > 0.20$$

$$\frac{2.58 - \frac{10}{3} \times 0.20 + 0.81 \times 2.58 \times 0.196 \times 0.98 (1 - 0.21744)}{0.94} = 0.55$$

or  $0.94 > 0.55$ , l'inégalité est ainsi vérifiée.

Du moment que, dans ces conditions, la valeur normale du coefficient de stabilité se trouve dépassée avec le fruit intérieur, on comprend dès lors que l'on pourra réduire encore la section du mur, en conservant les mêmes dispositions et jusqu'à ce que l'on arrive à obtenir strictement  $K = 2$ .

(A suivre.)

## Travaux en Hollande

### Types d'écluses pour canaux maritimes. (Canal d'Amsterdam à la mer du Nord.)

(Planche CXX.XI.)

Un certain nombre de nos lecteurs nous ont demandé des renseignements sur les travaux exécutés, il y a quelques années déjà, pour l'établissement du canal d'Amsterdam à la mer du Nord. Nous n'avions pu jusqu'ici déferer à leur désir, la place nous ayant manqué pour analyser un travail très remarquable publié à ce sujet, par M. Harrison Hayter, dans les bulletins de la Société des Ingénieurs civils anglais.

Nous publions aujourd'hui un extrait du mémoire de M. Hayter et nous donnons Pl. CXXXI les types de plusieurs travaux d'art.

Le canal maritime creusé dans les terrains marécageux qui séparent le Zuiderzee de la mer du Nord et qui établit une communication directe entre cette mer et le port d'Amsterdam a présenté de grandes difficultés et a nécessité la mise en œuvre de procédés entièrement nouveaux, qui font le plus grand honneur aux ingénieurs hollandais.

Indiquons d'abord en quelques mots le tracé du canal et son utilité commerciale.

La ville d'Amsterdam qui compte plus de 300.000 habitants est bâtie sur des terrains marécageux dont le niveau est inférieur à celui de la mer; ses maisons sont construites sur pilotis comme celles de Saint-Petersbourg; en plan, elle forme une série d'anneaux concentriques et le milieu de chaque rue est occupé par un canal.

La ville n'est pas située, à vol d'oiseau, à plus de 40 kilomètres de la mer du Nord, mais elle en est séparée par des lacs et des dunes de sable de 7 kilomètres de largeur dont la formation doit être attribuée à l'action des vents. Ces dunes sont fort anciennes et elles protègent le pays contre l'invasion des eaux de la mer.

Amsterdam possède un port qui a une grande importance commerciale; son tonnage qui est, en effet, le 1/10 de celui de Londres, atteignait, il y a quelques années, 800.000 tonnes par an. Pour développer le trafic et pour lutter avantageusement contre la concurrence que lui faisaient les ports de Rotterdam, de Flessingue et d'Anvers, la ville d'Amsterdam résolut d'établir une communication directe entre elle et la mer du Nord, au moyen d'un canal maritime à grande section.

Ce canal commencé en 1865 et livré à l'exploitation en 1876, a eu pour le commerce d'Amsterdam des conséquences fort importantes: le nombre des navires qui fréquentaient le port était de 2.000 par an; aussitôt après l'ouverture du canal, ce nombre s'est élevé à 3.376, représentant un tonnage d'un million 46,772 tonnes.

En 1878, deux ans après la mise en exploitation, le canal a livré passage à 3,242 navires chargés de 1,115,357 tonnes. L'année suivante, le nombre des navires a été de 4,013 et le tonnage de 1,380,428 tonnes. Depuis cette époque, le mouvement n'a fait que s'accroître, grâce à l'exiguïté du droit de navigation, de sorte que le capital employé à la construction sera

bientôt amorti et que, d'ici à peu de temps, le passage sera libre pour tout le monde.

C'est à travers des marécages, et sans déranger le système de protection naturelle constituée par les dunes, que le canal a dû être construit. Cette voie navigable a un tirant d'eau de 7 mètres (1 mètre de moins que le canal de Suez), une largeur de 135 mètres et une longueur de 61 kilomètres. Il aboutit à la mer du Nord dans un port formé par deux jetées, ainsi que l'indique le plan général. (Voir fig. 1.)

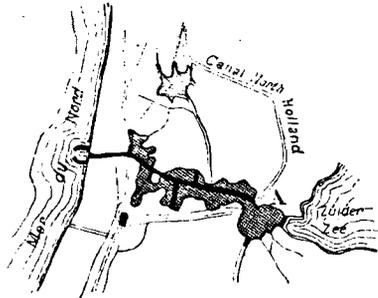


Fig. 1. — Tracé général du canal d'Amsterdam à la mer du Nord.

chenal et par la largeur donnée aux berges.

On a commencé par entamer les dunes ; on a creusé ainsi un chenal dont les berges étaient maintenues par des pieux et des palplanches derrière lesquels on entassait des débris de briques jusqu'au niveau de l'eau. Les déblais, transportés par voitures et par bateaux, ont servi à construire les digues qui bordent la partie du canal creusé à travers les marais. Les talus de ces digues étaient protégés contre l'action des eaux au moyen de fascines (Voir fig. 6). On draguait ensuite l'espace compris entre elles, et on rejetait les produits du dragage sur les bords du chenal.

Pour creuser le canal, le port sur la mer du Nord et la passe de ce dernier ainsi que les canaux secondaires, on a employé concurremment des pompes à sable et des dragues à godets. Avec ces divers appareils on a pu extraire 18 millions de mètres cubes de déblais.

#### Construction de la digue à travers le lac Y.

Le canal devant servir non seulement à la navigation, mais à assainir les terrains environnants, il était essentiel de maintenir toujours le niveau de ses eaux à 0<sup>m</sup>,50 au-dessous du niveau moyen des eaux de la mer et de le soustraire à l'influence des marées du Zuiderzée. C'est dans ce but qu'on a construit une digue A à travers le lac Y. (Voir plan général, fig. 1.)

L'exécution de cet ouvrage qui a 1360 mètres de longueur et qui est muni de deux écluses placées à 300 mètres de la rive nord a été confiée à des entrepreneurs hollandais qui appliquèrent les méthodes employées dans leur pays. Pour empêcher les remblais de s'enfoncer dans le terrain sans consistance qui constitue le fond du lac, on commença par recouvrir ce fond sur toute la longueur de la digue et sur 45 mètres de largeur, d'une couche de fascines soigneusement pressées les unes sur les autres. De chaque côté on éleva des parois en fascines qui atteignaient le niveau des basses eaux et on remplit cet espèce de caisson avec du sable et de l'argile. (Voir fig. 7.) Cette méthode a donné de bons résultats, mais il convient de signaler que la digue ainsi constituée se rompit sous la pression de l'eau et que, pour la rétablir, il fallut apporter une masse de remblai suffisante pour atteindre le terrain solide situé à 15 ou 18 mètres au-dessous du niveau de l'eau.

Quoi qu'il en soit, à partir du niveau supérieur des parois en fascines, les terres sont dressées suivant un talus de 2<sup>m</sup>,50 de largeur sur 1 mètre de hauteur. La crête de ce talus se trouve à 0<sup>m</sup>,50 au-dessus du niveau moyen des eaux ; puis, on a laissé une berge de 3 mètres de largeur, à droite de laquelle se trouve un talus de 3<sup>m</sup>,50 sur 1 mètre qui va jusqu'au sommet de la digue. Du côté du canal, le profil transversal de la digue se compose d'abord d'un talus de 2 mètres de base sur 1 mètre de hauteur, dont le pied s'appuie sur les fascinages et dont la crête se trouve à 0<sup>m</sup>,50 au-dessus du niveau moyen des eaux, puis d'une berge de 5 mètres de largeur, et, enfin, d'un talus incliné de 2<sup>m</sup>,50 jusqu'au sommet. Tous ces talus sont revêtus d'une couche d'argile gâchée d'au moins 1 mètre d'épaisseur et protégés jusqu'à une hauteur de 0<sup>m</sup>,50 au-dessus du niveau moyen de l'eau par un fascinage provisoire chargé de pierres. On a ensuite substitué à ce fascinage, du côté opposé au chenal, un fossé qui descend jusqu'à 0<sup>m</sup>,50 au-dessus du niveau moyen des eaux et qui repose sur une couche de briques cassées de 0,30 d'épaisseur au minimum.

La méthode employée par les ingénieurs hollandais pour établir la digue du lac Y, a déjà été appliquée avec succès pour la construction de remblais de chemin de fer à travers des terrains marécageux. Ainsi, la partie de la ligne de Great-Northern qui traverse les marais de Huntingdonshire a été posée sur un lit de fascines. Ces marais n'étaient pas drainés et, en certains points la chaussée du chemin de fer reposait sur une couche de tourbe dont l'épaisseur atteignait 0<sup>m</sup>,10. On plaça sur la tourbe un lit de fascines et de branches d'arbres entrelacées, et c'est

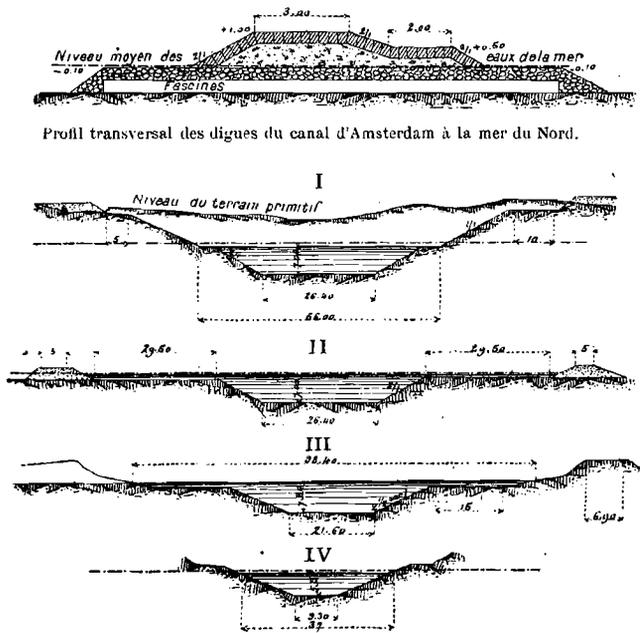


Fig. 2 à 6. — Profils des principaux canaux maritimes.

1. Section transversale du canal d'Amsterdam ;
2. Section transversale du canal à travers le lac Y et la mer de Wijken ;
3. Section transversale du canal de Suez ;
4. Section transversale du canal North Holland.



Fig. 7. — Méthode employée pour la construction de la digue à travers le lac Y. Coupe transversale de cette digue.

sur cette plate-forme que l'on éleva la chaussée dont le niveau supérieur était à 2<sup>m</sup>,10 au-dessus du niveau du sol. Comme on l'avait prévu, la chaussée s'enfonça dans le sol, mais après s'être tassée, elle se maintint et ne donna lieu à aucun accident. Les ponts construits dans ce marais, pour donner passage aux fossés d'écoulement, ont été fondés sur une plate-forme en charpente reposant directement sur la tourbe. Les culées en maçonnerie de briques ont été bâties sur cette plate-forme et chargées de rails avant la pose des travées, afin d'éviter les tassements ultérieurs.

#### *Types d'écluses.*

La digue de 1,360 mètres de longueur construite à travers le lac Y pour maintenir le niveau des eaux du canal à 0<sup>m</sup>,50 au-dessous du niveau moyen des eaux de la mer et pour le soustraire à l'influence des marées du Zuiderzée est munie d'écluses dont nous donnons les dessins Pl. CXXXI.

Les travaux d'établissement de ces écluses ont été fort difficiles à cause de la nature du terrain et nous indiquerons plus loin les moyens employés par les ingénieurs hollandais pour vaincre ces difficultés.

Les écluses de Zuiderzée sont au nombre de 3 et ont des dimensions différentes.

La plus grande a 94<sup>m</sup>,34 de longueur et 18<sup>m</sup>,10 de largeur ; les deux autres ont 92<sup>m</sup>,50 de longueur et 14<sup>m</sup>,17 de largeur.

Ces écluses sont accompagnées de 4 passes : la première a 10<sup>m</sup>,225 de largeur et les 2 autres 33<sup>m</sup>,50 de longueur sur une largeur totale de 10<sup>m</sup>,70.

Les trois écluses ont 5 portes à deux vantaux ; les deux portes placées à l'extrémité de chaque écluse sont busquées en sens inverses ; la porte intermédiaire présente sa convexité du côté du Zuiderzée. Quant aux passes, elles sont fermées par 3 portes dont deux busquées vers le Zuiderzée et la troisième vers le canal.

La fig. 1 (Pl. CXXXI) donne le plan général de ce système d'écluses et les fig. 2 et 3 les coupes transversale et longitudinale.

Toutes les constructions sont faites en pierres et en briques, elles sont fondées sur pilotis, ces derniers sont au nombre de 10,000 au moins ; les seuils et les bajoyers sont fondés sur caissons.

Les 3 passes, ainsi que le puissant appareil d'épuisement qui les accompagne, ont été disposés de façon à maintenir les eaux du canal à une hauteur constante de 0<sup>m</sup>,50 au-dessous du niveau moyen des eaux de la mer. A l'extrémité du canal qui débouche dans la mer du Nord, se trouve un déversoir dont la fonction consiste à permettre l'écoulement des eaux de pluie tombées dans le canton.

Les écluses du Zuiderzée sont plus grandes que celles de la mer du Nord ; car il fallait pourvoir non seulement aux besoins de la navigation pour cette mer, mais encore à ceux du Zuiderzée, ce qui donne un mouvement journalier de plus de 500 navires, barques et bateaux.

Les murs des écluses sont bâtis en briques hollandaises ; ces matériaux de petite dimension sont durs et de bonne qualité. Les angles, les seuils, les marches et les revêtements sont en pierres calcaires tirées de Belgique. Le plafond des biefs, les talus extérieurs sont recouverts de fascinaiges et perreyés en basalte.

Les portes qui ferment les aqueducs d'alimentation des pompes s'ouvrent et se ferment au moyen d'un levier en bois fixé à ces portes, les radiers de ces canaux sont en briques ; le mortier employé dans ces constructions se composait de 3 parties de sable pur, 1 partie de ciment portland ou de 3 parties de chaux de première qualité de Tournay éteinte sur place, de 2 parties de sable d'Adernach et de 1 partie de sable pur. Quand au béton, il se composait de 1 mesure de ciment portland, 4 mesures de sable et 5 mesures de machefer.

Les écluses du lac Y ont été construites à proximité de la rive droite à cause de la profondeur plus grande du chenal en cet endroit.

Les portes des écluses situées du côté de la mer sont en fer, celles qui se trouvent du côté du canal sont en bois de sapin rouge ou de sapin jaune de provenance américaine. Ces bois sont créosotés. Les portes des écluses sont construites sur un modèle différent de celles existant généralement sur les canaux hollandais. (Voir fig. 4, 5, 6, 7, 8 et 9. Pl. CXXXI.) Chaque vantail est manœuvré par deux cabestans. Les fig. 6 et 8, pl. CXXXI indiquent le moyen employé pour empêcher les fuites d'eau entre les portes et la maçonnerie. On a fixé au montant de la porte en fer une pièce de bois verticale qui vient buter contre une saillie d'environ 0<sup>m</sup>,22 ménagée dans la maçonnerie ; il en résulte évidemment une augmentation dans le cube de cette dernière. On remarquera également qu'on a supprimé les galets le roulement, les portes des écluses étant toujours bien équilibrées à cause du peu de différence dans le mouvement des marées. On pourrait se demander pourquoi on n'a pas ménagé un réduit dans les culées du bajoyer des écluses afin de pouvoir couler des caissons et fermer ainsi l'écluse en cas de réparations aux portes placées du côté de la mer ; mais on a reculé devant l'augmentation de dépenses qu'aurait nécessitée ce travail. On a préféré avoir des portes de rechange prêtes à être immédiatement substituées aux portes actuelles en cas d'avarie de ces dernières.

#### *Procédés de construction des écluses.*

Le fond du lac Y étant formé d'une épaisse couche de vase, on a eu à vaincre de grandes difficultés pour la construction des écluses. On a commencé par entourer l'emplacement occupé par ces ouvrages d'un immense batardeau circulaire de 160 mètres de diamètre intérieur. Ce batardeau se composait primitivement de deux rangées concentriques de pieux espacés de 1<sup>m</sup>,85 ; les pieux formant la rangée extérieure étaient en sapin blanc et avaient un équarrissage de 0<sup>m</sup>,30.

Entre les deux rangées de pieux, on comprima de l'argile jusqu'au niveau des hautes eaux moyennes. L'enceinte intérieure fut consolidée par un remblai en sable destiné à contre-balancer la poussée de l'eau. Les fig. 9 et 10, pl. CXXXI permettent de se rendre compte de cette installation : on remarquera que les pieux composant l'enceinte extérieure dépassaient de 2<sup>m</sup>,44 le niveau des hautes eaux moyennes, tandis que ceux de la rangée intérieure étaient arasés à ce même niveau. Ces divers pieux avaient une longueur si considérable qu'il devint fort difficile de s'en procurer le nombre nécessaire et que l'on dut autoriser les entrepreneurs à prendre des dispositions spéciales pour utiliser les bois dont ils disposaient.

Pour construire le batardeau, on commença par établir au centre un pilot, à égale distance duquel on planta les pieux formant l'enceinte extérieure du batardeau. Cette opération présenta d'assez grandes difficultés. On se servit d'abord d'une corde en chanvre de la longueur du rayon pour mesurer les distances, mais cette corde s'allongeait ou se raccourcissait irrégulièrement ; on se servit ensuite d'une corde portée par des flotteurs que le vent ou le flot déplaçait continuellement ; enfin on eut recours à un fil de fer tendu par un poids et qui donna des résultats suffisamment exacts. En enfonçant les pilotis qui servaient de repère, à des intervalles de 3<sup>m</sup>,05 on n'obtenait pas une courbe suffisamment régulière ; on les espaça alors de 1<sup>m</sup>,20. On installa ensuite 3 sonnettes sur un bateau mesurant 12<sup>m</sup>,40 et 6<sup>m</sup>,20 de largeur à ses deux extrémités. (Voir fig. 11 et 12, pl. CXXXI.) Grâce à ces dispositions, la sonnette placée à l'extrémité la plus large pouvait enfoncer 3 pieux espacés chacun de 3<sup>m</sup>,05 sans déplacement du radeau. Les 3 sonnettes étaient actionnées par une machine de 8 chevaux de force.

Les pilotis intermédiaires étaient enfoncés au moyen de deux autres sonnettes à vapeur montées sur des radeaux ; les deux derniers pieux de chaque série étaient taillés de façon à exercer un serrage. Ainsi on donnait à l'avant-dernier pieu une plus grande épaisseur à sa base qu'au sommet, de sorte que le dernier pieu faisait l'office d'une clef. Les têtes des pieux étaient recépées à la hauteur voulue par une scie circulaire actionnée par une machine à vapeur de 14 chevaux.

Le sol présentait des résistances très variables; ainsi beaucoup de pieux avaient été enfoncés dans l'espace de 10 minutes, un certain nombre se fendirent sous l'action du mouton qui pesait une tonne; d'autres enfin, avaient une tendance à se soulever de 30 à 40 centimètres après le choc du mouton, de sorte qu'on était obligé de laisser ce dernier peser sur la tête du pieu après chaque coup. Ces soulèvements tenaient à la différence de densité existant entre les couches du terrain traversé; ils se produisaient, notamment lorsque le pieu, après avoir rencontré une couche de tourbe de faible épaisseur, pénétrait dans une couche d'argile sablonneuse plus molle que la précédente.

Pour prévenir les affouillements du batardeau du côté sud où il se produisait quelquefois un fort courant à cause du rétrécissement du lac par la digue, on couvrit le remblai de sable d'un revêtement de fascines.

La digue s'appuyait sur les deux côtés du batardeau, de sorte que lorsqu'on épuisa ce dernier au moyen des pompes, il se produisit des pressions extérieures qui le déformèrent. Dans l'espoir d'arrêter ce mouvement, les entrepreneurs transportèrent à l'intérieur du batardeau une partie de l'argile qui formait la digue; mais ce moyen ne fut pas efficace, l'eau fit irruption dans l'intérieur de l'ouvrage et ce dernier ne tarda pas à s'effondrer des deux côtés. On répara la brèche et on recommença l'épuisement, après avoir placé un siphon de 0<sup>m</sup>,40 de diamètre afin de diminuer les dépenses occasionnées par l'épuisement au moyen de pompes à vapeur. Les accidents signalés ci-dessus ne furent pas les seuls. Pendant une tempête des vagues passèrent au-dessus du mur d'enceinte et inondèrent le chantier, ce dernier fut recouvert d'une couche d'eau de 2<sup>m</sup>,13 d'épaisseur. On ne put enlever cette eau au moyen du siphon et il se produisit des pressions qui amenèrent des dislocations dans l'enceinte et des fuites que l'on dut boucher avec des blocs de bois. Lorsque l'épuisement fut complet, on se décida à doubler la force du moilage inférieur; on augmenta aussi l'épaisseur du remblai en sable placé à l'intérieur, de façon à porter son volume à 27<sup>m</sup>,1/2 par mètre courant, ce qui faisait un volume de 13,800 mètres cubes. Malgré ces précautions, l'eau s'introduisit une fois par infiltration, et en si grande quantité que les pompes devinrent impuissantes; on chercha à aveugler ces sources, mais on dut bientôt y renoncer, et pour éviter de nouveaux désastres on se résigna à ouvrir les deux aqueducs de remplissage. Ces aqueducs avaient environ 1<sup>m</sup>,20 de longueur sur 0<sup>m</sup>,18 de profondeur, leur sommet était au niveau des hautes eaux.

On enfonça un rang de palplanches à 5 mètres à l'arrière de la deuxième rangée de pieux du batardeau, de façon à couper ainsi le passage suivi par les eaux d'infiltration et on remplit cet espace de 3,600 mètres de sable. L'accident avait été attribué par les entrepreneurs aux vibrations de la pompe; on la recula du batardeau, mais peu de temps après le rétablissement de l'ouvrage, un nouvel éboulement se produisit à l'intérieur du batardeau à 10 mètres environ de la rangée intérieure des pilotes, dans la direction d'un petit fossé creusé pour le drainage; presque aussitôt et malgré les mesures que l'on prit, une brèche s'ouvrit et les eaux pénétrèrent violemment dans l'enceinte entraînant 7 bateaux qui stationnaient près de là.

Le courant fut si violent qu'il renversa la partie du batardeau diamétralement opposée à la brèche. Le radeau qui portait les sonnettes, et qui était amarré par 3 cordes de 0,088 de diamètre, fut également entraîné et plongea dans l'eau par l'avant. Il n'y eut personne de blessé, mais on reconnut la nécessité de renforcer encore le batardeau; on augmenta à cet effet les terrassements de sable à l'intérieur. Pour retenir cette masse de remblai, on construisit une troisième enceinte de pieux à 9 mètres de distance de l'enceinte intérieure et on recouvrit les talus au moyen de fascines.

Pendant l'hiver le batardeau fut menacé par les glaces flottantes. On le protégea au moyen de longues bigues inclinées, placées à 3 mètres de distance les unes des autres; mais ces bois furent souvent brisés. Des glaçons poussés par le flot

passèrent même au-dessus du batardeau et tombèrent dans l'enceinte intérieure sans cependant causer de grands dommages. Lorsque le lac fut entièrement gelé, on entassa autour du batardeau des morceaux de glace qui servirent ainsi à constituer une barrière protectrice.

Les accidents qui survinrent au batardeau doivent être attribués à la nature du sol et aux infiltrations de l'eau à travers les trous de boulons. Après avoir essayé inutilement d'empêcher ces infiltrations de se produire, on dut se résigner à ne boulonner que les pièces de la charpente situées au-dessus du niveau de l'eau, à établir à grand frais un troisième rang de palplanches, enfin à combattre la pression de l'eau au moyen d'un énorme remblai en sable.

On peut donc conclure de là qu'il convient de prescrire l'emploi des boulons dans la construction des batardeaux; ce principe a été suivi par M. Rendel pour l'établissement d'un batardeau à travers les docks de Londres. Le premier de ces ouvrages était formé de 3 rangées de palplanches comprenant entre elles deux couches d'argile. Les pilotes composant la file extérieure et la file intérieure avaient été réunis alternativement avec ceux qui constituaient la file intermédiaire de façon qu'il n'y eût jamais de boulonnage traversant de part en part le batardeau; ce dernier était du reste consolidé au moyen d'arcs-boutants et de contrefiches. Le second batardeau construit par M. Hawkshaw était formé de deux files de pieux entre lesquelles se trouvait une couche d'argile de 1<sup>m</sup> 35 d'épaisseur. Les deux enceintes de pieux étaient simplement maintenues en place au moyen de contrefiches et d'arcs-boutants.

Il est bon de faire observer néanmoins que, dans le lac Y, la nature du sol s'opposait à l'emploi de ces arcs-boutants et que la forme circulaire donnée au batardeau était nécessitée par la nature des travaux à exécuter.

## Consolidation des terrains éboulés par masses

(Suite)

PL. CXXXII

COMMENTAIRES DE LA MÉTHODE

Avant d'entrer dans cet examen, il peut être utile de compléter la note transcrite précédemment par quelques observations particulières venant en développement des principales assertions et prescriptions.

Tout d'abord, en donnant un coup d'œil à la planche CXXXII qui représente les types généraux, on y voit, figures 1 et 2, le système des contreforts débouchant dans le fossé de la tranchée. C'est le cas où le plan de glissement vient à peu près au niveau de la plateforme, sans que celle-ci cesse d'être stable, ni que la partie aval du terrain puisse bouger. Tout se réduit donc à maintenir le talus, côté de la montagne, et ce n'est là qu'un cas particulier de la question.

La figure 3 donne la coupe en travers d'une pierrée en supposant un léger fruit donné aux boisages, ce qu'il faut même éviter si possible.

Les figures 4 et 5 traitent aussi le cas particulier d'un remblai s'ébouyant sur lui-même, le sol ne bougeant pas.

Les figures 6 et 7 traitent un éboulement plus important, rentrant mieux dans la généralité des masses en mouvement.

Enfin les figures 8 et 9 retombent dans la spécialité d'un sol superficiellement marécageux, tourbeux, mais reposant néanmoins sur un sous-sol solide et à peu de profondeur. Ce dernier cas comporte la pierrée latérale à l'amont, mais le système diviseur n'en existe pas moins par le fait des pierrées normales à l'axe du terrassement.

Ces dessins-types ont surtout pour but de donner une idée de l'écartement des pierrées, du rayon des ogives ou des pleins-cintres, de leurs raccordements avec les parties droites, du faciès des fonds de fouilles, de leur situation au-dessous des

surfaces de glissement, des gradins à faire pour regagner de la hauteur, etc., ce sont, en somme, plutôt des résumés de dispositions principales que des applications à suivre littéralement.

Ceci posé, si nous reprenons les instructions écrites qui attribuent aux drains-contreforts le double rôle de consolidateurs par division et par assèchement, comme dans un très grand nombre de cas la quantité d'eau soutirée est, pour ainsi dire, insignifiante, il y a lieu d'insister pour la prépondérance de la rupture, en parties isolées, des masses en mouvement. C'est là un effet général, tant pour les terrains mouillés que pour ceux où il y a tout juste l'eau nécessaire pour rendre savonneuses les couches de glaise. L'ensemble des pierrées reliées par leurs arceaux forme un grand traîneau résistant de force à l'entraînement.

Mais pour établir ce traîneau dans ces conditions de résistance, il faut, comme le dit la notice, descendre les fondations de chaque partie sur un sol qui n'ait bougé et ne soit pas non plus susceptible de bouger; il y a donc là une étude assez délicate que l'on guide et abrège d'ailleurs à l'aide des préparatifs ci-dessous.

L'origine des pierrées doit être installée en avant du terrain bouleversé et près des limites extrêmes du mouvement.

Pour découvrir ces limites, on trace sur le terrain qui travaille (fig. 10) un axe, autant que possible normal à la direction

apparente du mouvement. Cet axe est rattaché à deux points, A et B, parfaitement repérés sur le terrain et d'ailleurs pris tout à fait en dehors des glissements possibles. Sur cet axe, on élève un certain nombre de perpendiculaires sur lesquelles on place des piquets

repérés par chainage par rapport à la ligne A B. Sur cette même ligne, les profils en travers sont repérés par chainage par rapport à A ou à B. Les têtes des piquets sont enfin nivelées.

Au bout de quelque temps, pendant lequel on laisse travailler le terrain, on rétablit l'axe entre A et B par un jalonnement, ainsi que les différents profils en travers, et on constate les variations, en plan, des piquets placés primitivement sur ces profils; par un nivellement sur leurs têtes prises dans leur situation actuelle, on constate également les changements d'altitude, et l'on peut voir, de la sorte, quels sont les boursofflements ou affaissements du terrain, quelle est la direction moyenne du mouvement, quelle est son intensité et quels sont les piquets extrêmes qui n'ont aucunement bougé, ni comme position, ni comme altitude. Ces piquets indiquent à peu près l'endroit où les pierrées doivent commencer; on est plus sûr ainsi de s'établir au bon point, plutôt qu'en se fixant aux dernières crevasses visibles sur le sol. Toutefois, en cours d'exploitation des chemins de fer où l'on ne peut guère attendre, ce procédé, qui demande quelque délai, est moins applicable que dans la construction, et, dans ce cas, il vaut mieux commencer la pierrée un peu trop bas, en prenant du large au delà du mouvement apparent, car l'on peut toujours se remonter en cours d'exécution et l'on en est quitte pour quelques mètres de plus de fouille et de maçonnerie, qui font comme un drain d'écoulement à la suite de la pierrée, agissant véritablement comme drain-contrefort (division des masses, soutènement et assèchement).

La notice recommande aussi la verticalité des parois des fouilles; pour réaliser ce desideratum, il faut employer le genre de boisages où les palplanches sont placées horizontalement; les extrémités portant sur des cadres verticaux dont les mon-

tants mesurent, d'une pièce autant que possible, la profondeur de la fouille. Ces cadres sont espacés d'une demi-longueur de planche (2<sup>m</sup>), d'axe en axe, si le terrain ne pousse pas, et espacés de 1 mètre dès qu'il pousse de façon à faire prendre du ventre au blindage; d'ailleurs, des cadres ou portions de cadre isolés, se placent intermédiairement, suivant les besoins de la cause; ajoutons que les planches de 4 mètres et de 0<sup>m</sup>,027 d'épaisseur sont remplacées avec avantage, notamment pour les fouilles en courbe (arceaux en ogive ou plein cintre) par des planches doublées, c'est-à-dire des madriers de 2 mètres de longueur et de 0<sup>m</sup>,054 d'épaisseur (même un peu plus, vu l'économie du trait de scie), représentant ainsi la planche ordinaire débitée au double d'épaisseur et à moitié longueur; ce genre de blindage est très résistant aux poussées; il ne permet pas aux ventres de se produire sur les parois et il donne aux fouilles une grande netteté et régularité.

Le boisage horizontal, en dehors de ses cadres verticaux, comporte aussi des moises reliant les différents cadres, lorsque besoin est, et ces cadres peuvent encore être contrebutés par des étais obliques, si le terrain vient à pousser dans un sens différent de la normale.

Toute la grosse charpente est, dans ce boisage, de courtes dimensions et ne dépasse guère la hauteur de la fouille; c'est en quoi il diffère du boisage vertical dans lequel les palplanches sont placées verticalement et maintenues par ces longrines immenses que l'on connaît, des arbres entiers, trop forts d'un bout, trop faibles de l'autre et formant flèche au milieu. Cet autre système se prête d'ailleurs très mal à l'étalement des fouilles en courbe, alors que dans le boisage horizontal, l'indépendance des cadres et leur peu d'écartement permettent de les placer à tous les sommets des polygones tracés dans la courbure, polygones réguliers dont le côté a la longueur d'un madrier (2<sup>m</sup>), également à tous les milieux de ces mêmes côtés de 2 mètres et intermédiairement si le besoin s'en fait sentir.

Il est une autre phase de l'exécution qui demande un soin tout particulier, c'est de préserver de tout engorgement le vide ménagé, en façon d'aqueduc, au-dessus de la surface du radier en béton, et cette condition demande une certaine sujétion dans les fouilles faites en terrain sablonneux et offrant, en outre, de l'eau en quelque abondance. Nécessairement le radier en béton et la maçonnerie à pierres sèches se commencent, sinon à l'origine des pierrées, du moins assez près de cette origine, car il faut que l'eau trouve son écoulement au fur et à mesure que les fouilles avancent, et d'autre part on ne peut pas laisser indéfiniment, même sous la garantie du boisage, les parties de fouilles déjà terminées.

Lors donc que l'on rencontre de l'eau à l'avancement, il faut diriger cette eau, au-dehors, lorsque c'est faisable, ou autrement sur la partie du béton déjà exécutée, et ce, à l'aide de caniveaux en planches, clouées sous forme de Y, et si cette eau entraîne de la boue ou du sable, il faut établir à l'entrée du caniveau en planches un petit dépotoir où le sable et la boue se déposeront, de manière à ne laisser arriver dans le caniveau et par suite sur le béton que de l'eau la plus propre possible; ces dépotoirs se nettoient ensuite directement, en enlevant, à l'aide de seaux, les débris qui viennent à les remplir.

Lorsque, malgré cette première précaution, on peut craindre que le sable ne parvienne jusqu'au béton, on place dans l'aqueduc déjà exécuté une sorte de disque en bois ou en fer, formant raclette et relié à deux fils de fer qui aboutissent aux extrémités du béton, et on ramone l'aqueduc comme on ferait d'une cheminée, jusqu'à l'établissement d'un écoulement normal.

L'observation stricte de la première précaution suffit généralement; d'ailleurs, elle est assez importante au point de vue de l'exécution même du travail, car si l'eau se promenait sur le fond de la fouille, il s'y formerait bientôt, sous le piétinement des ouvriers, une boue gênante et dont l'enlèvement reviendrait plus cher que la captation des suintements et l'établissement des puisards et des caniveaux en planches.

La considération, qui vient ensuite dans la notice, a trait à la

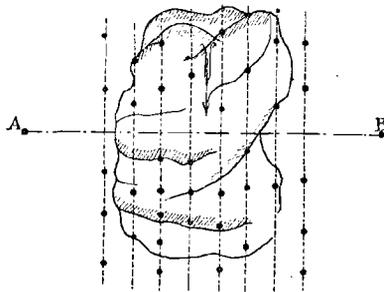


Fig. 10.

descente de la pierre dans les fouilles. La pierre y est descendue généralement à l'aide de couloirs en planches, à section rectangulaire, partant du sommet de la fouille, allant presque au bas et inclinés le plus possible, à 45° au moins ; il faut éviter, au-delà de 2 mètres, que la pierre tombe directement et cette cote peut être même trop considérable selon la qualité de la pierre ; d'autre part, toute pierre qui se briserait même superficiellement, sous une hauteur de chute semblable, serait trop friable, et il faut bien se rappeler que la partie inférieure des pierrées, dans les fouilles profondes (10 à 15<sup>m</sup>), supporte une certaine pression en raison de laquelle il convient d'employer des matériaux résistants et non pas telle pierre de première venue.

Il y a des circonstances où l'on descend la pierre à la chaîne à mains, ou en brouette sur des plats bords inclinés, ou avec des treuils et benes ; dans tous les cas, jamais la pierre ne doit être jetée brutalement du haut des fouilles, soit sur le sol, soit sur les maçonneries déjà exécutées.

Lorsque la pierre doit tomber sur les maçonneries ou sur le béton, et surtout dans ce dernier cas, par couloirs ou chute directe de peu de hauteur, il faut qu'elle soit reçue sur des planchers de décharge.

Lorsque la pierre bonne à l'emploi est enlevée de dessus ces planchers, il y reste des débris qui servent à garnir les intervalles laissés, après l'enlèvement des boisages, entre les parois de la fouille et les parements de la pierrée.

La verticalité, la régularité, l'assise soignée de la pierrée sont aussi des conditions des plus essentielles et sur lesquelles on ne saurait trop exercer de surveillance, pour répondre à ce principe posé dans la notice, à savoir : que la maçonnerie à pierres sèches doit se soutenir elle-même, et solidement, pour remplir efficacement le rôle de contrefort.

Enfin, pour en terminer avec ces quelques observations, lorsqu'un éboulement ne traverse pas le chemin de fer, d'aval en amont, il est toutefois utile de faire, dans la partie la plus humide, une galerie qui relie les drains d'aval au terrain d'amont et à l'aide d'un drain en forme de V à branches très écartées, au besoin à l'aide d'un drain parallèle au chemin de fer et aboutissant à la fin de la galerie, et d'enlever directement de cette façon les eaux qui pourraient venir, dans la suite, à déterminer un nouvel effort du terrain contre le système de consolidation établi à l'aval.

La galerie sera, comme les pierrées, normale au chemin de fer.

Il serait peut-être plus juste de dire, en thèse générale, que les pierrées et galeries doivent être non pas normales à l'axe de la voie, mais plutôt diamétralement opposées au mouvement suivant sa direction moyenne ; cette direction moyenne est le plus souvent normale au chemin de fer, parce que les pentes du terrain sont presque partout transversales aux tracés qui longent des flancs de vallées.

Mais il pourrait arriver qu'une poche ébouleuse fût prise en biais par un tracé, les pierrées normales à l'axe seraient alors obliques à la direction du mouvement et risqueraient dès lors d'être emportées par l'effet général de dislocation et de bouleversement, comme le sont souvent les pierrées normales à la direction du mouvement, circonstance qui en fait proscrire l'emploi.

Ces pierrées obliques n'exerceraient pas non plus, comme contreforts, leur maximum de résistance ; nous pensons donc que le véritable sens d'établissement est la direction même du mouvement, direction sensiblement rectiligne dans son ensemble.

Quant aux fissures et crevasses, elles font des angles quelconques avec cette direction et ne doivent pas être prises, comme le dit la notice, pour lignes de pierrées ; elles ne peuvent servir qu'à constater l'étendue apparente de la dislocation, et encore est-il bon de contrôler cette apparence à l'aide du piquetage en quadrille dont l'idée a été précédemment exposée.

(A suivre.)

## Projet de canal maritime de Paris à Boulogne-sur-Mer et Lille

Nous avons publié une série d'articles sur le port en eau profonde actuellement en construction à Boulogne ; nous complétons aujourd'hui ces études en donnant un exposé général du projet de M. Irénée Leys, ayant pour objet la construction et l'exploitation d'un canal maritime de Paris à Boulogne-sur-Mer et Lille, qui serait relié par embranchement aux canaux de la Flandre communiquant avec les ports de Calais, Gravelines, Dunkerque, Ostende, Anvers, etc. Ce canal desservirait également les bassins houillers du Pas-de-Calais et du Nord.

Le projet de M. Irénée Leys est donc le complément nécessaire du port de Boulogne : il est conçu de façon à favoriser le grand transit et il permettra de servir les intérêts des régions du nord de la France.

Le port-rade de Boulogne-sur-Mer devra d'abord être complété par la création de bassins, de magasins, d'entrepôts de dimensions suffisantes pour répondre à tous les besoins. Ceci fait, il conviendra de mettre le port, ainsi aménagé, en communication avec l'intérieur du pays à l'aide d'un canal navigable, desservant les bassins houillers du Pas-de-Calais et du Nord, par une bifurcation à Frévent, se dirigeant vers Lille, et permettant aux navires marchands, de 600 à 800 tonneaux, d'arriver jusqu'à Paris.

On établira ainsi, entre Boulogne-sur-Mer, Lille et Paris, une voie maritime directe, d'une seule et même tranchée, dont l'utilité est incontestable.

On peut donc dire que ce projet, accueilli avec faveur par le monde commercial, constitue un programme économique dont l'application est attendue depuis longtemps. Il a été l'objet d'une enquête privée, et toutes les villes situées sur le parcours du canal projeté ont donné leur entière approbation et ont formé des vœux pour sa prompte exécution.

Voici maintenant, en peu de mots, quelle serait l'économie générale du projet dont nous venons d'indiquer le but.

Le canal projeté entre Boulogne-sur-Mer et Paris aurait une largeur de 60 à 70 mètres dans son parcours en général, et 80 mètres de largeur au plafond, aux points de stationnement ; sa profondeur serait de 4 mètres, avec un niveau presque uniforme dans tous les temps et dans toute son étendue.

Les travaux pourraient être exécutés en quatre années, et comme, pour les constructions, les matériaux se trouvent généralement à pied d'œuvre, on peut admettre que les dépenses seraient relativement peu importantes.

Ce large canal prendrait racine franche en plein port-rade de Boulogne ; il cotoierait à l'intérieur le littoral jusqu'à l'embouchure de la Canche, qu'il suivrait en s'élevant jusqu'au plateau situé près de Frévent ; de là, après avoir bifurqué pour desservir les fosses du Pas-de-Calais et du Nord, il se dirigerait sur Doullens, passerait la Somme à Corbie, longerait Montdidier, atteindrait Boix à Pont-Sainte-Maxence, et, en passant par Senlis, aboutirait au canal de l'Ouëq, à proximité de Paris, dans la vaste plaine de Pantin-Bobigny. On fonderait dans cet endroit un immense entrepôt dont la situation est tout à fait propice pour devenir le véritable port-dock de Paris. (Voir la fig. 3.)

On établirait trois ports-docks intérieurs : le premier à Corbie, sur la Somme, pour centraliser le mouvement industriel de la région d'Amiens, d'Albert, de Corbie, etc., etc. ; le second à Pont-Sainte-Maxence, sur l'Oise, pour communiquer avec tous les canaux qui s'y rallient ; le troisième, enfin, se souderait à la Haute-Deule, à la pointe de Pont-à-Vendin, et faciliterait le mouvement de la navigation de tous les canaux de la Flandre.

La navigation s'effectuerait en cinq jours, de Boulogne à Paris.

Les magasins seraient conçus dans des conditions à éviter la solidarité des risques et à réduire en principe la prime d'assurance, à économiser les frais de manutention, à diminuer le

tarif de magasinage. Grâce à ces avantages considérables, les négociants n'hésiteront pas à faire diriger leurs marchandises sur le grand port-rade ou la grande gare maritime de la côte française du Nord.

Nous ajouterons qu'une Société de fondation, au capital de 4 millions, est en voie de formation pour obtenir les concessions et faire les études définitives.

Lorsque le projet, déjà pris en considération, sera approuvé, la Société dont le capital sera alors porté à 100 millions, pour être élevé ensuite jusqu'à 400 millions, demandera au Gouver-

nement une subvention fixe de 150 millions, soit 10 millions par an pendant une période de quinze années. Cette subvention ne peut être mise en doute, le Gouvernement ne pouvant faire valoir aucun motif pour refuser ce concours légitime et justifié.

Nous donnons (fig. 2 et 3) une carte générale permettant de se rendre un compte exact du tracé du canal, un plan du nouveau port de Boulogne et des aménagements projetés; enfin, un plan du port-dock de Paris, prévu dans la plaine d'Aubervilliers.

Nous tiendrons nos lecteurs au courant de cette affaire, qui intéresse notre commerce intérieur et extérieur.

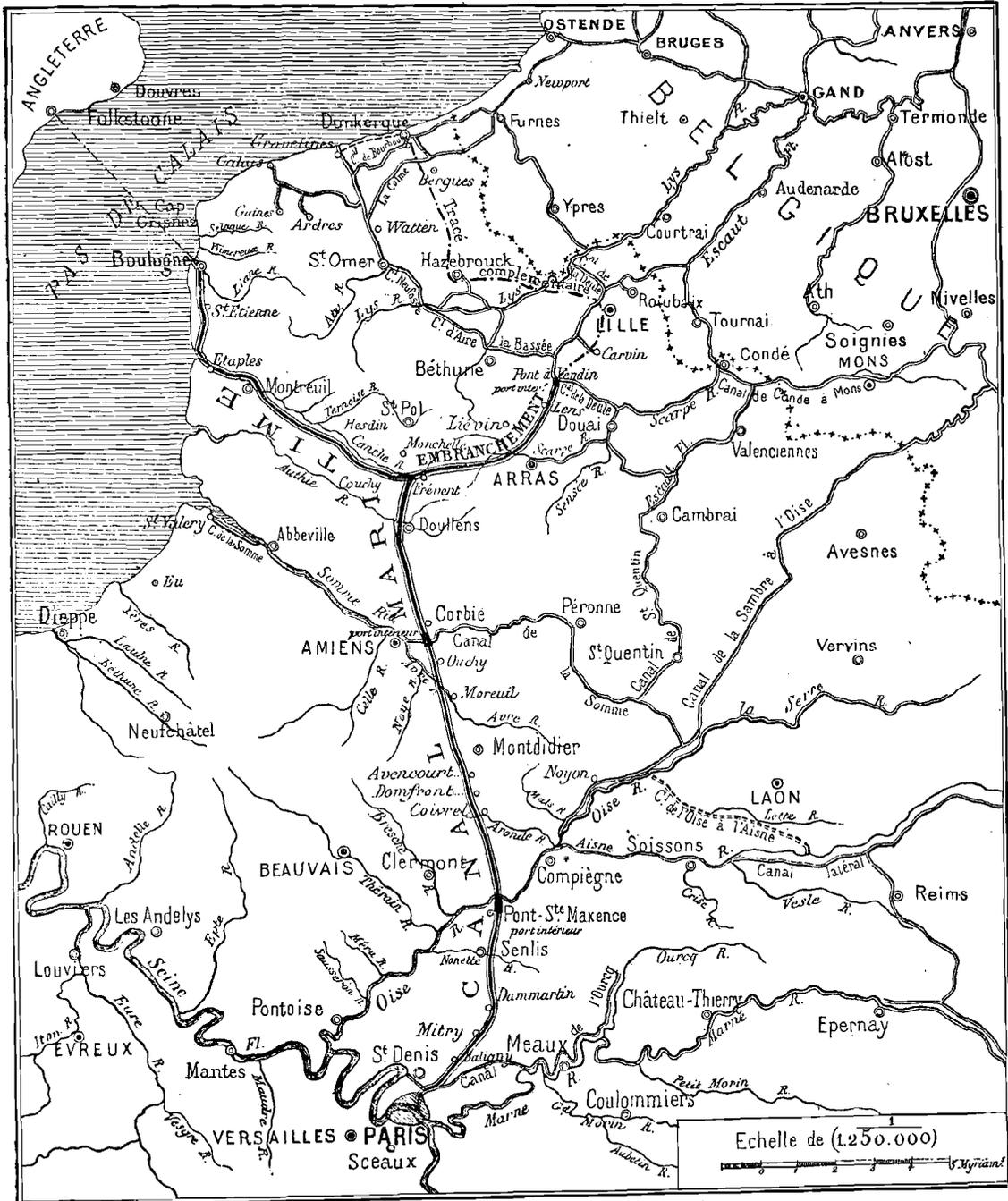


Fig. 1.

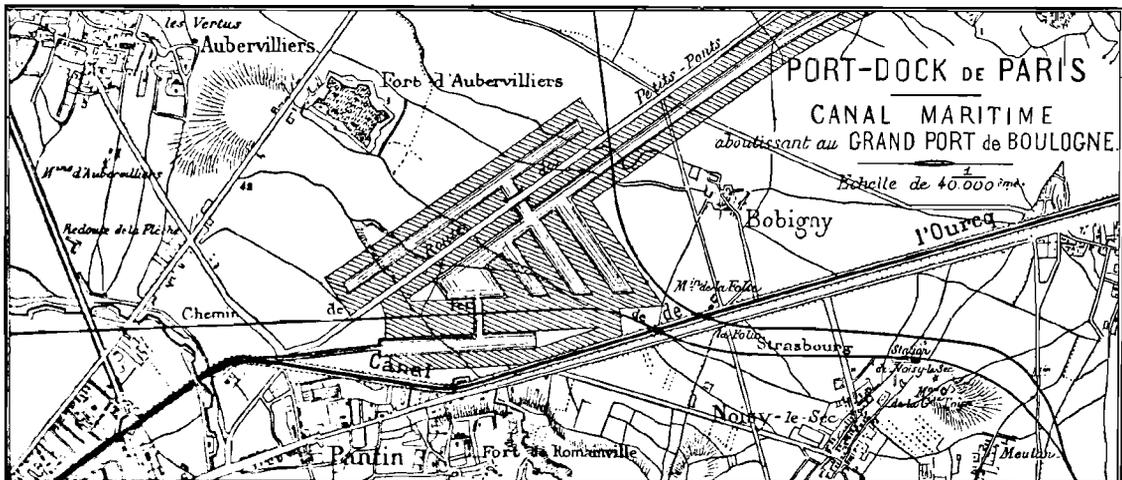
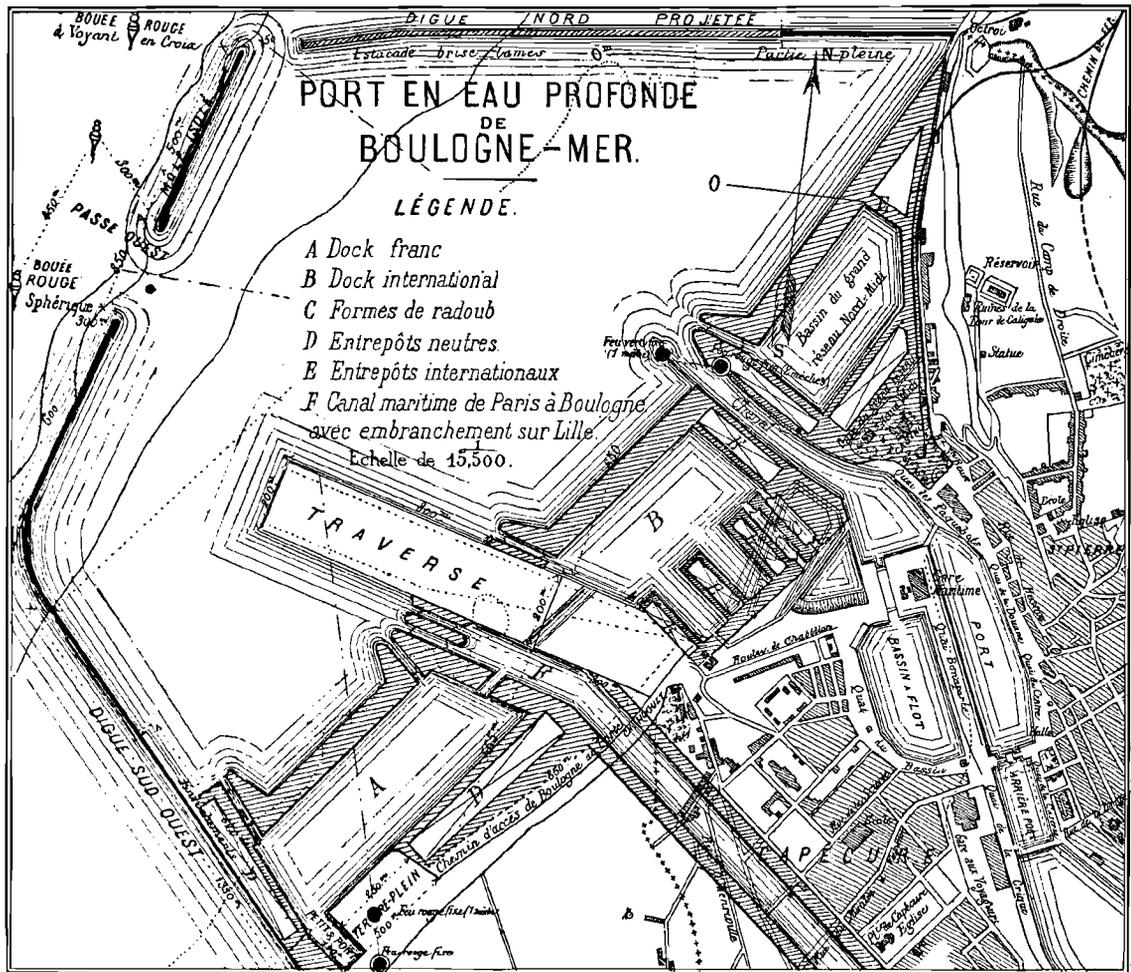


Fig. 2 et 3.

### OUTILLAGE DES TRAVAUX PUBLICS

#### Type d'échafaudage pour la réparation des grandes halles des gares.

Les figures 1, 2, 3, 4 et 5 donnent les vues d'ensemble et les détails de construction d'un échafaudage de service employé pour réparer la halle d'une gare de chemin de fer et disposé

de façon à ne gêner en rien la circulation des trains ni leurs manœuvres.

Lorsque cet échafaudage ne doit pas supporter de fortes charges, on peut l'établir très légèrement. Il se compose alors de 3 poutres en arcs de 24 mètres de longueur dont la courbure est maintenue à l'aide d'un câble métallique ainsi que l'indique la figure de détail. On voit que les planches mêmes qui constituent l'arc sont encastées à leur extrémité dans un sabot en

fonte; l'ensemble est traversé par un fort boulon taraudé muni d'un écrou; ce boulon porte une boucle à laquelle se fixe le câble métallique. L'arc et sa corde sont renforcés par des moises transversales et des pièces de contreventement qui constituent une plate-forme. Cette construction est montée sur un échafaudage roulant ordinaire.

Lorsque la portée dépasse celle indiquée ci-dessus, l'échafaudage constitué comme nous venons de l'expliquer n'est pas assez solide. Il faut alors modifier sa construction. On le compose alors de 3 poutres courbes formées de poutrelles de bois et ayant le même rayon de courbure que la toiture que l'on veut réparer.

Les arcs des poutres sont formés de trois épaisseurs de lattes en sapin, la corde est formée de trois épaisseurs de lattes également en sapin de première qualité. Les deux parties de la poutre (l'arc et sa corde) sont réunies par un treillis dont les pièces sont solidement boulonnées entre elles de façon à former un ensemble rigide.

Les 3 poutres qui composaient le pont roulant représenté par les dessins 1, 3 et 4 étaient espacées de 2<sup>m</sup>,70 et réunies les

## CHRONIQUE

### Chronique Française

**Les tours de 300 mètres.** — A chaque nouvelle exposition, et elles sont maintenant très fréquentes, il faut une attraction.

En 1878, on a créé le palais du Trocadéro; pour l'Exposition projetée de 1889, on a émis l'idée d'édifier une tour de dimensions colossales. Cette idée appartient à M. Eiffel, et nous avons été les premiers à publier ici le projet de cet ingénieur distingué.

Peu après, M. Bourdais, co-architecte du palais du Trocadéro, a également produit un projet de tour de plus de 300 mètres de hauteur, mais en maçonnerie, tandis que la tour de M. Eiffel est exclusivement construite en métal. (Voir notre numéro du 10 novembre 1884.)

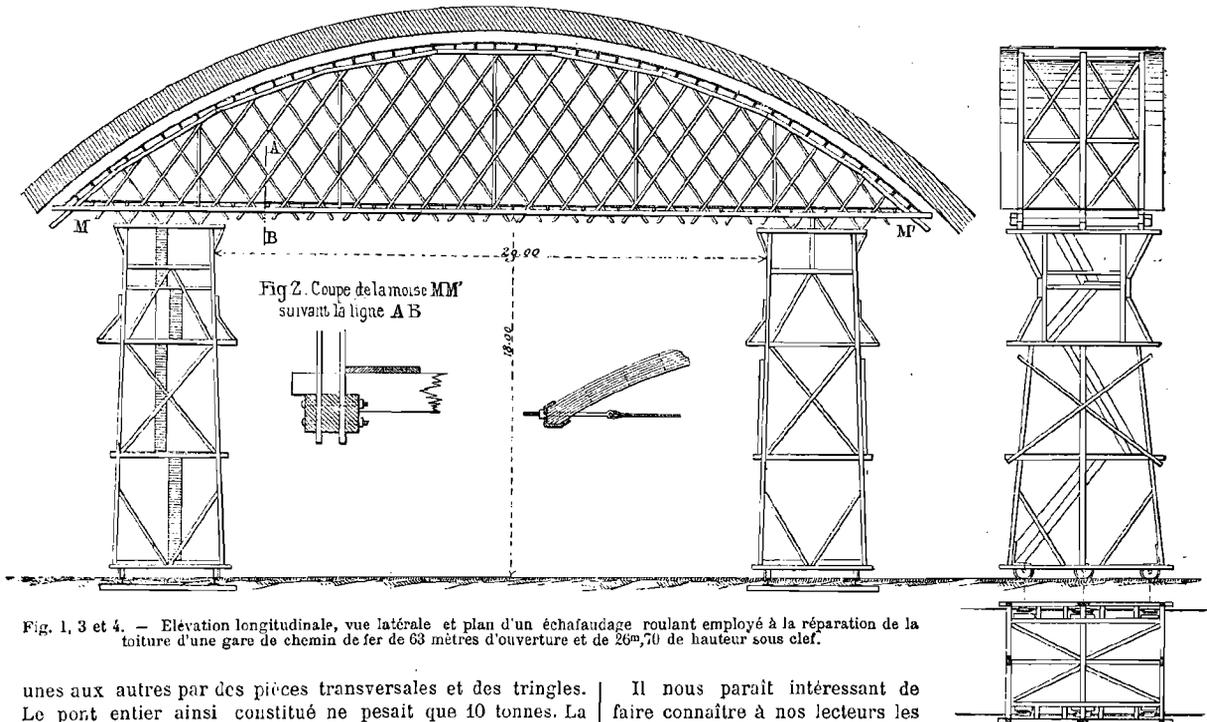


Fig. 1, 3 et 4. — Elevation longitudinale, vue latérale et plan d'un échafaudage roulant employé à la réparation de la toiture d'une gare de chemin de fer de 63 mètres d'ouverture et de 26<sup>m</sup>,70 de hauteur sous clef.

unes aux autres par des pièces transversales et des tringles. Le pont entier ainsi constitué ne pesait que 10 tonnes. La halle qu'il s'agissait de réparer avait 26<sup>m</sup>,70 de hauteur dans œuvre et une ouverture de 63 mètres.

Pour lever la plate-forme afin de la faire reposer sur les échafaudages, on utilisa les fermes du bâtiment. On fixa des poulies à ces dernières et on souleva ainsi le pont après l'avoir attaché en six endroits différents. Lorsqu'il fut hissé à la hauteur convenable, on fit avancer les deux piliers destinés à le supporter à ses extrémités. Ces piliers construits légèrement mais solidement et bien étreillis reposaient sur une plate-forme en bois de Suède pourvue de 6 roues en fonte. On pouvait ainsi déplacer tout l'ensemble sur une double voie de 4<sup>m</sup>,50 de largeur. Il suffisait de six hommes, trois de chaque côté, pour effectuer la manœuvre. L'échafaudage entier, non compris les roues, pesait 78 tonnes. Un escalier permet d'accéder de chaque côté au pont de service sur lequel on dépose les outils et les matériaux nécessaires à la reconstruction de la halle. Le poids de ces outils, des matériaux et des traverses n'excédait pas 15 tonnes.

Cette construction est revenue à 545 livres sterling.  
(Société des Ingénieurs civils anglais.)

Il nous paraît intéressant de faire connaître à nos lecteurs les raisons qui, suivant M. Bourdais, militent en faveur de son projet et, en même temps, les objections qui lui sont faites.

On a émis des doutes sur la possibilité pratique de construire une tour aussi haute en maçonnerie. A quoi M. Bourdais répond que la limite de hauteur à laquelle on peut élever un pylone de différents matériaux, en ne tenant compte que de leur écrasement, est fort grande, mais que la considération du vent vient diminuer cette limite. Il admet comme maximum pour effort du vent le chiffre de 300 kilog. par mètre carré. Il a étudié les relations d'équilibre qui existent, pour diverses formes de solides, entre leur poids et l'effort du vent, en tenant compte de la condition imposée par la résistance des matériaux, au point de vue du passage de la résultante de ces deux forces, passage qu'il fixe à un quart de la largeur de la base par rapport à l'arête la plus voisine.

Contrairement à l'opinion émise par M. Eiffel, M. Bourdais trouve que le poids du fer nécessaire, dans le cas d'un pylone métallique, coûterait 7 fois et demi plus cher que celui exigé par la maçonnerie.

M. Bourdais a étudié les solides de différentes formes, et les conclusions de ces études seraient qu'il faudrait s'éloigner le plus possible de la forme cylindrique, mais il convient de faire intervenir ici des considérations de perspective qu'il est impossible de négliger au point de vue esthétique.

Le projet de M. Bourdais se résume comme suit : Le squelette est une colonne creuse en granit qui pourra défier l'œuvre dévastatrice du temps; elle a, comme nous l'avons dit, une hauteur de plus de 300 mètres, un diamètre moyen de 18 mètres et un vide intérieur de 8 mètres. Elle est surmontée d'un phare électrique d'une puissance suffisante pour éclairer tout Paris, et du Génie de la Science dont la tête est à 360 mètres au-dessus du sol.

La base a une surface calculée de telle sorte que la pression sur le sol ne dépasse pas 5 kilog. par centimètre carré, alors qu'elle atteint 42 kilog. dans le corps de l'ouvrage, dans les cas les plus défavorables. Ce monument contiendrait différentes salles auxquelles on accéderait à l'aide d'ascenseurs. Ces appareils ont été spécialement étudiés par M. Edoux.

Ce qui préoccupe à juste titre les praticiens qui examinent les projets de tours d'une hauteur aussi considérable, ce sont les oscillations auxquelles seront soumises ces constructions.

Les cheminées d'usine et les phares subissent, comme on sait, des oscillations très fortes dont on constate facilement l'existence, mais dont on évalue difficilement l'amplitude.

D'après les renseignements fournis par les meilleurs constructeurs de cheminées d'usines, cette amplitude atteint de 6 à 15 centimètres pour des hauteurs de 30 à 35 mètres. M. Lavezzari a observé 17 centimètres pour une hauteur de 28 mètres par un vent qui n'avait rien d'exagéré.

Dans les phares, les oscillations sont plus intenses, mais on ne possède aucune donnée précise. M. Raynaud, dans son ouvrage sur l'éclairage et le balisage des côtes de France, dit avoir constaté des balancements capables de jeter les liquides hors des vases et de déranger les chaînes des poids du mécanisme.

Sur un phare que M. Lavezzari a construit, il a constaté approximativement des déplacements qui semblaient être de 0<sup>m</sup>,40 pour 58 mètres de hauteur.

Les personnes les plus compétentes en cette matière estiment qu'il est impossible de se faire une idée de ce que seraient, au sommet, les oscillations d'une tour de plus de 300 mètres de hauteur.

Il y a là une question qu'il n'est pas indifférent d'approfondir.

Nous avons dit que le projet de M. Bourdais avait été assez vivement combattu.

M. Eiffel ne croit pas que l'on arrive, pour la maçonnerie, soit seule, soit combinée avec le fer, à une *possibilité d'exécution*, à moins qu'on ne veuille mettre de côté toute question de prix. Il fait remarquer que ce qui limite pratiquement la hauteur de la tour en maçonnerie, c'est la résistance des mortiers, tout à fait indépendante de la résistance même de la pierre.

Les édifices considérés comme les plus hardis ne travaillent pas à plus de 15 à 20 kilogrammes par centimètre carré; exceptionnellement, les piliers de la tour de l'église Saint Merri et ceux du dôme du Panthéon travaillent à 20<sup>m</sup>,40.

M. Eiffel cite, comme autre exemple, le monument qu'on vient d'inaugurer à Washington et qui est un obélisque en granit de 169 mètres de hauteur, actuellement le plus haut monument du monde.

C'est une pyramide carrée, qui a 10<sup>m</sup>,80 de côté à la base et 10<sup>m</sup>,50 de côté au sommet. L'épaisseur des maçonneries varie de 4<sup>m</sup>,57 à 0<sup>m</sup>,50. L'effort de compression sur la base est de 20 kilog. par centimètre carré et, en tenant compte de l'effet du vent, de 25 kilog.

L'exemple de cette tour n'est pas très encourageant pour la construction d'une tour en maçonnerie de 300 mètres; en effet, commencée en 1848, la pyramide arriva en 1854 à une hauteur de 40 mètres et s'inclina de telle façon qu'on dut suspendre les travaux et reprendre toute la fondation en sous-œuvre, en se

résignant en même temps à ramener à 169 mètres la hauteur primitivement prévue à 183 mètres.

En 1880, les travaux d'élevation recommencèrent et marchèrent régulièrement depuis, à raison de 30 mètres par année. La dépense s'éleva actuellement à 6,222,000 francs et sera portée à 7,100,000 francs avec les travaux complémentaires.

Une pyramide analogue, de 300 mètres de hauteur, ne pourrait coûter moins de 16,000,000 de francs, y compris les fondations, et ce ne serait encore, en somme, qu'une sorte de haute cheminée, sans aucune ornementation.

Le fer ou l'acier semblent donc, conclut M. Eiffel, la seule matière susceptible d'être employée pour une tour de cette hauteur.

Une objection faite au projet de M. Eiffel par les partisans des constructions en maçonnerie, c'est la durée, on peut dire inconnue, des ouvrages métalliques.

Les ouvrages de ce genre n'existent, en effet, que depuis un nombre d'années relativement très restreint, tandis que l'on peut citer des ouvrages en maçonnerie qui ont victorieusement résisté aux atteintes des siècles.

Il nous paraît intéressant à ce sujet de reproduire ici les conclusions d'un rapport du professeur Thurston, sur l'état actuel des fers constituant les charpentes métalliques du Métropolitain aérien de New-York.

« Ces constructions, dit M. Thurston, ne laissent apercevoir aucune trace de fatigue; elles sont en aussi bonnes conditions qu'au moment de la mise en place, et il n'y a aucune crainte à avoir au sujet de changements moléculaires qui pourraient modifier la qualité et la résistance du métal. »

D'autre part, un célèbre ingénieur, M. John A. Roebling, dans un rapport sur l'état du pont suspendu du Niagara, quelques années après sa construction, déclarait, à la suite d'un minutieux examen, n'y avoir pas constaté le moindre changement. Le même ingénieur, en faisant déplacer un ancien aqueduc sur la rivière Allghany, à Pittsburgh, reconnaissait qu'après quarante ans de service, les tiges de suspension en fer étaient, au point de vue de la qualité, absolument comparables au métal neuf. Le vieux pont de Saint-Clair, après quarante ans d'usage, fut enlevé pour être remplacé par un pont suspendu, et l'on se rendit compte alors que le métal avait conservé toutes ses qualités. La structure moléculaire n'avait subi aucune modification.

En essayant les fils de fer de l'ancien pont suspendu de Fairmount, à Philadelphie, lorsqu'on le remplaça par un pont à poutres métalliques, on put constater également que trente ans de service n'avaient pas altéré la nature du métal qui n'était en rien inférieur aux fils de fer de bonne qualité de même calibre.

Il semble donc que nos contemporains peuvent bannir toute inquiétude en ce qui concerne la durée des ouvrages métalliques.

La tour, que l'on se propose d'élever à l'occasion de l'Exposition de 1889, aura-t-elle une utilité en rapport avec la somme considérable que coûtera sa construction? Telle est la question que l'on se pose tout naturellement. Nous avons énoncé dans notre premier article (n° 59 de novembre 1884) les diverses applications prévues. La tour doit notamment servir à installer un immense foyer électrique projetant une vive lumière sur les terrains environnants. Cela est fort bien, mais nous croyons qu'il ne faut pas s'exagérer l'utilité de ce phare électrique. Ainsi, M. Sébillot qui a étudié plus spécialement l'installation électrique du projet de M. Bourdais, prétend que l'on peut obtenir une puissance lumineuse de 250 carcels par cheval de force, et comme cette force conduit à une dépense de 1<sup>m</sup>,50 de houille par heure, on en conclut qu'on peut obtenir pour 8 fr. 045 une quantité de lumière égale à 320 becs de gaz brûlant 32 mètres cubes de gaz à l'heure.

M. Sébillot part donc de cette hypothèse, qu'à dépense égale on peut, par la concentration de foyers puissants, déverser une quantité de lumière par l'électricité plus de cent fois supérieure à celle du gaz. Il propose donc d'établir 100 lampes de 20,000 carcels chacune, analogues à la lampe Brush de cette

puissance qui a fonctionné en 1881 à l'Exposition d'électricité. La lumière serait projetée par un système de projecteurs et de réflecteurs. Ces réflecteurs ont pour effet de répartir d'une manière égale la lumière sur tous les points de la surface. C'est une surface de révolution ayant un lieu focal occupé par les lampes, et qui, en coupe, représente une courbe voisine de la parabole, mais tracée par points suivant une épure déterminée. Grâce à ces moyens, M. Sébillot estime qu'on pourra lire, à la lumière fournie par son foyer électrique, un imprimé dans tout Paris jusqu'aux fortifications.

Enfin, M. Sébillot fait remarquer qu'il existe plusieurs exemples d'éclairage sur pylones en Amérique. Il cite notamment l'éclairage de Madison-Square et Union-Square à New-York, dont il constate les bons résultats, et celui de la ville de Denver. Cette ville est éclairée par des lampes électriques placées sur quatre pylones de 90 mètres de hauteur. Il est vrai que l'éclairage est insuffisant, mais du moins la ville a l'avantage d'être exclusivement éclairée par la lumière électrique.

D'après les calculs de l'auteur, il faudrait, pour éclairer convenablement la superficie de la ville de Paris, une puissance lumineuse de 1,243,000 carrels; mais pour se mettre à l'abri de tous les mécomptes, il prévoit 21,000,000 de carrels.

Les conclusions de M. Sébillot, en ce qui concerne le prix de l'éclairage électrique, comparativement à celui de l'éclairage au gaz, sont fort discutables.

Ainsi, M. Cornuault a présenté à ce sujet quelques calculs qui démontrent que le prix de l'éclairage électrique, dans les conditions admises par M. Sébillot, serait au moins de 23,000 fr. par jour, tandis que, pour obtenir une égale somme de lumière en brûlant du gaz, on n'arrive qu'à 13,000 ou 13,500 fr. par jour au maximum. C'est donc une différence en plus de 10,000 fr. par jour sur la dépense du gaz.

Il resterait encore, bien entendu, la question de savoir si à l'aide d'un foyer électrique placé à 300 mètres de hauteur au-dessus du sol, on pourrait éclairer tout Paris, ainsi que l'affirme M. Sébillot; c'est ce qui n'est pas du tout prouvé.

En résumé, des deux projets présentés par M. Eiffel et par M. Bourdais, c'est le premier qui nous paraît incontestablement le plus pratique au double point de vue des facilités d'exécution et du prix de revient.

## Chronique Etrangère

**Procédés employés en Amérique pour améliorer la navigation des fleuves.** — M. le professeur Lewis Haupt nous a envoyé un exemplaire du mémoire qu'il a lu à la Société des Ingénieurs de Philadelphie, sur les procédés employés pour améliorer les conditions de la navigation du fleuve Ohio et des autres fleuves des Etats Unis. Il nous a prié de reproduire ce document dans nos *Annales*, en ajoutant qu'on y trouverait la preuve que les ingénieurs américains n'ont jamais songé à s'approprier les inventions des ingénieurs français.

Bien que nous considérions comme terminé le débat qui s'était élevé à la suite de la reproduction d'un article mal interprété et que nous ayons déclaré que nous n'avions jamais mis en doute la parfaite honorabilité du corps des ingénieurs américains, nous pensons qu'on lira avec intérêt un résumé succinct de la communication de M. Haupt, qui fait l'historique complet de la question de l'amélioration des grands fleuves américains.

C'est de l'année 1836 que date l'étude de cette question. Plusieurs moyens furent proposés. Le projet présenté en 1850 par M. Ellet, pour l'amélioration du fleuve Ohio, consistait à créer d'immenses réservoirs d'approvisionnement dans les montagnes des Etats voisins et à se servir des eaux ainsi emmagasinées pour maintenir les eaux du fleuve à un niveau convenable. Mais on ne donna pas de suite à ce projet. Plus récemment on proposa un système d'amélioration consistant à rétrécir la

largeur du lit au moyen de digues latérales, à diminuer la pente de ce lit à l'aide de digues de fond et enfin à diminuer la vitesse d'écoulement de l'eau au moyen de barrages mobiles.

Un comité d'ingénieurs fut chargé d'étudier ces divers projets et le colonel Merrill fit un rapport sur cette question en 1874. Ce rapport adressé à l'ingénieur en chef contient la description détaillée de tous les systèmes connus à cette époque et notamment celle des barrages mobiles de MM. Hagen et Becker construits en Europe et des barrages mobiles existant en France.

En ce qui concerne le fleuve Ohio, le comité dut examiner surtout s'il était possible de construire des barrages de 60 mètres de longueur, se manœuvrant facilement. Il se livra à cet effet à une étude approfondie de tous les systèmes connus à cette époque. Heureusement que depuis lors on a apporté à la construction de ces ouvrages des modifications qui en rendent l'application plus facile et plus certaine.

En 1871 et 1872, MM. le général Weitzel et le colonel Merrill furent chargés de dresser des projets pour l'amélioration du fleuve Ohio et des autres fleuves, et de faire à ce sujet une étude générale des systèmes de barrages appliqués dans les autres pays.

M. le colonel Merrill dit dans son rapport du 1<sup>er</sup> septembre 1874, qu'après de longues études, il est arrivé à cette conclusion que la meilleure méthode pour améliorer le fleuve Ohio, du moins dans la partie supérieure de son cours, est celle employée avec succès sur la Seine, l'Yonne, la Marne, la Meuse et d'autres rivières en France. Il fait remarquer que le système de barrages qui a obtenu le plus grand succès dans ce dernier pays est celui imaginé par M. Chanoine.

Pendant que le colonel Merrill employait tous ses soins à aplanir les difficultés légales pour l'établissement des barrages mobiles de l'Ohio, le colonel Craighill construisait de semblables ouvrages sur le Great Canawha.

En recommandant l'adoption du système Chanoine dans le district dont il était chargé, M. Craighill s'exprimait ainsi (le 30 avril 1875) : « L'adoption des barrages mobiles du genre de ceux employés sur la Seine et décrits dans le rapport de MM. Weitzel et Merrill me paraît être le moyen le plus efficace de remplir le but qu'on se propose.

» De cette façon on pourra rendre la navigation possible pendant une durée d'au moins six mois chaque année. Ce système n'a pas encore été essayé dans notre pays, mais il est employé avec succès en France et il me semble qu'il peut être appliqué dans des conditions favorables sur le Kanawha. Je suis donc d'avis d'employer les barrages système Chanoine près de Brownstown, et sur d'autres points en aval et en amont. Si on me charge de faire cette application, je profiterai des conditions locales pour construire une écluse avec barrage mobile près de Brownstown; je donnerai à l'écluse une longueur dans œuvre de 90 mètres, une largeur de 15 mètres avec un sas d'environ 2<sup>m</sup>,40. Le barrage offrira pour la navigation une passe de 75 à 90 mètres disposé suivant le plan de M. Chanoine et la dépense peut être estimée à 236,000 dollars. »

Le projet ainsi conçu ayant été approuvé, on passa des traités pour la construction des barrages de Brownstown.

A l'emplacement choisi pour la construction de l'écluse le fleuve a une largeur, aux basses eaux, de 172<sup>m</sup>,50. Les rives ont des hauteurs de 13<sup>m</sup>,50 à 15 mètres, et la largeur entre leurs crêtes atteint 240 mètres. La profondeur moyenne du fleuve (toujours aux basses eaux) est de 1<sup>m</sup>,20. La passe navigable mesure 75 mètres de longueur et le déversoir 79<sup>m</sup>,60.

On commença le dragage de la passe le 19 septembre 1877 et la construction du batardeau le 26 du même mois. L'écluse fut terminée en août 1878. Quant au barrage, il fut achevé le 1<sup>er</sup> novembre 1879 : à cette époque, il était prêt à recevoir les chassis.

Il résulte de ces faits que, pendant qu'on remplissait les formalités nécessaires pour l'établissement des barrages, système Chanoine, sur le fleuve Ohio, des barrages de ce genre étaient construits et mis en service sur le Kanawha.

On obtient, enfin, l'autorisation de construire un barrage Chanoine, à l'emplacement de l'île Davis, à 5 1/2 milles en aval de Pittsburg.

Les travaux furent commencés effectivement le 19 août 1878. Après avoir fait subir à l'avant-projet de nombreuses modifications, on s'arrêta aux dimensions suivantes qui étaient les plus favorables, eu égard aux exigences de l'immense trafic de la contrée.

Dimensions de la chambre d'écluse dans œuvre: 180 <sup>m</sup> ×33	
Longueur de la passe navigable (avec busc sur le lit du fleuve).....	167 <sup>m</sup> ,7
Longueur du déversoir n° 1 (sablière à 0 <sup>m</sup> ,30 au-dessus du lit)	67 <sup>m</sup> ,2
— — n° 2 — — 0 <sup>m</sup> ,60 — —	67 <sup>m</sup> ,2
— — n° 3 — — 0 <sup>m</sup> ,90 — —	64 <sup>m</sup> ,8
Longueur totale du chenal principal.....	366 <sup>m</sup> ,9
— y compris les piles.....	378 <sup>m</sup> »
Barrage fixe à travers la passe non navigable, longueur :	136 <sup>m</sup> ,8
Nombre de châssis (3,6375×1,125) de la passe navigable ....	139
— (3,3375×1,125) du déversoir n° 1.....	56
— (3,1375×1,125) — n° 2.....	56
— (2,7375×1,125) — n° 3.....	54
Total.....	305
Châssis supplémentaires.....	27

L'intervalle existant entre les châssis, d'axe en axe, est de 1<sup>m</sup>,20, et le jeu entre deux châssis consécutifs est de 0<sup>m</sup>,075.

Ces travaux furent complètement terminés en 1883, et on obtint des résultats fort satisfaisants.

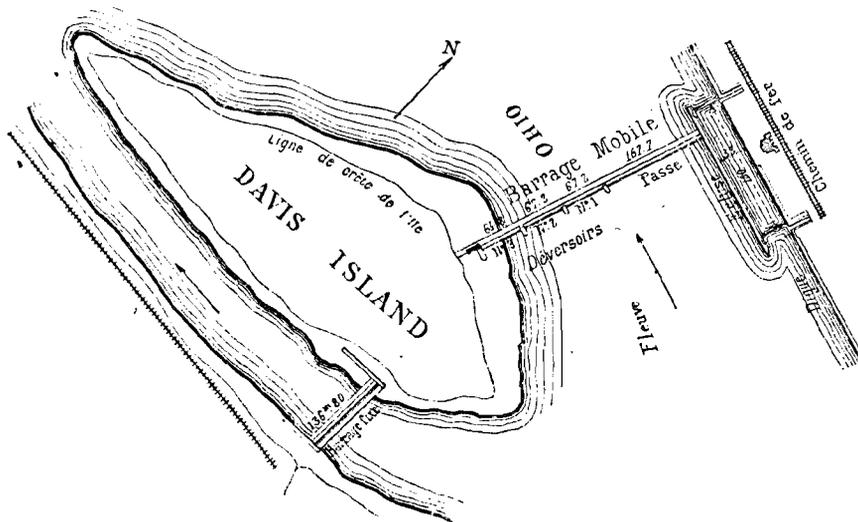


Fig. 1. — Plan du barrage éclusé de l'île Davis (Système Pasqueau).

On ne connaît qu'approximativement le montant total des dépenses ; ces dépenses peuvent être évaluées à 1,119,000 dollars.

Un autre barrage (système Chanoine perfectionné) fut construit sur le Kanawha, à 4 milles en aval de Charleston et à 54 milles en amont de l'embouchure du fleuve. Il a également donné d'excellents résultats.

Comme le système Chanoine a été adopté après mures délibérations par les ingénieurs américains pour l'amélioration de la navigation des fleuves ; comme il a d'ailleurs été appliqué avec succès sur les fleuves Ohio et Kanawha, il nous paraît intéressant d'en faire une courte description et d'indiquer aussi les modifications qu'on lui a fait subir.

Les éléments constitutifs du barrage mobile consistent en châssis supportés par des chevalets munis d'étauçons.

Les châssis sont des panneaux rectangulaires de dimensions variables pivotant autour d'un axe horizontal, placé, dans le cas des déversoirs à une distance du seuil de la passe, égale au 1/3 de la hauteur du châssis, et, dans le cas des passes naviga-

bles, à une distance du seuil de la passe égale au 7/12 du châssis.

Le même axe horizontal est articulé avec le sommet d'un châssis en fer dont l'extrémité inférieure peut également tourner autour d'un axe horizontal fixé au niveau du seuil du barrage.

Le châssis en fer ou chevalet est donc maintenu dans une position presque verticale par l'étauçon qui, lui, est incliné à 37° sur l'horizon, et dont le pied vient buter contre un bloc de fonte appelé heurtoir. Ce heurtoir qui doit résister aux pressions qui s'exercent sur le barrage, est solidement boulonné sur le seuil de ce dernier.

On comprend que si on vient à tirer le pied des étauçons au moyen d'une longue barre de fer, s'étendant sur toute la largeur du barrage, on fait basculer ces étauçons et que les chevalets, et par suite les panneaux, se couchent sur le seuil, de façon à laisser la passe libre.

La barre qui permet de faire basculer ainsi les chevalets est commandée par un mécanisme placé sur le bord du fleuve, et munie de tasseaux saillants appelés butoirs. Sur cette même barre se trouvent des contre-butoirs qui ont pour but d'empêcher les étauçons d'être renversés par des corps flottants quand le barrage est fermé.

Les panneaux sont relevés à l'aide d'un treuil placé dans un canot ou sur un pont de service.

Le succès du système, dont le principe vient d'être décrit, dépend de la bonne harmonie des diverses parties du mécanisme.

Il faut également que les manœuvres se fassent avec ensemble et précision.

Quoi qu'il en soit, l'application de ce système de barrage sur le Kanawha, pendant les années 1880 et 1881, a donné lieu à un rapport du capitaine Ruffner, où il est dit : « Bien que pour manœuvrer ces barrages on ait eu à surmonter des difficultés, il n'est pas arrivé d'accidents sérieux ».

Cependant le système des barres à bascule présente des inconvénients sérieux ; à certains moments, elles sont encombrées de pierres, de graviers, de sable, de débris de bois, etc. Aussi, lorsque le barrage est ouvert, il faut un temps et une peine infinies pour mettre les barres en état, relever les chevalets et redresser les panneaux.

En outre, il arrive parfois que le mouvement de bascule ne se fait pas, parce que l'étauçon ne se trouve pas à son emplacement voulu contre le heurtoir ; il faut alors procéder à une manœuvre lente et difficile pour renverser les panneaux.

Il est vrai que l'on peut parer, dans une certaine mesure, à cet inconvénient, en faisant visiter minutieusement chaque étauçon par un plongeur, mais on peut aussi oublier d'en vérifier quelqu'un, et, en tout cas, cette visite cause une grande perte de temps.

Le capitaine Ruffner, en terminant son rapport, disait, qu'à son avis l'adoption des heurtoirs du système Pasqueau produirait de bons résultats et qu'il conviendrait d'en faire l'essai aussitôt qu'on le pourrait.

M. A. M. Scott, ingénieur-adjoint, en parlant des manœuvres faites à l'aide de la barre à bascule aux passes n° 4, s'exprime encore plus nettement au sujet de leurs inconvénients. Il résulte des faits qu'il rapporte que, pendant l'année 1882-83, le barrage a été abaissé six fois et relevé sept fois. Le

nombre total des manœuvres a donc été de treize. Le temps minimum employé au relevage a été de sept heures trente minutes. On a mis au moins une heure quarante-cinq minutes pour l'abaisser. Ce n'est que deux fois, en le relevant, et trois fois, en l'abaissant, que les opérations ont marché d'une façon normale. Dans les huit autres cas, il y a eu des accidents dans le fonctionnement du mécanisme. Sans doute, fait-il remarquer, ces défauts proviennent-ils de l'augmentation de longueur des passes et de la hauteur trop grande donnée aux panneaux. Mais cette hauteur considérable était absolument nécessaire, eu égard aux conditions locales ; il fallait, en effet, assurer la navigation des grands remorqueurs qui fréquentent les fleuves de l'Ouest.

Il faut considérer que la passe la plus longue à laquelle le système Chanoine ait été appliqué à l'étranger, est celle de Melun. Cette passe mesure 64 mètres ; elle comporte 50 panneaux de 2<sup>m</sup>,85 de hauteur. Le déversoir le plus long est celui du Coudray : il mesure 68<sup>m</sup>,97 de longueur et il a 50 panneaux de 3<sup>m</sup>,07, ce qui ne donne pour chacun des 50 panneaux de ce barrage et de ce déversoir qu'une surface pressée par l'eau respectivement égale à 0<sup>m</sup>,30365 et 0<sup>m</sup>,30257, lorsque les panneaux sont relevés et que le niveau de l'eau de retenue est arrivé à son maximum de hauteur. Tandis qu'au barrage n° 5 de la Kanawha il y a 62 panneaux, ayant chacun les dimensions suivantes : 4<sup>m</sup>,125 × 1<sup>m</sup>,10, ce qui donne, pour la surface soumise à la pression de l'eau, environ 0<sup>m</sup>,3045. La pression, exercée ainsi sur chaque élançon, se trouve supérieure de 25 0/0 à celle qui s'exerce sur cet élançon dans les divers barrages construits en France.

À l'origine, la passe n° 5 du barrage sur la Kanawha a été partagée en deux sections. Les appareils compris dans chacune de ces deux sections étaient manœuvrés chacun par une barre à bascule, ayant l'une 43<sup>m</sup>,6 et l'autre 36 mètres de longueur.

Quoi qu'il en soit, on peut conclure des faits qui précèdent que le système Chanoine n'est plus d'une application facile lorsqu'on a affaire à des fleuves dépassant une certaine largeur, ainsi que le cas se présente en Amérique. Heureusement que l'invention du heurtoir Pasqueau permet d'améliorer le système primitif ; on peut même dire que ce heurtoir, adopté par les ingénieurs du Gouvernement, a sauvé le système Chanoine de nombreux embarras et l'a affranchi de ses défauts.

L'auteur du travail que nous reproduisons ici cite des passages du rapport de M. le capitaine Ruffner et de M. Scott, ingénieur-adjoint, au sujet de l'application du heurtoir Pasqueau au barrage éclusé n° 5 du Kanawha. Ces ingénieurs expliquent comment se sont effectuées les manœuvres et donnent le temps qu'elles ont exigé.

(Nous ne croyons pas utile de reproduire ces différentes relations ; dans la note insérée dans notre n° 63 du mois de mars 1885, nous en avons donné déjà l'analyse. En tout cas, il est utile de constater que les manœuvres s'effectuèrent facilement et d'une façon très satisfaisante).

Il est clair, dit M. Scott, que, même dans des circonstances difficiles, s'il existait partout des heurtoirs Pasqueau, on pourrait ouvrir le barrage sans encombre, dans un espace de temps de 9 heures 40 minutes.

De ces faits, on doit donc conclure que le système Pasqueau offre une supériorité incontestable sur le système Chanoine avec barres à bascule, et que, par suite, il convient non seulement d'adopter le premier de ces deux systèmes dans les constructions nouvelles, mais encore de l'appliquer aux barrages existants dans le plus bref délai possible.

La même opinion se trouve exprimée dans un ouvrage publié en 1884, par M. Mahan, collaborateur du colonel Merrill pour le barrage éclusé de l'île Davis.

(Nous ne croyons pas devoir reproduire ici la description du système Pasqueau donnée par l'auteur du mémoire, attendu que nous avons publié déjà des dessins et un article fort complet à ce sujet dans notre n° 31 de juillet 1882, à l'occasion de la construction du barrage de La Mulatière à Lyon.)

Mais ce qu'il importe de faire remarquer, c'est que M. Mahan

signale comme fort avantageux dans le système Pasqueau : la possibilité de manœuvrer chaque panneau indépendamment des autres. Il en résulte que si l'un de ces panneaux refuse d'obéir, il n'annihile pas l'action des panneaux voisins, et d'ailleurs, il est facile d'abaisser l'élançon récalcitrant en agissant sur lui à l'aval du barrage. Enfin, avec le système Pasqueau, il devient possible de donner à la passe telle largeur que l'on désire. Une application en a été faite au barrage de l'île Davis.

Avec le système des barres à bascules, il faut se servir de deux barres manœuvrant en sens opposé pour fermer une passe de 47<sup>m</sup>,25 de large. La limite de largeur à donner aux passes est ainsi de 48 mètres ; au-delà de cette limite, il faut établir des piles intermédiaires. En France, les barres les plus longues ont 30 mètres et même, dans ce dernier cas, on est obligé de disposer le mécanisme de façon à abattre 5 ou 6 panneaux à la fois.

Au barrage de l'île Davis, la passe navigable a 120 mètres de longueur : c'est le minimum que l'on puisse adopter, étant données les exigences de la navigation sur le fleuve Ohio.

Lorsqu'on dressa les projets primitifs, on dut prévoir l'emploi de deux barres de 60 mètres de longueur chacune ; mais l'expérience acquise par les ingénieurs du Kanawha, qui avaient expérimenté sur ce fleuve des barres de 42<sup>m</sup>,6 et de 36 mètres de longueur, a fait rejeter cette combinaison, et on décida alors l'application du heurtoir Pasqueau. Le dessin n° 1 donne le plan du barrage éclusé de l'île Davis.

Le colonel Merrill évalue à 7,474,623 dollars la dépense d'établissement des 13 barrages projetés entre Pittsburg et Wheeling.

Dans une brochure publiée par la chambre de commerce de Pittsburg, il est dit :

L'achèvement du barrage de l'île Davis constitue une grande extension au service de la navigation. Il permettra en effet d'assurer ce service, qui est fréquemment entravé par suite de l'abaissement fréquent du plan d'eau. Pendant les 60 0/0 de l'année, la navigation est impossible, ce qui immobilise un matériel énorme et cause, par suite, une perte d'argent considérable.

Avec le système Pasqueau-Chanoine, employé maintenant par le Gouvernement américain, on peut considérer comme résolu le problème de l'amélioration de tous les cours d'eau de l'ouest.

**Conduites d'eau en tôle.**— Ces conduites présentent un avantage sérieux lorsqu'il s'agit de créer des canalisations d'eau dans des contrées où l'on ne possède aucun matériel et lorsqu'il faut, par suite, prendre en considération la question des transports. Ainsi, on a posé dans la ville de Kimberley (Afrique-Méridionale), 28 kilomètres de tuyaux en tôle de 35 centimètres de diamètre et de 6 millimètres d'épaisseur maxima, devant résister à une charge de 150 mètres d'eau. Les joints étaient faits avec des brides en fer ; sur 6000 joints 3 seulement ont manqué. La ville est à 800 kilomètres de la côte et le transport depuis le lieu du débarquement jusqu'au lieu d'emploi, n'a pas coûté moins de 500 francs par tonne. Cette circonstance justifie le choix qui a été fait de la tôle pour l'établissement de la canalisation. Mais il est à remarquer que, même dans les pays où l'on peut choisir indifféremment tel ou tel système de tuyaux, les conduites en tôle sont avantageuses dès que le diamètre et la pression dépassent certaines limites. En effet, les brides qui garnissent les extrémités des tuyaux de fonte sont pour ces derniers une cause de faiblesse et on sait que l'on ne peut avoir une confiance absolue dans la résistance de ce métal. On constate souvent que des tuyaux de fonte se rompent sous des charges bien inférieures aux limites de résistance assignées à la fonte. Nous citerons l'exemple de ruptures de tuyaux de fonte de 1<sup>m</sup>,20 et de 0<sup>m</sup>,90 de diamètre sous des efforts variant de 21 à 97 kilog. par centimètre carré. Il s'agissait de conduites ayant subi avec succès les épreuves réglementaires ; la rupture s'est produite sans cause apparente après un certain nombre d'années de service. Il faut donc conclure de ces faits qu'on arriverait facilement à faire des tuyaux en fer laminé, sans rivure longitudinale, qui donneraient une entière sécurité.

**Endiguement de la petite Weser à Brême. — Type de digue métallique.** — Nous donnons ci-après la description d'un travail d'endiguement exécuté sur la petite Weser à Brême. Il s'agissait de remplacer une ancienne digue en bois; grâce aux circonstances locales, comme le prix d'une digue en métal ne revenait pas plus cher qu'une digue en bois, on choisit le premier mode de construction.

cette disposition, la force horizontale de la poussée du remblai est transformée en une force dirigée de bas en haut et appliquée contre la plaque; cette dernière oppose à cette force la résistance due à son poids. Les attaches des rails avec les ancrages sont disposées de telle sorte que chaque montant se trouve relié 4 fois. On compte un ancrage par deux panneaux. Des tendeurs permettent de régler la tension des tiges de trac-

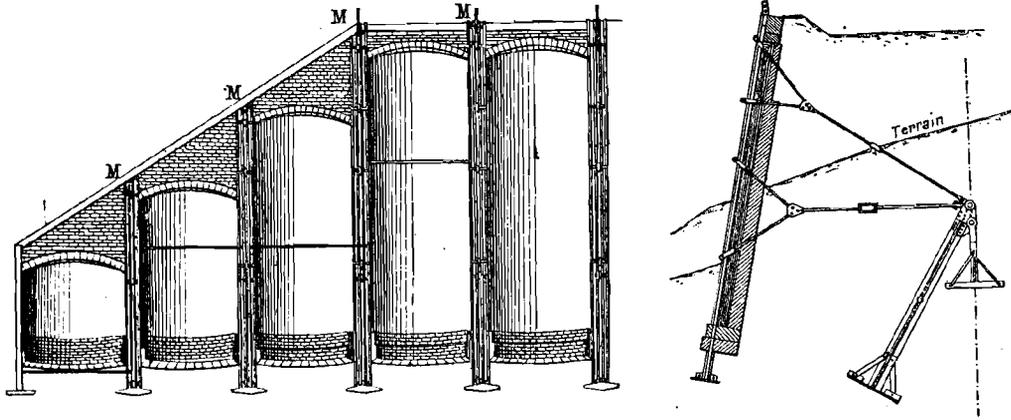


Fig. 1 et 2. — Élévation de la digue métallique et coupe transversale montrant le mode d'ancrage.

Cette digue constitue une espèce de batardeau; elle se compose de montants verticaux MMM..., réunis entre eux par des arcs en maçonnerie de briques, ainsi que le montrent les fig. 1 et 2. Chaque montant est formé de deux vieux rails dont les patins sont rivés l'un à l'autre avec un jeu de 3 centimètres. Au pied de ces montants, on a fixé des embases formées de fers plats et de fers à cornières présentant une surface d'appui de 0<sup>m</sup>2,25. A l'extrémité supérieure de ces mêmes montants, on a placé une tige qui servira ultérieurement de garde-fou.

Les montants situés aux extrémités de cette digue sont moins hauts que les montants du milieu, attendu que la digue est terminée de chaque côté par un talus; on les a donc construits en fers cornières de forte dimension. L'écartement des montants est de 2<sup>m</sup>,075 d'axe en axe; ils ont une inclinaison de 1 de base pour 5 de haut.

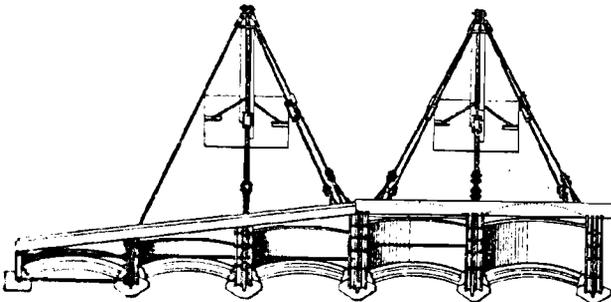


Fig. 3. — Plan de la digue.

Les embases des montants sont à 1 mètre au-dessous du niveau de l'étiage. L'espace compris entre ces montants est rempli, ainsi qu'il a été expliqué plus haut, par un mur en maçonnerie de briques; ce mur a une forme cylindrique; il est fait avec un mortier de ciment pur et a reçu sur sa face postérieure un enduit de ciment. La digue est consolidée par un système d'ancrages (voir fig. 2 et 3) disposé d'une façon symétrique afin de rendre possible une prolongation ultérieure de la digue. Les points d'attache de l'ancrage sont formés d'un pieu incliné à semelle et d'une plaque d'ancrage horizontale suspendue par articulation à l'extrémité supérieure du pieu incliné. Grâce à

tion qui réunissent les montants à l'ancrage, et de la rendre uniforme sur toute l'étendue de la digue. On a donné aux différentes parties de ce système des dimensions plus grandes que celles exigées par le calcul, afin de tenir compte de l'oxydation éventuelle des fers.

Toute cette construction a coûté 7,750 fr., ce qui donne par mètre courant : 228 fr. 75.

Le seul reproche qu'on peut adresser à la solution adoptée réside dans la destruction de l'ouvrage par suite de l'oxydation des parties métalliques. On estime que cette destruction ne se produira que dans une vingtaine d'années. Il est d'ailleurs possible de remédier jusqu'à un certain point à ce défaut en étamant les parties métalliques au zinc.

(Centralblatt der Bauverwaltung.)

**Le chemin de fer du Soudan.** — Dans le numéro 42 du mois de juin 1883, nous avons donné la description d'un projet de chemin de fer à établir dans le Soudan; ce projet avait été conçu par l'un de nos compatriotes, M. Vossion, actuellement vice-consul à Rangoon, et qui avait longuement étudié cette question pendant son séjour à Khartoum.

Les Anglais ont eu dernièrement à examiner ce projet. Ils ont pensé qu'il y aurait un intérêt considérable pour eux à construire le plus rapidement possible un chemin de fer reliant le port de Souakim à Berber, situé dans l'intérieur des terres.

On a fait valoir, en faveur de la mise à exécution de cette voie ferrée, non seulement l'utilité qu'en retirerait immédiatement l'armée anglaise alors qu'elle opérerait au Soudan, mais aussi les avantages que présenterait la ligne à un point de vue purement commercial.

Voici les renseignements que donne à ce sujet l'Engineer :

Souakim est un port de la mer Rouge, distant à vol d'oiseau de 240 milles (286 kilom.) de Berber; cette dernière ville est elle-même éloignée de 258 kilom. de Khartoum. Les obstacles que l'on rencontre pour l'établissement d'un chemin de fer sont considérables. Le désert qui se prolonge à quelque distance dans l'intérieur de l'Afrique, est relativement plat et sablonneux, mais le terrain s'élève bientôt, et, à une distance de 45 kilom. de Souakim, on atteint l'altitude de 540 mètres au-dessus du niveau de la mer, ce qui représente une déclivité régulière de 0<sup>m</sup>,012 par mètre. Cependant, en réalité, il faut compter sur des rampes plus fortes.

Tambouk est la première localité que l'on rencontre lorsqu'on se dirige de Souakim vers Berber, c'est donc la première station de la ligne. Es Sibil, qui est situé à 32 kilom. plus loin dans l'intérieur des terres, constitue un autre point important : on se trouve alors sur un plateau de gravier situé à l'altitude de 810 mètres au-dessus du niveau de la mer, c'est-à-dire à 270 mètres au-dessus de Tambouk. A 36 kilom. plus loin, on atteint Haratri à la cote 855 mètres. On traverse donc, de Es Sibil à Haratri, un pays presque plat. Mais à Haratri se trouve un passage difficile; il faut franchir un défilé et on descend ensuite dans une large plaine dont le sol est composé de gravier : cette plaine est à la cote 600 mètres.

On rencontre, à 53 kilom. d'Haratri, un nouveau défilé, puis on descend une pente pour aboutir à Arieb, situé à 43 kilom. plus loin et ensuite à Berber, situé à 177 kilom. Le parcours de Berber à Arieb se fait presque en palier, puisque cette dernière ville est à la cote de 375 mètres au-dessus du niveau de la mer.

La longueur totale du chemin de fer projeté, qui n'est que de 386 kilom. à vol d'oiseau, est en réalité de 418 à 420 kilom., si l'on tient compte des courbes et des déviations inévitables.

Il est évident que l'existence de ce chemin de fer eût été, pour les Anglais, d'une utilité immense. En effet, les troupes cheminant à pied dans ces régions, ne peuvent faire plus de 16 kilom. par jour; il leur faut donc à peu près vingt-cinq jours pour se rendre de Souakim à Berber, en supposant, bien entendu, qu'elles n'aient aucune bataille à livrer. Avec un chemin de fer, quelque mauvaises que soient ses conditions d'établissement, on peut parcourir facilement 8 kilom. par heure, et en marchant ainsi dix heures par jour, on peut atteindre Berber en trois journées. On voit immédiatement, sans que nous ayons besoin d'insister, qu'au point de vue stratégique l'exécution du chemin de fer s'imposait aux Anglais.

En ce qui concerne les détails de cette exécution, il est évident qu'il y aurait tout avantage à employer des rails légers, pesant environ 10 kilogr. par mètre courant, posés sur des traverses métalliques légères posées directement sur le sol.

La voie serait de largeur réduite : cette largeur ne devrait pas dépasser 0<sup>m</sup>,75. Il y a un grand intérêt à réduire autant que possible la largeur de la voie, car on diminue ainsi le poids des traverses, et, par suite, on simplifie la question du transport du matériel nécessaire à la construction, ce qui, dans l'espèce, est une condition du succès.

Le problème le plus difficile à résoudre sera, sans aucun doute, celui de l'alimentation des machines en eau et en combustible. On ne trouvera, en effet, aucun combustible à Berber, et, dès lors, les machines devront effectuer, sans renouveler leur provision, un parcours de 840 kilom., représentant le trajet, aller et retour, de la ligne entière.

En admettant, pour de petites machines (dans l'hypothèse d'une voie étroite), une consommation de 6 kilogr. de houille par kilom., on arrive à une consommation de 5,000 kilogr. de combustible pour le parcours ci-dessus indiqué.

Les véhicules à employer pour le transport des troupes sont, à vide, environ 2,540 kilogr.; ils peuvent contenir vingt hommes, ce qui représente, y compris les bagages et l'armement, un poids total de 4,320 kilogr.

Un train composé de 25 véhicules, pouvant transporter 500 hommes, pèsera donc 100 à 110,000 kilogr., et pourra être remorqué par une machine pesant 10,000 kilogrammes.

La promptitude d'établissement de la ligne en question, est la première condition à remplir. Or, on compte pouvoir poser au plus 3,500 mètres de voie par journée, ce qui exige un travail de quatre mois; il est donc probable qu'au point de vue stratégique, le chemin de fer sera pas maintenant d'une grande utilité. Il n'en aurait pas été de même si on avait exécuté le projet l'année dernière, car, à l'aide de ce puissant moyen de transport, on aurait certainement pu venir, en temps utile, au secours de Khartoum, ce qui eût évité à l'Angleterre un désastre.

D'après les renseignements qui nous sont parvenus récemment, la construction du chemin de fer de Souakim à Berber, a été confiée à MM. Aird et Lucas, les grands entrepreneurs des Victoria and Albert Docks.

Le matériel nécessaire à la construction de 8 kilom. de voie ferrée (matériel fixe et matériel roulant) est embarqué sur un navire. Douze navires sont en voie de chargement, représentant 98 kilom. de voie. On dit que les travaux continueront pour compte de l'Italie, qui se propose d'intervenir au Soudan, (Engineer.)

**Les rails les plus lourds.** — Le New-York Central est la ligne sur laquelle on emploie le rail le plus lourd. Sur une section d'environ 5 milles de longueur, la circulation est extrêmement active; aussi a-t-on composé la voie de rails pesant 36<sup>k</sup>,287 grammes par yard. Le yard valant 0<sup>m</sup>,91, le poids du rail ressort à 30<sup>k</sup>,876 par mètre courant.

La hauteur de ce rail est de 0,1265, la largeur du champignon de 0<sup>m</sup>,0671 et la largeur du patin de 0<sup>m</sup>,1211. (Fig. 1.)

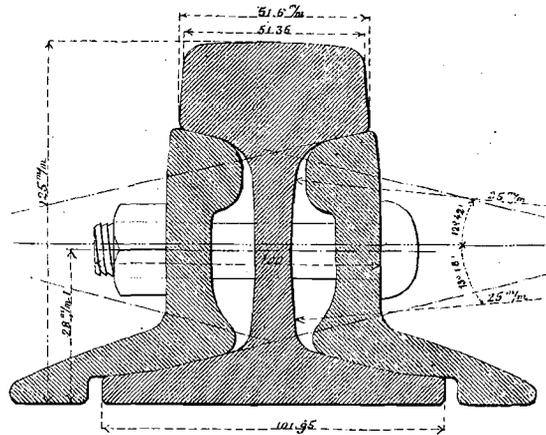


Fig. 1.

Le champignon est très large et plat; au contraire le patin est d'une force et d'une épaisseur relativement plus grandes que dans les types de rails courants et étroit eu égard à la hauteur du rail.

Les dimensions du rail ont été calculées en vue de résister à l'usure. On avait d'abord décidé de lui donner une très large base afin d'empêcher le cisaillement des traverses, mais on a rencontré des difficultés de laminage qui ont contraint de renoncer à ce projet.

En examinant la question de plus près, on reconnut que la pression supportée individuellement par chaque traverse diminue à mesure qu'on augmente la force du rail attendu que le poids supporté par le rail se répartit alors sur plusieurs traverses consécutives.

On étudia donc le rail en ayant pour objectif de lui donner une grande résistance dans le sens vertical. A ce point de vue on a réussi puisque sa résistance est estimée dépasser de 42/0 celle du rail employé sur les autres sections du New-York Central.

Le rail en acier laminé le plus lourd qui existe est celui de M. Baker; il est employé sur le Métropolitain de Londres : il a été calculé en vue d'obtenir une répartition de la charge sur plusieurs traverses consécutives, mais on a pensé que pour arriver à cette répartition il convenait de lui donner un large patin. Comme on le voit, en Amérique on a cherché à atteindre le même résultat, non pas en augmentant la largeur du patin, mais en augmentant la résistance du rail dans le sens vertical.

La largeur inusitée donnée au champignon a pour but de prolonger la durée du rail. On pense également qu'en roulant sur un champignon d'une grande largeur, les bandages s'usent

moins. Les résultats de l'expérience paraissent confirmer les prévisions de la théorie.

On a donné une grande force au patin du rail afin de tenir compte de l'usure par oxydation ou corrosion du métal au point de contact avec les traverses. On a trouvé dans les tunnels et dans d'autres parties où la voie est toujours humide des rails tellement oxydés que les bords des patins n'avaient plus que l'épaisseur d'une lame de couteau.

La fig. 1 qui donne la coupe transversale du rail indique en même temps comment se fait l'assemblage au joint.

(*Railroad Gazette.*)

**Le port de Fiume.** — Ce port dans lequel on a effectué des travaux considérables pendant ces dernières années, prend un développement constant, et l'administration se trouve obligée, en conséquence, de procéder à de nouveaux travaux.

Ces travaux ont été l'objet d'une étude attentive, mais il est question d'apporter certaines modifications aux projets primitifs, attendu que la marine se plaint que l'entrée du port est fort défectueuse et qu'elle est même dangereuse lorsque souffle le sirocco.

En présence de ces réclamations, on ouvrit une enquête officielle, afin d'être bien fixé sur les améliorations qu'il convenait de réaliser dans l'étude du nouveau projet.

Les résultats généraux de l'enquête ont été les suivants :

On a résolu de conserver le système suivi jusqu'ici pour la construction des môles, des brise-lames et des jetées ; ce système qui a donné de bons résultats à Fiume, consiste, comme on sait, dans l'emploi de blocs artificiels en maçonnerie.

On a décidé la construction de plusieurs nouveaux môles et l'établissement d'un phare à l'extrémité de la jetée qui constitue la digue de protection du port. En ce qui concerne l'emplacement et la disposition à donner aux entrepôts, il a été décidé que ces constructions seraient établies de telle façon que les marchandises puissent être déchargées directement des navires dans les magasins sans occasionner de frais importants. On munira donc ces entrepôts de tout un outillage, permettant d'opérer facilement et promptement les manœuvres en question. Les entrepôts à un seul étage sont évidemment les meilleurs, mais comme on manque de place, on sera contraint de construire ces bâtiments à 4 étages, ce qui augmentera les frais pour ceux qui entreposeront les marchandises au 4<sup>e</sup> étage.

(*Bulletin de la Société des ingénieurs et architectes de Vienne.*)

**Nouveau système de construction pour les parois des caissons métalliques.** — Nous avons traité ici, à plusieurs reprises, la question des caissons de fondation.

On se rappelle que nous avons décrit le système Montagnier, qui consiste dans l'emploi des caissons démontables et, par suite, qui permet de construire les maçonneries de fondation sans y laisser de pièces métalliques.

Ce système est combattu par plusieurs constructeurs, et nous avons reproduit les principales critiques qui nous ont été données à ce sujet, notamment par M. Schmolli, entrepreneur de travaux publics, à Vienne (Autriche).

Nous croyons donc qu'on lira avec intérêt l'extrait suivant d'un article publié sur ce sujet, par le Bulletin de la Société des Ingénieurs et Architectes de Vienne :

Bien des moyens ont été proposés, dit l'auteur de cet article, pour réduire autant que possible les dépenses résultant de l'emploi des caissons métalliques. On a cherché à construire ces caissons de telle manière qu'ils puissent être enlevés après l'exécution des fondations, afin d'être employés pour la construction d'autres fondations. Ce système a été mis en pratique en 1853-56, pour l'exécution de la pile centrale du pont de Saltash, sur la rivière Tamar.

L'enveloppe cylindrique du caisson qui avait un diamètre de 11<sup>m</sup>.30, fut déboulonnée sur une hauteur de 17 mètres et élevée.

On peut encore citer comme exemple de procédés du même genre : la construction des quais d'Anvers, par MM. Couvreur et Hersent ; celle d'un mur de quai de 200 mètres de longueur, pour protéger la villa Farnese à Rome, pendant les travaux de régularisation du Tibre en 1882.

Les fondations de ce mur de quai furent exécutées à l'aide de caissons de 20 mètres de longueur, de 4<sup>m</sup>.80 de largeur et de 9 mètres de hauteur, placés les uns à côté des autres. Sur les sept premiers mètres de hauteur, la maçonnerie était faite de pierres de tuf calcaire brutes, et, sur les deux mètres restants, avec des pierres de taille.

Ces caissons qui servaient plutôt de protection pour la maçonnerie que de batardeau, attendu que les murs étaient construits à sec, avaient leurs parois composées de bandes verticales de tôle de 60 cent. de largeur, intercalées entre deux fers plats rivés ensemble. On n'avait pas calfaté les joints, puisque le caisson n'avait pas besoin d'être étanche.

Lorsque les fondations étaient terminées, on démontait les parois du caisson et les pièces dont ces parois étaient composées pouvaient servir de nouveau.

L'auteur de l'article que nous analysons, M. Gaertner, frappé des bons résultats que l'on obtenait en opérant ainsi, s'efforça de construire une enveloppe étanche pouvant se démonter facilement, et voici comment il y arriva.

L'enveloppe du caisson est formée de plaques de tôle rectangulaires ayant 5 millimètres d'épaisseur, 0<sup>m</sup>.79 de largeur et 2 mètres de longueur. Ces plaques sont réunies les unes aux autres par un double éclissage en tôle. Les éclisses consistent en fers plats de 150/12 millimètres.

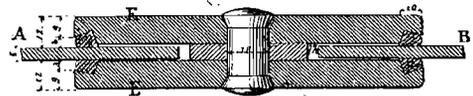


Fig. 1.

La fig. 1 donne la coupe horizontale d'un joint. On voit que les deux feuilles de tôle contiguës, A et B sont assemblées ainsi que nous venons de l'expliquer à l'aide de deux éclisses EE. Entre les deux bords des feuilles en question, se trouve une fourrure de 50 millimètres de longueur. Enfin, entre les feuilles et cette fourrure, on laisse un intervalle de 7 millimètres. On remarquera aussi qu'aux extrémités des éclisses on a pratiqué une rainure qui est remplie, après le montage, d'un calfatage en chanvre.

Il est bien entendu que les dimensions des divers éléments de cette construction peuvent varier suivant les cas, mais ce qu'il importait de signaler, c'est la méthode employée pour constituer l'enveloppe étanche.

Cette méthode a été appliquée en 1883-1884 pour la confection des enveloppes protectrices des fondations par caissons des deux culées et des deux piles centrales du pont de Wisloca près de Dembica, sur le chemin de fer Charles-Louis en Galicie.

Suivant les profondeurs de ces fondations et l'altitude des terrains, on employa de 4 à 5 rangées d'enveloppes mobiles, mesurant chacune 2 mètres de hauteur au-dessus des caissons des piles.

Lorsque les fondations d'une pile étaient terminées et que les maçonneries étaient parvenues à une hauteur suffisante, on démontait ces enveloppes pour les faire resserrer à la construction des maçonneries de la pile suivante. On réemploya ainsi 4 fois ces sortes de batardeaux.

Afin d'éviter que les têtes de boulons et autres parties saillantes de la construction métallique ne soient noyées dans la maçonnerie, on laissait entre la paroi extérieure de la pile et la paroi intérieure du caisson un intervalle de 5 centimètres qui était rempli de sable au fur et à mesure de l'avancement du travail.

L'enlèvement de l'enveloppe métallique se faisait à l'aide de plusieurs verins agissant sur un appareil de traction construit spécialement.

Cette enveloppe étant assemblée, bien entendu, avec le caisson à air comprimé qu'elle surmontait, on était forcé pour la séparer de ce dernier caisson, d'arracher l'assemblage, ce qui se faisait toujours facilement en exerçant une pression verticale dirigée de bas en haut à l'aide d'un verin.

Le poids total de l'enveloppe, y compris les éclisses et autres pièces d'assemblage, était de 93 kilogrammes par mètre carré pour les anneaux inférieurs et de 76 kilogrammes par mètre carré pour les anneaux suivants.

Lorsque l'on a ainsi démonté l'enveloppe métallique, les plaques de tôle qui la composent ont nécessairement subi un certain gauchissement. Il faut alors les redresser; c'est ce qui nécessite l'emploi de tôles de qualité supérieure. Quant aux éclisses, elles ne sont jamais détériorées et peuvent, par conséquent, resservir sans subir aucune modification.

(Société des Ingénieurs et Architectes  
de Vienne (Autriche).)

**Déplacement d'une tour en maçonnerie.** — L'entrée du détroit de la Tay est éclairée par deux phares fixes à feux blancs, placés dans des tours ayant respectivement 31<sup>m</sup>,50 et 19<sup>m</sup>,50 de hauteur. Le chenal du fleuve ayant changé depuis 1865, époque de la construction de ces tours, on a été obligé de modifier la disposition des appareils optiques, de façon à diriger les faisceaux lumineux dans l'axe du nouveau chenal.

On résolut d'abord de placer la lanterne du phare sur une tour en charpente métallique mobile sur un chariot à roues; mais comme le mouvement des bancs de sable est très lent, on abandonna ce premier projet et on résolut de déplacer l'une des deux tours en maçonnerie. Cette tour est construite en maçonnerie de briques, elle a 5<sup>m</sup>,10 de diamètre à la base et son poids atteint 440 tonnes. Les fondations consistaient en 4 assises de pierres ayant chacune 3<sup>m</sup>,60 d'épaisseur, reposant sur le sable.

Le 5 mai 1884, on commença à entailler les maçonneries au-dessus des fondations, afin de pouvoir y placer les charpentes de glissement. Ces pièces sont au nombre de 7. Six de ces poutres de glissement avaient des surfaces planes; elles étaient munies de rebords en bois, afin d'empêcher les mouvements latéraux. La poutre placée au centre se composait de deux pièces posées l'une sur l'autre et entaillées en forme de V, afin de s'emboîter exactement.

Le sol sur lequel la tour devait se mouvoir, se compose de sable fin: à 0<sup>m</sup>,30 au-dessous de la surface, on trouve de l'eau.

Les poutres de glissement furent posées sur d'autres poutres transversales de 6<sup>m</sup>,60 de longueur et de 0<sup>m</sup>,225 sur 0<sup>m</sup>,112 de section; elles étaient écartées de 0<sup>m</sup>,0225 de façon à pouvoir placer des cales au-dessous.

Dans les parties où le terrain se tassait, il fallut établir un couvage formé d'un grillage composé de poutres longitudinales et transversales.

La maçonnerie de la tour, placée au-dessus des poutres de glissement, fut entourée de 4 ou 5 rangées de madriers en chêne soigneusement assemblés à leurs extrémités à l'aide de vis; entre la maçonnerie et cette sorte de revêtement en bois, on enfonçait des cales afin d'obtenir un serrage énergique.

A l'intérieur de la tour, on construisit, au même niveau que le revêtement extérieur, un cercle en fer très épais. Cette couronne était maintenue fortement appliquée contre les parois intérieures à l'aide de 8 étançons, rayonnant du centre à la circonférence. Toutes ces précautions étaient nécessaires pour éviter une rupture dans la maçonnerie.

Le 14 mai, les poutres de glissement étaient posées sous la tour. Aux extrémités de ces poutres, on enfonça 6 pilotis, et entre les abouts des poutres et lesdits pilotis, on intercala une poutre qui servait à exercer une pression sur celles-ci et, par suite, à obtenir leur déplacement longitudinal.

On employa pour cela 6 verins à main, manœuvrés chacun par deux hommes. La mise en marche se fit sans difficulté, et on n'eut plus besoin d'employer, pour continuer le mouvement, que 3 verins manœuvrés chacun par un seul ouvrier.

Il fallut très peu de temps pour opérer le déplacement de la tour, déplacement qui est de 3 mètres. On avait graissé les surfaces de glissement avec un mélange de suif, de savon noir et de plombagine.

La vitesse moyenne du mouvement a été de 0<sup>m</sup>,025 par minute.

On ne put empêcher le sable de se mêler à la matière lubrifiante, ce qui augmenta le frottement.

Lorsque la tour fut déplacée, on démolit les assises de pierres sur lesquelles elle reposait primitivement et on les remplaça au-dessous de l'emplacement nouveau occupé par ladite tour. Cette tour se trouve actuellement à 0<sup>m</sup>,175 au-dessus du niveau qu'elle occupait précédemment, aussi la surface glissante avait-elle dû être établie en rampe.

(Société des Ingénieurs civils anglais).

## Divers

**Le chauffage des voitures de chemins de fer par l'électricité.** — Nous avons donné, dans notre numéro 61 de janvier 1885, la description du procédé de chauffage des voitures de chemins de fer par un courant électrique, expérimenté, dans les ateliers de M. de Méritens. A ce propos, nous croyons intéressant de rappeler une disposition du même genre imaginée par M. Tommasi, il y a déjà quelque temps. Dans ce système, une machine dynamo, commandée par un essieu d'un fourgon, envoie le courant dans un circuit qui longe tout le train et sur lequel sont branchés les conducteurs qui relient chaque chaufferette et la traversent dans le sens de la longueur sous forme de spirales. Ces chaufferettes sont remplies d'une substance possédant une forte chaleur latente de fusion, telle que l'acétate de soude cristallisé, l'hyposulfite de soude ou même des matières solides diverses.

Avant le départ, les chaufferettes sont plongées dans l'eau bouillante, placées dans le train et reliées au circuit.

Lorsque le train a acquis une certaine vitesse, le courant, produit alors par la machine dynamo-électrique, traverse les chaufferettes; les fils qui y sont contenus s'échauffent et cèdent la chaleur au corps dissous ou à la matière qui les entoure. On compense ainsi les pertes de chaleur causées par le rayonnement; à l'aide de cette combinaison ingénieuse, on ne risque plus d'interrompre le chauffage dans le cas d'un arrêt du train, puisque les chaufferettes peuvent demeurer actives pendant trois heures au moins.

## Bibliographie

### Traité pratique d'électricité appliquée à l'exploitation des chemins de fer. (Suite).

#### CHAP. II. — CONSTRUCTION DES LIGNES TÉLÉGRAPHIQUES

La Télégraphie est l'une des plus anciennes applications grand de l'électricité; c'est par cette voie que la science, sortant des laboratoires, fit son entrée dans le monde industriel; elle arrivait, d'ailleurs, comme l'auxiliaire naturel du transport par chemins de fer et pour assurer la sécurité de ce nouveau mode de locomotion.

Le traité nous conduit de prime abord dans le sujet, et en plein milieu, par l'étude des lignes aériennes et des fils télégraphiques sur la classification desquels il donne des détails intéressants, ainsi que sur la manière et la nécessité de les réunir, plutôt par soudure que par ligature, ce dernier mode étant exposé à de fréquents dérangements; après la définition de ces récepteurs du courant, viennent les conditions de leur pose sur poteaux simples, couplés ou haubannés, en bois ou en métal, le

tout accompagné d'un tableau très instructif donnant, selon les rayons des courbes à suivre, les distances entre poteaux, leurs distances aux rails, éléments variables, d'ailleurs, avec le diamètre des fils.

A la question des poteaux succède celle des Isolateurs, des conditions de leur bon fonctionnement, de leur essai préalable et de leur installation. Après quoi, la ligne zérienne ayant été passée en revue dans ses détails, le traité s'occupe des lignes souterraines où le fil de cuivre est employé de préférence au fil de fer. L'isolation de ce fil de cuivre par la gutta-percha est examinée assez longuement, ainsi que la manière de loger le câble de cuivre ainsi armé, à fleur de sol, ou dans le ballast ou dans une rigole *ad hoc* garnie de sable, ou enfin dans un tuyau-tage en fonte; ce dernier système a d'ailleurs pour but d'isoler le fil le plus complètement possible.

Les lignes aériennes et souterraines présentant des différences dans leur manière d'être, leur raccordement nécessite, par suite, une étude particulière, et leur jonction a lieu à l'aide d'un paratonnerre qui préserve la conduite souterraine contre les effets que l'électricité atmosphérique peut produire sur le fil aérien.

L'amélioration désirable des conducteurs aériens et souterrains a amené, dans ces derniers temps, l'emploi de fils en bronze phosphoreux, puis en bronze silicieux, produits nouveaux qui peuvent remplacer le cuivre pour la conductibilité et le fer pour la résistance, et semblent devoir, jusqu'à nouvel ordre, marquer le progrès en cette matière.

Pour compléter l'examen de l'ensemble, après avoir ainsi décrit le corps des conduites télégraphiques, il resterait à décrire leurs raccordements avec les appareils de manipulation, autrement dit : les installations des postes télégraphiques et tout d'abord les installations d'entrée, à la suite des poteaux de coupure; ces détails sont assez attrayants, en ce sens qu'ils rendent compte des dispositions que l'on remarque tous les jours dans les gares, bureaux de poste, mairies, etc.

L'isolement du fil de terre est également une question très utile à considérer, si l'on veut bien la résoudre de la façon la plus avantageuse; le contact du fil de terre avec le rail courant est indiqué comme le meilleur que l'on puisse réaliser; malheureusement, dit le traité, la fréquence des réflexions de la voie dans les gares ne permet pas d'établir ce genre de communication.

Cependant, dans tous les postes isolés d'une ligne (gares ordinaires), la voie ne se renouvelle guère plus qu'en rase campagne; aussi, croyons-nous qu'il n'y a pas là un tel inconvénient; un rail est assez vite remplacé, en exploitation, en raison des besoins permanents du service, et pour maintenir ce mode d'isolement, il suffirait que le personnel de l'entretien y fût directement et formellement intéressé, et que le contact fût rétabli sur le nouveau rail, sitôt l'ancien remplacé, ce qui peut se faire en un temps relativement sans importance.

Après les installations extérieures, viennent les installations intérieures, qui offrent, comme point capital, le principe de l'emploi des ligatures soudées ou des soudures, exclusivement à celui des raccords par simple contact, à seule fin d'enlever, d'une façon absolue, toute chance d'entravement au passage du courant.

Ce chapitre, en un mot, permet de suivre, dans tous ses détails, le corps constituant des lignes télégraphiques, entre deux appareils quelconques installés sur leur parcours.

### CHAP. III. — PRODUCTION DE L'ÉLECTRICITÉ

Nous entrons, maintenant, dans une question pour ainsi dire inépuisable, en vertu du principe de la conservation de l'Énergie; car toute forme de cette énergie, tout agent physique, toute force, peuvent être amenés à se résoudre en la forme particulière dénommée : Électricité.

Il y a même des progrès continus à réaliser dans cette voie, afin d'arriver à remplacer plus tard, par l'électricité, la vapeur, dont la production deviendra de plus en plus difficile, lorsque

la quantité limitée de houille que la prévoyance des siècles a accumulée sur ce globe, commencera à s'épuiser. On peut donc dire que c'est là le problème déjà à l'ordre du jour; la force motrice mise quotidiennement au service de l'industrie est considérable, et l'on peut prévoir, comme la vapeur en est le principal élément, qu'à un moment donné, le combustible fera défaut pour l'engendrer; alors, à cette époque, l'électricité obtenue à bon marché, d'une façon pratique, doit intervenir comme puissance motrice, sans quoi, ce serait la fin de l'humanité, si la civilisation venait à être atteinte par le manque de cette puissance, et si l'organisation actuelle venait à être arrêtée dans sa continuité et dans son développement. La question se pose donc sur l'horizon, et si le présent est assuré, l'avenir ne laisse pas que de présenter cette inquiétude, à laquelle il faut songer dès aujourd'hui.

La solution n'est pas encore trouvée; en dehors des données acquises, actions chimiques ou mécaniques, elle reste engagée dans les hypothèses d'utilisation de la chaleur solaire, du mouvement des liquides, chutes d'eau, courants, etc., même des marées, du mouvement des fluides, vents et courants aériens, peut-être arrivera-t-on, d'autre part, à soutirer à l'atmosphère son électricité propre, également l'électricité du sol? Enfin, il conviendra de se procurer cette électricité par tous les moyens imaginables; mais depuis que le principe de la transformation du travail a été découvert, il ne faut plus désespérer, l'énergie se transforme; il ne s'agira plus que de la récupérer sous une forme qui puisse servir les besoins du moment.

Aujourd'hui, on possède deux sources principales d'électricité, les piles et les machines.

La théorie « sommaire » des piles est donnée encore avec assez de détails, dans l'ouvrage que nous considérons; cette théorie amène de suite à la détermination des grandeurs électriques, force électro-motrice, résistance au passage de l'électricité dans les conducteurs, intensité du courant électrique, quantité d'électricité qui passe, capacité électrique d'un conducteur, tous éléments qui s'estiment en Volts, en Ohms, en Ampères, Coulombs et Farads, du nom de divers savants français ou étrangers qui ont illustré la science de l'électricité. Ces dénominations ont été sanctionnées par un congrès international d'électriciens, et il y a toute une étude à faire au sujet des unités de mesure des grandeurs électriques, étude exposée fin 1881 à la Société des Ingénieurs de France, par Démétrius Monnier, commentée, en outre, dans un discours d'installation à la présidence de la même Société, par E. Marché, en 1883. Ce nouveau langage scientifique datait d'ailleurs de 1802, époque à laquelle l'Association Britannique pour l'avancement des sciences, adoptait un ensemble d'unités absolues et créait le système CGS (centimètre, gramme, seconde), fondant ainsi l'électrométrie moderne.

Sans aucun doute, pour les anciens qui n'ont conservé sur l'électricité que les souvenirs classiques, ce nouveau langage est un peu étranger et la théorie est un peu dure à apprendre, mais comme on peut repérer les nouvelles unités aux unités mécaniques ordinaires qui sont plus familières, on finit par se familiariser avec ces nouveaux symboles, surtout en suivant des exemples d'applications, comme le disait, en 1881, l'ingénieur chargé d'analyser le mémoire de Démétrius Monnier.

Ces données sont d'ailleurs résumées succinctement, mais clairement, dans le traité de G. Dumont; elles sont suivies de quelques calculs sur l'intensité d'un courant pour un certain nombre d'éléments de pile montés en tension ou en quantité et ouvrent par là un aperçu sur l'application du calcul à l'électricité.

(A suivre)

Le Directeur-Gérant : EDOUARD CAHEN.

Paris. — Imprimerie Schiller, 10 et 11, faubourg Montmartre.

# Les Annales des Travaux Publics

REVUE UNIVERSELLE DE L'OUTILLAGE DES TRAVAUX PUBLICS ET DES PROCÉDÉS DU GÉNIE CIVIL

Paraissant du 1<sup>er</sup> au 10 de chaque mois

L'ABONNEMENT D'UN AN

Paris . . . . . 20 fr.  
Départements . . . . . 24 fr.  
étranger . . . . . 28 fr.

Publiées par le JOURNAL DES TRAVAUX PUBLICS

35, RUE LE PELETIER, A PARIS

L'ANNONCE D'UN AN

Une page entière . . . . . 1000 fr.  
Une demi-page . . . . . 500 fr.  
Un quart de page . . . . . 300 fr.

Les abonnements sont reçus à Paris au bureau du Journal des Travaux Publics, 35, rue Le Peletier, et, dans les départements, chez tous les libraires.

N° 63

Juillet 1885

6<sup>e</sup> Année

## SOMMAIRE

- ETUDES DIVERSES. — Détermination précise de la stabilité des murs de soutènement et de la poussée des terres (suite, 2 figures). — Construction d'un bassin de radoub dans l'arsenal de Saïgon, au moyen de caissons métalliques et d'air comprimé (Planches CXXXIII et CXXXIV). — Calcul sommaire d'un arc métallique (2 figures). — Le canal de Paris à Boulogne-sur-Mer. — Outillage des travaux publics : Plate-formes flottantes pour la construction des piles de pont (5 figures).
- CHRONIQUE FRANÇAISE. — La coupe du grand équatorial de l'Observatoire de Nice. — Le pavage en bois.
- CHRONIQUE ÉTRANGÈRE. — Le pont Tekapo (Nouvelle-Zélande). — Pont levé sur le Danube. — Exhaussement d'une voûte de pont (2 figures). — Endiguement des grands cours d'eau des Etats-Unis. — Barrage construit près Pretzien. — Nouvelle méthode pour la construction des tunnels sous-marins (1 figure). — Palais de l'Industrie, à Fesih (3 figures). — Travaux exécutés à Londres sur le chemin de fer métropolitain (8 figures).
- VARIÉTÉS. — Société de topographie parcellaire et réforme cadastrale. — Détermination des aires par pesées.
- MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION. — Les chaux hydrauliques.
- BIBLIOGRAPHIE. — Traité pratique d'électricité appliquée à l'exploitation des chemins de fer (suite).

## Détermination précise de la stabilité des murs de soutènement et de la poussée des terres

(Suite.)

Après ces aperçus, passons au cas d'un terre-plein surchargé ; car il est bien entendu que tous les calculs précités ne s'appliquent qu'à des terre-pleins sans aucune surcharge accidentelle prévue, au moins sans aucune surcharge ayant de l'importance ; nous rentrerons donc, avec le présent cas, beaucoup plus dans les conditions de la pratique.

Supposons le terre-plein surchargé uniformément d'un poids  $p$  par mètre superficiel, le prisme de plus grande poussée sera surchargé sur sa largeur  $AF$  (fig. 35), d'un poids  $p \times AF$ , mais  $AF = h \operatorname{tg} \alpha$ , la surcharge sera donc  $ph \operatorname{tg} \alpha$  et le poids total du prisme de poussée, surcharge comprise, deviendra :

$$\frac{d}{2} h^2 \operatorname{tg} \alpha + ph \operatorname{tg} \alpha$$

car le poids du prisme est bien  $\frac{d}{2} h^2 \operatorname{tg} \alpha$ .

la charge totale sera donc

$$\frac{dh^2}{2} \operatorname{tg} \alpha + ph \operatorname{tg} \alpha$$

ou

$$\operatorname{tg} \alpha \left( \frac{dh^2}{2} + ph \right) = P$$

Telle sera la nouvelle valeur du terme  $P$  dans les équations d'équilibre que nous avons établies primitivement, d'après la considération d'un terre-plein sans surcharge.

On peut encore donner à  $P$  une autre expression, en assimilant la surcharge  $p$  par mètre superficiel au poids d'une couche de terre uniformément répartie. La hauteur de cette couche serait  $h' = \frac{p}{d}$  par unité de surface, d'où  $p = h'd$  et dès lors

$$P = \operatorname{tg} \alpha \left( \frac{dh^2}{2} + h'hd \right) = d \operatorname{tg} \alpha \left( \frac{h^2}{2} + h'h \right) = dh \left( \frac{h}{2} + h' \right) \operatorname{tg} \alpha ;$$

Rien ne sera changé dans les équations d'équilibre, si ce n'est que le facteur  $\frac{h}{2}$  sera remplacé par  $\left( \frac{h}{2} + h' \right)$

Le maximum aura lieu lorsque  $BF$  sera bissectrice de l'angle  $90^\circ - \varphi$  ou  $\alpha$  et la poussée  $Q$  sera augmentée dans le rapport de  $\left( \frac{h}{2} + h' \right)$  à  $\frac{h}{2}$  on aura donc

$$Q_c = Q \frac{\left( \frac{h}{2} + h' \right)}{\frac{h}{2}} = Q \left( 1 + \frac{2h'}{h} \right)$$

$Q_c$  étant la poussée avec surcharge.

L'augmentation de poussée, due à la surcharge, est :

$$Q_c - Q = Q \left( 1 + \frac{2h'}{h} \right) - Q = Q \times \frac{2h'}{h},$$

mais le point d'application de la poussée  $Q_c$  ne se trouvera plus au tiers de la hauteur  $h$ .

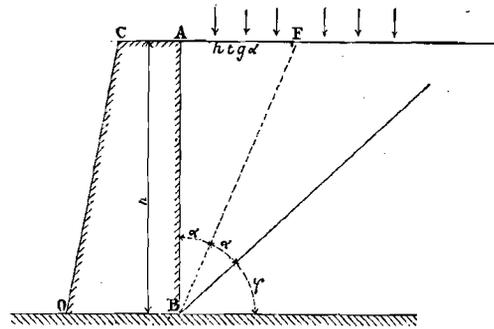


Fig. 35.

Car toutes les tranches du prisme de plus grande poussée sont prolongées d'une hauteur verticale constante,  $AA' = h'$ , qui donne sur chaque tranche un complément constant de poussée. Ce sera comme si chaque tranche, au lieu d'être prolongée par un petit rectangle de hauteur  $AA' = h'$  était prolongée par un parallélogramme de même hauteur  $h'$ .

Le trapèze  $BAA'F'F$  (fig. 36) remplace le trapèze  $BA'F'F$  ; le parallélogramme  $AA'F'F$  est équivalent au rectangle  $AA'F'F$  ; le point d'application de la poussée totale peut se trouver par divers procédés ; nous suivrons celui déjà indiqué, en plaçant au point A l'origine des  $y$  et en cheminant dans le sens AB.

La poussée en un point quelconque ( $m$ ) est celle du prisme  $mA'n'n$  ou

$$Q_c = \left( \frac{1}{2} y^2 \operatorname{tg}^2 \frac{\alpha}{2} d + y \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} h' d \right) \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}$$

$p$  étant remplacé par  $h'd$ , ce qui revient à

$$Q_c = \frac{1}{2} y^2 d \operatorname{tg}^2 \frac{\alpha}{2} + y h' d \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = d \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \left( \frac{y^2}{2} + y h' \right)$$

d'où la poussée différentielle au point  $m$  est

$$\frac{dQ_c}{dy} = d \operatorname{tg}^2 \frac{\alpha}{2} (y + h')$$

et

$$dQ_c = d \operatorname{tg}^2 \frac{\alpha}{2} (y + h') dy$$

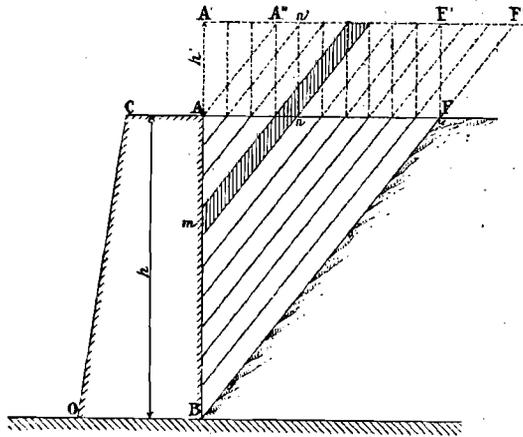


Fig. 36.

Le bras de levier de cette poussée différentielle est  $(h - y - \frac{dy}{2})$  et son moment est :

$$\mu = dQ_c \left( h - y - \frac{dy}{2} \right) = d \operatorname{tg}^2 \frac{\alpha}{2} (y + h') \left( h - y - \frac{dy}{2} \right) dy$$

$$\Sigma \mu = Q_c Y = d \operatorname{tg}^2 \frac{\alpha}{2} \int (y + h') \left( h - y - \frac{dy}{2} \right) dy$$

mais

$$(y + h') \left( h - y - \frac{dy}{2} \right) = hh' + hy - h'y - y^2 - \frac{h'dy}{2} - \frac{y dy}{2}$$

et

$$\left( hh' + hy - h'y - y^2 - \frac{h'dy}{2} - \frac{y dy}{2} \right) dy$$

se réduit à

$$hh' dy + hy dy - h'y dy - y^2 dy$$

en négligeant les termes affectés d'une différentielle du second ordre, par suite :

$$\int hh' dy + hy dy - h'y dy - y^2 dy = hh'y + \frac{h'y^2}{2} - \frac{h'y^2}{2} - \frac{y^3}{3} + C;$$

pour  $y=0$ ,  $c=0$ , et pour  $y=h$ , l'intégrale définie devient :

$$hh'h + \frac{h^3}{2} - \frac{h'h^2}{2} - \frac{h^3}{3} = \frac{h^2 h'}{2} + \frac{h^3}{6}$$

donc

$$Q_c Y = d \operatorname{tg}^2 \frac{\alpha}{2} \left( \frac{h^2 h'}{2} + \frac{h^3}{6} \right) = d \operatorname{tg}^2 \frac{\alpha}{2} \frac{h^2}{2} \left( h' + \frac{h}{3} \right)$$

mais

$$Q_c = Q \left( 1 + \frac{2h'}{h} \right) = \frac{1}{2} d \operatorname{tg}^2 \frac{\alpha}{2} h^2 \left( 1 + \frac{2h'}{h} \right) = d \operatorname{tg}^2 \frac{\alpha}{2} \times \frac{h^2}{2} \left( 1 + \frac{2h'}{h} \right)$$

d'où

$$Y = \frac{d \operatorname{tg}^2 \frac{\alpha}{2} \frac{h^2}{2} \left( h' + \frac{h}{3} \right)}{Q_c} = \frac{d \operatorname{tg}^2 \frac{\alpha}{2} \frac{h^2}{2} \left( h' + \frac{h}{3} \right)}{d \operatorname{tg}^2 \frac{\alpha}{2} \frac{h^2}{2} \left( 1 + \frac{2h'}{h} \right)} = \frac{h' + \frac{h}{3}}{1 + \frac{2h'}{h}} = \frac{h \left( \frac{h}{3} + h' \right)}{h + 2h'}$$

Si on suppose  $h'=0$ ,

$$y = \frac{h \left( \frac{h}{3} \right)}{h} = \frac{h}{3}$$

comme on l'a trouvé précédemment.

La valeur de  $Y$  est supérieure à  $\frac{h}{3}$ , autrement dit

$$\frac{h \left( \frac{h}{3} + h' \right)}{h + 2h'} > \frac{h}{3}$$

car

$$h \left( \frac{h}{3} + h' \right) > \frac{h(h + 2h')}{3}$$

ou

$$\frac{h}{3} + h' > \frac{h + 2h'}{3}$$

ou

$$\frac{h}{3} + h' > \frac{h}{3} + \frac{2h'}{3}$$

ou

$$h' > \frac{2}{3} h'$$

elle est plus petite que  $\frac{h}{2}$ , autrement dit

$$\frac{h \left( \frac{h}{3} + h' \right)}{h + 2h'} < \frac{h}{2}$$

car

$$h \left( \frac{h}{3} + h' \right) < \frac{h}{2} (h + 2h')$$

ou

$$\frac{h}{3} + h' < \frac{h}{2} + h'$$

ou

$$\frac{h}{3} < \frac{h}{2}$$

la poussée passe donc entre le tiers et la moitié de la hauteur.

Cela s'explique du reste d'après les considérations suivantes évoquées par A. Gobin.

Le parement AB doit être considéré comme pressé sur les faces d'appui des tranches, par des forces proportionnelles au poids ou au volume de ces tranches, ce qui donne pour ces forces une résultante passant par le tiers de la hauteur du mur.

« Quant à la surcharge, elle agit en augmentant d'une quantité constante le poids de chaque tranche, au niveau de AF; elle augmentera donc la poussée de chaque tranche sur le parement AB d'une quantité constante et proportionnelle au poids du prisme vertical de terre représentant cette surcharge, ce qui donne une seconde poussée partielle qui passera au milieu de AB (vu l'uniformité de sa répartition sur le parement) ».

(A suivre).

### Construction d'un bassin de radoub dans l'arsenal de Saigon, au moyen de caissons métalliques et d'air comprimé.

Pl. CXXXIII et CXXXIV.

Les bassins de radoub sont indispensables dans les ports pour la visite des carènes de navires et pour les réparations que nécessitent les navires après une longue traversée. La ville de Saigon, centre commercial et administratif de la colonie française de l'Indo-Chine, possède déjà depuis un certain nombre d'années un bassin-dock flottant qui n'est plus suffisant, aussi réclamait-elle un bassin de radoub fixe. Ce bassin est construit par M. Hersent à l'aide de procédés déjà employés par cet ingénieur pour le fonçage des bassins de Missiessy à l'arsenal de Toulon, c'est-à-dire au moyen de caissons métalliques et d'air comprimé.

En effet, les sondages exécutés à l'emplacement choisi pour le bassin de radoub de Saigon ont révélé l'existence d'une couche de sable à 10 mètres environ au dessous du niveau de basse mer, c'est-à-dire à la profondeur de la fondation. On a craint avec raison d'être obligé de faire des épaissements trop importants si l'on creusait, à l'air libre, la fouille jusqu'à cette profondeur, et l'on a pensé en outre que ce travail serait d'autant plus difficile que l'on ne possède pas à Saigon toutes les ressources dont on dispose en Europe.

Telles sont les raisons qui ont motivé pour cette construction l'adoption de moyens analogues à ceux déjà employés à Tou-

lon, avec cette différence caractéristique que pour Saïgon on a préféré plusieurs caissons au lieu d'un seul.

Cette disposition, plus compliquée en réalité et plus coûteuse, a été préférée aussi parce qu'elle permet de diviser l'opération du fonçage en deux périodes, moins longues qu'une seule. Il en résulte que les agents et ouvriers qui prendront part à la construction pourront ainsi suivre chaque opération sans être exposés à un excès de fatigue toujours dangereux sous des climats aussi chauds. Enfin on a craint, en faisant des fouilles dans un sol contenant des débris végétaux, de provoquer des fièvres intermittentes parmi le personnel du chantier. En exécutant les déblais de la fouille par dragage et leur transport avec des moyens hydrauliques, on espère écarter en grande partie les émanations insalubres du sol.

Voici maintenant à l'aide de quelles dispositions M. Hersent pourra exécuter ce travail important en quatre années :

*Description du bassin de radoub et des caissons métalliques.* — Le bassin de radoub de Saïgon, destiné aux navires de l'Etat et aux paquebots, mesure intérieurement :

Largeur entre le bateau porte et le fond.....	161 <sup>m</sup>	»
Largeur au fond.....	19	08
Largeur au couronnement.....	26	88
Profondeur du seuil au-dessous du couronnement..	9	50
Longueur totale de tête en tête.....	167	50
Largeur extérieure des caissons.....	30	»
Profondeur de la fondation sous les basses mers...	11	»

Le corps du bassin de radoub repose sur deux caissons séparés ayant chacun 83<sup>m</sup> de longueur, qui seront réunis à la fin de l'opération par une maçonnerie étanche.

Les machines motrices, les pompes et le puisard seront installés sur un troisième caisson ayant 20<sup>m</sup> de longueur sur 12<sup>m</sup> de largeur. Il formera en même temps mur en retour et sera relié au corps du bassin par un joint en maçonnerie étanche dans lequel passera la galerie de communication du bassin au puisard.

Un quatrième caisson de 8<sup>m</sup> de longueur sur 4<sup>m</sup> de largeur servira à soutenir le mur en retour formant tête du bassin du côté opposé aux machines. Ce mur sera relié au corps du bassin par une voûte, en maçonnerie construite sur des enrochements posés dans l'espace libre entre le corps du bassin et le petit caisson.

Les deux grands caissons, mesurant chacun 83<sup>m</sup> de longueur sur 30<sup>m</sup> de largeur, sont, comme ceux de Toulon, coupés horizontalement par le plafond qui les divise en deux parties distinctes :

1° La partie inférieure appelée chambre de travail, pour l'emploi de l'air comprimé ;

2° La partie supérieure d'une seule pièce destinée à contenir les maçonneries du radier et des bajoyers.

La chambre de travail est divisée par les poutres transversales à dix compartiments de 8<sup>m</sup>30 de longueur sur 30<sup>m</sup> de largeur, armaturés à l'intérieur au moyen de consoles. Le plafond est soutenu par des poutrelles à croisillons ; chacun de ces compartiments est muni d'une cheminée avec écluse à air, pour le passage des ouvriers employés dans l'air comprimé, au déblai et au rangement du béton ; et de deux autres cheminées plus petites pour l'oclusage du béton de remplissage.

Cette disposition d'un grand nombre de cheminées a été prise en vue de réduire le plus possible le travail intérieur, qui consiste à transporter le béton du pied de la cheminée au lieu d'emploi et à le pionner.

En outre, chaque compartiment est muni de robinets destinés à l'expulsion des déblais. Dans ce but, les déblais argileux ou sableux sont rendus demi-liquides, au moyen de l'eau du fond ou bien d'eau introduite de l'extérieur sous pression.

Cette disposition, qui a été employée la première fois au pont d'Argenteuil, a rendu, depuis, de très grands services en simplifiant notablement le travail à faire dans l'air comprimé.

Les deux caissons du bassin de radoub sont presque identiques. Ils seront posés bout à bout en laissant entre eux un

espace de 1<sup>m</sup>50 qui sera rempli à la fin du travail, de manière à les rendre tout à fait solidaires l'un de l'autre et à former à l'intérieur une seule grande chambre, absolument étanche.

Les parois en sont fortement armaturées tous les 8<sup>m</sup> 30 par de grandes contrefiches verticales, assemblées à leur partie inférieure avec les poutres transversales. Chaque caisson sera fermé à ses extrémités par des batardeaux métalliques à une seule paroi. Ces batardeaux devront être démontés lorsque les maçonneries du bassin seront terminées, tandis que les côtés latéraux resteront pour envelopper la maçonnerie et en assurer l'étanchéité.

Les hausses formant les côtés latéraux sont en tôles minces ; elles sont percées au fur et à mesure de l'enfoncement du caisson sur des armatures destinées à les soutenir.

Les maçonneries seront faites avec des granits du Cap Saint-Jacques, où une carrière importante, à proximité d'un arroyo, a été ouverte spécialement pour l'entreprise. Cette carrière pourra fournir tous les matériaux nécessaires à la construction du bassin.

Le mortier est fait avec du sable, provenant des parties amont de la rivière de Saïgon, et du ciment de Portland ou de la chaux hydraulique. Les proportions usitées sont les mêmes qu'au bassin de Toulon.

Les angles d'élévation, les seuils, les arêtes de banquettes, les marches d'escaliers et les couronnements sont en pierre de taille. Les parements de surface des radiers et des bajoyers sont en moellons smillés. Le corps des maçonneries est en moellons bruts. La partie inférieure sur le plafond, dans les poutrelles et le remplissage des chambres de travail, sont en béton.

L'ensemble des matériaux qui entrèrent dans la construction peut se résumer comme suit :

	Mètres cubes
Maçonnerie de pierre de taille.....	1.154
— de moellons smillés.....	2.279
— de moellons bruts.....	19.577
— de béton.....	15.250
Total des maçonneries.....	38.260

L'entreprise comprend en outre :

1° L'exécution de la fouille dans laquelle le bassin sera construit et le dressement du fond au moyen de l'air comprimé ;

2° La fourniture et la construction des caissons métalliques pour l'emploi de l'air comprimé. Le poids de ces caissons est évalué à 1,900,000 kil.

3° La fourniture et la mise en place des machines à vapeur et des pompes d'épuisement et d'assèchement.

4° La fourniture et la mise en place du bateau-porte en fer et en acier qui doit fermer le bassin.

L'ensemble du travail nécessitera une dépense de 7 millions de francs.

*Calcul des résistances.* — Les efforts auxquels les caissons doivent pouvoir résister pendant les immersions sont dus à trois groupes de forces extérieures, savoir :

1° A des forces verticales agissant dans le sens de la pesanteur, c'est-à-dire de haut en bas. Ces forces représentent le poids du caisson considéré, de la maçonnerie, du lest et des accessoires divers ;

2° A des forces verticales uniformément réparties sur toute la surface du fond du caisson, dirigées en sens contraire, c'est-à-dire de bas en haut. Elles représentent le poids de l'eau déplacée ; c'est la sous-pression.

3° Enfin à des forces horizontales dues à la pression de l'eau sur les parois latérales du caisson.

Chacun des caissons étant divisé par les poutres transversales en dix compartiments de 8<sup>m</sup> 30, chaque poutre transversale devra donc pouvoir supporter les efforts indiqués ci dessus appliqués sur une tranche de 8<sup>m</sup> 30 de largeur.

Le poids des caissons, ainsi que celui des maçonneries uniformément répartis seront directement détruits par la sous-

pression et ne donneront pas lieu par conséquent à des mouvements fléchissants.

On n'a à tenir compte que des charges uniformément réparties, poids des bajoyers et du lest.

Le calcul indique que lorsque le caisson sera immergé de 8<sup>m</sup>, ce qui correspond à peu près à l'instant où le couteau touchera le fond de la fouille et par suite à celui où les charges seront les plus fortes, les deux nervures des poutres supporteront un effort de compression.

Dans la nervure supérieure, ce travail s'élèvera à (— 11,52) par millimètre carré, tandis qu'il ne sera que de (— 2,45) pour la nervure inférieure.

Ce travail de 11 kil. 52 ne doit pas paraître exagéré, si l'on considère que la partie supérieure des poutres est complètement enveloppée par la maçonnerie, et ne peut subir, pour cette raison, aucune flexion latérale, et, qu'en outre, la maçonnerie peut, elle-même, absorber ces pressions sans fatigue.

Les calculs prouvent encore que, pendant toute la période d'enfoncement des caissons, le travail du fer, abstraction faite de celui des maçonneries, ne dépassera pas les limites recommandées par la pratique.

Dans le sens longitudinal, le travail du caisson est presque nul. Les éléments de résistance se composent dans ce cas : de la section des parois extérieures du caisson avec leurs armatures et des deux grandes poutres intermédiaires.

Les poutrelles armaturant le plafond ne sont pas considérées comme apportant un élément important dans la résistance générale.

Les batardeaux et les parois verticales, les hausses ont été calculées séparément, en tenant compte de l'appoint de résistance apporté par la maçonnerie.

**Bateau-porte.** — Le bateau-porte projeté pour la fermeture du bassin de radoub se compose de deux parties distinctes : le flotteur et les compartiments supérieurs.

Le flotteur a une section trapézoïdale ; il est terminé, à sa partie inférieure, par une quille et, à sa partie supérieure, par un pont nommé *pont du ressaut*.

A l'intérieur sont installées les caisses à eau nécessaires pour les manœuvres.

Le lest est empilé et rangé avec ordre dans la quille.

Les compartiments supérieurs, au nombre de trois, séparés par deux cloisons-étanches, partent du pont du ressaut et sont terminés, à leur sommet, par une passerelle qui permet de circuler d'un côté du bassin à l'autre : Ils peuvent être alternativement remplis d'eau et vidés pour les manœuvres de la porte.

De la passerelle on peut descendre dans l'intérieur de ces compartiments et aussi dans les flotteurs, à l'aide de trois cheminées verticales, rectangulaires, munies d'échelons.

Les principales dimensions du bateau-porte sont les suivantes :

Largeur au milieu, au-dessus du pont du ressaut....	4 <sup>m</sup> 050
— au-dessous — .. .	4 <sup>m</sup> 050
Hauteur de la porte jusqu'au pont du ressaut.....	6 <sup>m</sup> 010
Hauteur totale de la porte.....	10 <sup>m</sup> 070
Largeur de la porte au-dessus du pont supérieur....	21 <sup>m</sup> 818
— au-dessous de la quille.....	19 <sup>m</sup> 020
Tirant d'eau à flot.....	5 <sup>m</sup> 900
Emerision pour sortir des rainures par basses mers.	2 <sup>m</sup> 100
— par hautes mers....	3 <sup>m</sup> 800
Différences entre les plus hautes et les plus basses mers.....	1 <sup>m</sup> 070
Largeur de la quille et des étambots.....	0 <sup>m</sup> 070
Largeur de la passerelle.....	1 <sup>m</sup> 090
Poids du bateau-porte sans lest, environ.....	150 <sup>m</sup> 800
Poids du lest.....	115 <sup>m</sup> 700
Déplacement du bateau-porte, avec tirant d'eau de 5 <sup>m</sup> 90.....	266.500

Le bordé de la carène est en tôles de fer.

Les membrures intérieures sont en acier.

Toutes les matières sont zinguées et ensuite peintes à trois couches.

Le lest est formé de gueuses de fonte soigneusement arrimées au fond de la quille sur une couche de béton.

Les manœuvres du bateau-porte sont de deux sortes : il faut pouvoir l'échouer dans ses enclaves et ensuite le relever pour l'en sortir. Pour faire couler la porte dans ses enclaves, il faut d'abord remplir les caisses à eau. Comme ces caisses sont placées plus bas que le niveau de l'eau extérieure, il suffit d'ouvrir les robinets qui les font communiquer avec l'eau extérieure. Cette manœuvre se fait de la passerelle à l'aide de tringles équilibrées placées dans la cheminée centrale.

Les caisses pleines, le tirant d'eau de la porte s'élèvera à environ 0<sup>m</sup>250 au-dessus du pont du ressaut.

Pour terminer l'échouage, il suffira de faire communiquer les compartiments supérieurs avec l'eau extérieure, en ouvrant les soupapes placées sur le pont du ressaut.

La manœuvre de ces soupapes se fait également de la passerelle. Lorsque la porte reposera au fond de ses enclaves, le niveau de l'eau dans les compartiments supérieurs sera le même que celui de l'eau extérieure. On fermera alors tous les robinets, vannes et soupapes de la porte et on pourra épuiser l'eau du bassin.

Pour la relever, on ouvrira les vannes pour remplir le bassin, puis les soupapes qui font communiquer les compartiments supérieurs avec l'eau extérieure ; on épuisera ensuite l'eau des caisses à l'aide d'une pompe disposée à cet effet ; cette pompe se manœuvre de la passerelle.

La porte se soulèvera d'elle-même jusqu'à ce qu'elle n'ait plus que 5<sup>m</sup>90 de tirant d'eau ; à ce moment, elle pourra être dégagée de ses enclaves sans difficulté.

Le déplacement du bateau-porte avec 5<sup>m</sup>90 de tirant d'eau est de 250<sup>m</sup>3743, ce qui représente, en eau de mer, un poids de..... 266.496 kil.

Le poids du bateau avec ses accessoires s'élève à..... 150.878 —

Le poids du lest en fonte et en béton sera de... 115.618 —

La distance du centre de gravité de la coque et de ses accessoires au-dessus de la partie inférieure de la quille est de 5 mètres.

Celle du lest en fonte et en béton au même point est de 1<sup>m</sup>05.

Le poids appliqué au centre de gravité de tout le système est de 876,145 kilos.

La distance du centre de gravité au-dessus de l'extrémité inférieure de la quille est de 3<sup>m</sup>287.

La distance du centre de carène au-dessus de l'extrémité inférieure de la quille est de 3<sup>m</sup>720.

Il en résulte que la distance du centre de gravité au centre de carène est de 3,720 — 3,287 = 0<sup>m</sup>433.

La distance du métacentre au centre de carène est de 0,298.

Le bras de levier métacentrique est donc de 0,433 + 0,298 = 0<sup>m</sup>731.

Lorsque les caisses seront remplies d'eau, la valeur de ce bras de levier ne sera plus que de 0,523, ce qui est encore très suffisant.

Le volume des caisses à eau est de 27 mètres cubes, ce qui correspond à un poids d'eau de mer de 27,702 kil.

Lorsque les deux caisses seront remplies, le tirant d'eau s'élèvera à environ 0<sup>m</sup>250 au-dessus du milieu du pont du ressaut.

Le tirant d'eau total sera d'environ 6<sup>m</sup>40.

Voici les résultats des calculs avec le tirant d'eau de 7<sup>m</sup>50 correspondant aux mers moyennes, et avec celui de 9<sup>m</sup>20 correspondant aux hautes mers :

1 <sup>o</sup> Tirant d'eau de 7 <sup>m</sup> 50. — Poids total du bateau à flot.....	K. 266.496
Poids de l'eau contenue dans les flotteurs.....	27.702
Poids de l'eau contenue dans les compartiments au-dessus du pont du ressaut.....	32.734
Poids total du bateau échoué au fond de sa rainure	326.932

Poids total de l'eau de mer déplacée par le bateau échoué au fond de sa rainure.....	316.764
Force maintenant le bateau échoué.....	10.168
Force tendant à soulever le bateau.....	17.534
2 <sup>e</sup> Tirant d'eau de 9 <sup>m</sup> 20. — Poids total du bateau à flot.....	K. 266.496
Poids de l'eau contenue dans les flotteurs.....	27.702
Poids de l'eau contenue dans les compartiments au-dessus du pont du ressaut.....	69.789
Poids total du bateau échoué au fond de sa rainure	363.987
Poids total de l'eau déplacée par la porte échouée au fond de sa rainure.....	356.819
Force maintenant le bateau échoué.....	7.178
Force tendant à soulever le bateau ou force émer-sive.....	20.524

Dans les conditions les plus défavorables, les divers éléments de la porte ne travailleront pas à plus de 6 kil. par millimètre carré.

*Machines et pompes d'épuisement et d'assèchement.* — La capacité du bassin de radoub est d'environ 30,000 mètres cubes et la profondeur du radier au-dessous des hautes eaux, de 10<sup>m</sup>,300. La hauteur d'élévation de l'eau varie donc de 0 à 10<sup>m</sup>,300.

L'épuisement ne doit pas durer plus de six heures. Il doit se faire à l'aide de 2 machines motrices et de 2 pompes d'épuisement installées à gauche de l'entrée du bassin dans une chambre spéciale qui communique, par l'intermédiaire d'un puisard et d'une galerie, avec le bassin.

Les machines motrices sont du système Compound, verticales, avec condenseur par injection. Chacune d'elles actionne directement une pompe Dumont. Elles sont munies d'un régulateur à force centrifuge ayant pour but d'empêcher toute accélération au-delà de la vitesse de 180 tours par minute, et elles peuvent fonctionner à volonté avec ou sans condensation.

Chacune d'elles doit pouvoir développer une puissance maximum de 172 chevaux, indiqués en faisant 180 tours.

Leurs principales dimensions sont les suivantes :

Diamètre du petit cylindre.....	0 <sup>m</sup> ,380
Diamètre du grand cylindre.....	0 <sup>m</sup> ,520
Course commune des pistons.....	0 <sup>m</sup> ,500
Diamètre du plongeur de la pompe à air.....	0 <sup>m</sup> ,300
Course du plongeur.....	0 <sup>m</sup> ,300

Les chaudières, au nombre de 6, sont placées dans un bâtiment, en communication avec la chambre des machines et recouvert par une toiture métallique. Quatre chaudières doivent suffire pour la marche des 2 machines motrices.

Elles sont à foyer intérieur amovible avec tubes en retour et réservoir d'eau et de vapeur.

Leurs dimensions principales sont les suivantes :

Timbre : 5 kilog.	
Surface de grille par chaudière.....	1 <sup>m</sup> 2,050
Surface de chauffe id.....	68 <sup>m</sup> 2,000
Diamètre intérieur des tubes.....	0 <sup>m</sup> ,070
Epaisseur des tubes en laiton.....	0 <sup>m</sup> ,0025

Pour l'alimentation, on dispose de deux petits chevaux et de deux injecteurs Giffard.

La cheminée est construite en tôle zinguée; elle a 30 mètres de hauteur totale et 1<sup>m</sup>,30 de diamètre intérieur à la base.

Les pompes centrifuges Dumont sont semblables à celles qui sont employées à Toulon pour le même service. Leurs disques en bronze ont 1<sup>m</sup>,60 de diamètre. Les tuyaux d'aspiration et de refoulement ont 0<sup>m</sup>,500 de diamètre. Ceux d'aspiration portent à leur partie inférieure des clapets de retenue et des crépines, et ceux de refoulement sont munis de vannes installées à leur partie supérieure. Ces vannes peuvent être manœuvrées de l'intérieur de la chambre des machines.

Les pompes sont en outre munies d'éjecteurs pour assurer leur amorçage après les arrêts.

Pour assécher le bassin, on dispose de deux pompes, système Thirion, placées dans la chambre des machines motrices.

Chaque appareil comprend une machine à 2 cylindres horizontaux ayant 192 millimètres de diamètre et 280 millimètres de course, qui actionnent directement ceux des pompes, dont le diamètre est de 237 millimètres.

Elles peuvent élever chacune 200 mètres cubes d'eau à l'heure à une hauteur de 10<sup>m</sup>,300.

Les tuyaux d'aspiration et de refoulement ont 0<sup>m</sup>,200 de diamètre. Ceux d'aspiration portent, à leur partie supérieure, des vannes qui peuvent être manœuvrées de l'intérieur de la chambre des machines. Ceux de refoulement sont munis, à leur partie inférieure, de crépines et de clapets de pied.

Tous les tuyaux de refoulement viennent déboucher dans une galerie pratiquée dans la partie supérieure du bajoyer et communiquant avec la rivière, tout près de l'installation des machines.

*Organisation des chantiers.* — Les difficultés du climat ont nécessité, pour l'organisation des chantiers, des précautions plus grandes que celles qu'on prend ordinairement en Europe. On a choisi de préférence les agents parmi des personnes qui, ayant déjà habité les pays chauds, possédaient les connaissances spéciales exigées par chaque partie du travail. On s'est aussi préoccupé de leur construire des habitations dans les meilleures conditions possibles et on a choisi à cet effet, pour les bureaux et ateliers, un emplacement à proximité du jardin botanique, c'est-à-dire loin de la fouille, pour éviter les émanations malsaines qui pourraient s'en dégager.

Le sol entourant la fouille a été relevé, tant pour le mettre à la hauteur des futurs bajoyers, que pour l'assainir immédiatement.

Pour débarquer les produits d'Europe et tous les matériaux, on a établi deux estacades munies de grues à vapeur, et desservies par un réseau de voie ferrée (Planche CXXXIV), à l'aide duquel on a pu faire sans peine le classement méthodique des matériaux destinés à la construction des caissons métalliques, des dragues, débarquement, bateaux; en un mot, de tout le matériel; et enfin des matériaux de construction, chaux, ciment, sables, moellons, pierres de taille, etc.; car tout ou presque tout arrive par eau.

Le service des transports et remorquage, entre les chantiers et la carrière de granit, est assuré à l'aide de deux remorqueurs, l'un de 200 chevaux, l'autre de 100 environ et de 12 chalands, dont 6 de 200 tonneaux et autant de 40 tonneaux.

A ce matériel, il faut ajouter une chaloupe à vapeur d'une vingtaine de chevaux, destinée à transporter rapidement les agents partout où le réclame leur service.

L'examen de la planche CXXXIV permet d'apprécier les dispositions générales du chantier, les emplacements de montage des caissons de fondation, des dragues et autres bateaux destinés à l'exécution de la fouille à toute profondeur; la place des magasins à chaux et ciment, celle des manèges pour la confection du mortier, enfin, l'atelier de réparations, dont l'importance est en rapport avec celle du chantier.

L'emplacement destiné à recevoir les déblais produits du dragage, étant assez éloigné du centre du travail, M. Hersent a effectué leur transport au moyen de l'eau, de façon à éloigner toutes causes d'insalubrité.

*Nomenclature du matériel expédié.* — On a expédié le matériel suivant :

3 Grues à vapeur, ensemble..	25 chevaux	} 855 chevaux.
3 Bateaux à vapeur.....	320 —	
1 Drague.....	80 —	
1 Débarquement flottant....	100 —	
4 Locomobiles.....	50 —	
Les machines motrices pour les compresseurs d'air (1).....	280 —	

(1) Ces machines sont celles qui serviront ensuite à actionner les pompes d'épuisement.

6 Bateaux de transport, de 200 tonneaux, pour les déblais et matériaux ;

6 Bateaux de transport, de 40 tonneaux, pour petits transports.

2 Kilomètres de voie, en rails de 18 kilogrammes, et accessoires.

50 Wagons à la voie de 1 mètre.

30 Wagonnets Decauville, et 300 mètres de voie de 0<sup>m</sup> 50.

Outils d'atelier pour forge et ajustage, charpenterie, etc.

Outils de carriers, pour l'exploitation de la carrière du Cap Saint-Jacques.

Echafaudages en bois, etc.

Compresseurs d'air, écluses à air, cheminées et accessoires.

Il a fallu tout expédier d'Europe pour être assuré que rien ne manquerait et, jusqu'ici, le programme tracé a été ponctuellement suivi.

Les terrassements de la première tranche de la fouille ont été faits à sec par les indigènes et les Chinois, et le transport des déblais effectué avec des wagonnets Decauville et avec des tombereaux trainés par des bœufs. La partie inférieure sera exécutée par la drague.

La drague construite pour creuser la fouille, doit rester à la Colonie après l'achèvement des travaux. Elle est exécutée suivant le type construit pour le canal de Panama et pour le dérochement de la Charente maritime. Elle est susceptible d'être utilisée, soit pour ouvrir un chenal en pleine terre, soit pour approfondir jusqu'à 11 mètres de profondeur des canaux déjà existants.

La coque, en fer, a :

35 mètres de longueur,  
6<sup>m</sup> 50 de largeur,  
2<sup>m</sup> 50 de creux.

Les chaudières ont 100<sup>m<sup>2</sup></sup> de surface de chauffe, et la machine peut développer facilement 80 chevaux.

Le débarquement, pour le transport des déblais, avec un long couloir, est identique à ceux construits pour le canal de Panama et le creusement de la Charente.

Il est monté sur deux bateaux en fer de 27 mètres de longueur et 4<sup>m</sup> 50 de largeur. L'axe du carré de l'écluse est à 14<sup>m</sup> 50 au-dessus du niveau de l'eau, ce qui permet de transporter les déblais mélangés d'eau à 4 ou 500 mètres de distance de la rive et à 6 mètres au-dessus du plan d'eau.

Les bateaux de transport sont en fer, et disposés de façon à servir au transport des matériaux et des produits du dragage. Après l'exécution des travaux du bassin de radoub de Saïgon, objet de la présente notice, la Colonie sera en possession d'un matériel de dragage très approprié, dont elle a grand besoin pour l'entretien de ses nombreux canaux et rivières et le creusement de quelques nouvelles voies navigables réclamées par la Colonie.

Le montage des caissons de fondation est fait dans une enceinte isolée de la rivière par un batardeau, et tenue sèche à l'aide d'épuisements de peu d'importance.

Le montage du premier caisson terminé, on laissera entrer l'eau dans l'enceinte, pour le faire flotter et l'amener à sa place définitive de fonçage. On opérera de même pour le second caisson et après on remblaira la fosse pour augmenter la surface des terre-pleins.

Le travail de la maçonnerie sera exécuté sur le plafond et sur les bords, comme on l'a fait pour les bassins de radoub de Toulon, par tranches successives qu'on élèvera toujours au-dessus du niveau de flottaison, pour que les tôles du caisson ne soient jamais soumises à une pression latérale.

Ces tôles ne doivent servir en réalité qu'à isoler les maçonneries du contact de l'eau extérieure.

Toutes ces maçonneries seront faites avec du mortier de ciment de Portland provenant des usines de Boulogne et de celles de MM. Pavin de Lafarge, du Teil. Ces derniers fourniront, en outre, la chaux hydraulique dont on pourrait avoir besoin.

Le nettoyage des Chambres de travail sera fait par syphonage, après que chaque caisson aura été amené à sa profondeur. On effectuera ensuite le remplissage des chambres de travail avec du béton qui sera introduit par des cheminées spéciales permettant de faire près de 200<sup>m<sup>3</sup></sup> en 24 heures.

La jonction des deux caissons du bassin de radoub sera faite lorsqu'ils seront complètement assis. Dans ce but, ils portent chacun un aileron extérieur de 0<sup>m</sup> 700 de long, destiné à former batardeau pour le nettoyage de fond du joint et la confection de la maçonnerie de remplissage.

Dans le cas où ces ailerons ne formeraient pas par eux-mêmes batardeaux, il sera facile d'y suppléer en posant à l'extérieur, de chaque côté, un panneau métallique garni de bourrelets, que la pression collera sûrement d'une manière hermétique; on sera ainsi assuré de pouvoir épuiser et faire le travail intermédiaire en toute sécurité.

Au moyen de cette disposition, on pourra démonter les abouts métalliques des deux caissons et relier les maçonneries aussi exactement qu'on le voudra.

Les parois métalliques supérieures des deux caissons pourront être assemblées de telle façon qu'elles n'en formeront plus qu'une seule.

Nous rappelons que ce travail de joint est la conséquence de la division du caisson principal en deux parties, comme il a été dit au début de cette description.

Lorsque le travail de fondation sera tout à fait terminé, on exécutera le pavage du radier et l'élévation des bajoyers et on achèvera la chambre des machines.

Le bateau-porte sera monté à l'intérieur du bassin de radoub de façon que, lorsque l'on enlèvera le batardeau métallique de la tête d'aval, le bassin se trouvera prêt à être mis en service.

Pour la maçonnerie, on a cherché les meilleurs matériaux de la Colonie et on s'est arrêté à l'ouverture d'une carrière de granit, à Binh-Dinh, au revers du Massif du Cap Saint-Jacques (1). Ce granit est de très bonne qualité. La carrière de Binh-Dinh fournira les pierres d'appareil, les moellons piqués et une partie des autres matériaux : moellons bruts, pierrailles pour les chaussées et pour le béton.

Pendant l'exécution des maçonneries et après le creusement des fouilles du bassin à flot, le matériel de dragage sera utilisé pour le creusement du chenal d'accès, de telle façon qu'il soit terminé en même temps que les maçonneries.

## Calcul sommaire d'un arc métallique

Quand la portée est peu considérable, on peut se contenter de la méthode approximative (*Annales* n° 48, p. 1003), ou de la construction graphique qui en découle, comme si c'était une charpente cintrée; mais lorsqu'il s'agit d'un ouvrage important, il faut appliquer les formules relatives à la flexion des pièces courbes, ou se servir de la méthode des *Courbes de pression*.

Nous préférons employer les courbes de pression, parce qu'à l'aide de constructions géométriques, on peut arriver assez simplement au but que nous nous proposons (Voir la *Mécanique appliquée de Maslavin*, et le *Mémoire sur le pont du canal Saint-Denis*, par M. Mantion).

Il y a un certain nombre d'hypothèses de surcharge à considérer; la plus intéressante est généralement celle où un demi-arc seulement porte la charge d'épreuve, l'autre n'étant soumis qu'au poids mort de la construction.

Pour tracer une courbe de pression dans l'intérieur d'un arc, il faut connaître trois points, dont l'un à la clef, et les deux autres sur la ligne des naissances. Afin de faire cesser cette

(1) Le cap Saint-Jacques possède un sémaphore qui est le point de reconnaissance pour les navires venant du large.

indétermination, les ingénieurs ont admis que les arcs étaient à la fois sur pivots à la clef et aux naissances. Si cette hypothèse est très admissible pour le sommet B (fig. 1), il n'en est pas de même pour les retombées, car les compressions considérables exercées par les culées semblent devoir détruire rapidement ces articulations.

On pourrait préféralement, peut-être, regarder les courbes de pression qui passent par les coins de calage extrêmes comme les plus probablement dangereuses; par exemple, celles qui passent par le coin inférieur.

Nous allons donc supposer que, d'après la loi dite du trapèze, les points A et C sont pris sur le plan normal qui termine l'arc, au tiers, à partir de l'intrados; le point B, à la clef, étant à la moitié de la hauteur et formant pivot. Nous supposons également l'arc plein et à section double I; nous le divisons en un certain nombre de voussoirs fictifs égaux 0-1, 1-2, 2-3..... par des normales à l'intrados, également distantes l'une de l'autre.

La 1/2 travée de gauche étant surchargée, tandis que celle de droite ne porte que son poids propre, la résultante à la clef ou poussée de l'arc n'est plus horizontale; il faut d'abord déterminer l'inclinaison de cette force.

Soient P le poids de la 1/2 travée libre, P' celui de la 1/2 travée surchargée, D et D' les distances des centres de gravité de ces deux demi-fermes au points A et C. Les poids étant regardés comme uniformément répartis suivant la corde, les centres de gravité G et G' seront toujours situés sur la verticale passant par le milieu de la demi-corde c'; si l'on voulait opérer rigoureusement et tenir compte du poids des tympans, on déterminerait G et G' d'une façon plus exacte.

Admettons que la direction de la poussée T' à la clef soit représentée par IBK (fig. 1); alors, par analogie avec ce que nous avons dit à propos de la ferme courbe, les triangles semblables GMO, GKC, du côté libre, nous donnent :

$$\frac{GM}{MO} = \frac{GK}{KC}$$

Or MO représente P à une certaine échelle et  $GK = \frac{D}{\cos \alpha}$ , en appelant  $\alpha$  l'angle de la résultante T' à la clef avec l'horizontale; par conséquent, il vient

$$\frac{T'}{P} = \frac{D}{X \cos \alpha}$$

X est la distance verticale CK de l'appui C à la poussée T'

De même, du côté chargé :

$$\frac{T'}{P'} = \frac{D'}{X' \cos \alpha}$$

X' étant l'ordonnée AI.

Comme D=D', par hypothèse, il reste en définitive

$$(1) \quad \frac{P}{P'} = \frac{X}{X'}$$

On peut alors obtenir la valeur de X et X', soit graphiquement, soit par le calcul.

Dans le premier cas, doublons la flèche f', ou la distance verticale du point B à l'horizontale AC, de CH en HH'; portons P=CE et P'=EF à la suite l'un de l'autre, à partir de C, et joignons FH'; en menant par le point E une parallèle EK à FH', nous obtenons le point K, de telle sorte que KH'=X', et KC=X car

$$\frac{KC}{KH'} = \frac{P}{P'}$$

Par le calcul, de  $X + X' = 2f'$ , nous tirons  $X = 2f' - X'$ ;

mettons cette valeur dans celle de PX' fourni par (1), il vient

$$PX' = P'(2f' - X')$$

Toutes réductions faites,

$$X' = \frac{2 P' f'}{P + P'}$$

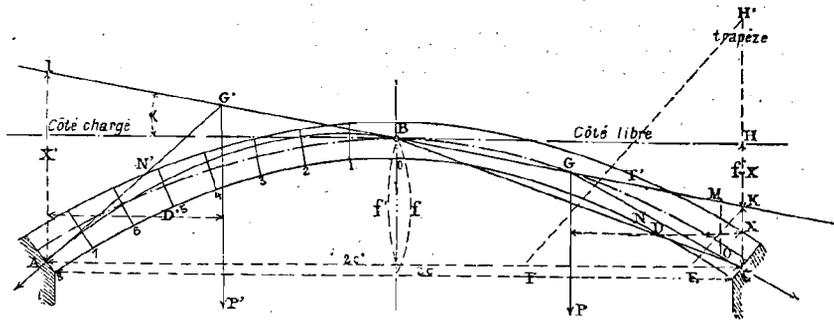


Fig. 1.

par suite,

$$(2) \quad X = 2f' - \frac{2P'f'}{P+P'} = \frac{2Pf'}{P+P'}$$

Pour calculer l'angle  $\alpha$  que fait la résultante BK avec l'horizontale, nous avons, dans le triangle BHK,

$$HK = BH \operatorname{tg} \alpha$$

c'est-à-dire

$$f' - X = c' \operatorname{tg} \alpha$$

d'où

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{f' - X}{c'}$$

en remplaçant X par sa valeur, il vient

$$(3) \quad \operatorname{tg} \alpha = \frac{f'}{c'} \times \frac{P' - P}{P + P'}$$

La poussée T', dont nous venons d'obtenir l'inclinaison, coupant en G et G' les verticales des centres des demi-travées, il suffira de joindre AG' et CG, pour avoir les directions des résultantes aux naissances.

La valeur de la poussée oblique est facile à exprimer : les triangles GMO et GCK nous donnent

$$\frac{GM}{GK} = \frac{MO}{KC}$$

autrement dit,

$$\frac{T'}{c' \cos \alpha} = \frac{P}{X}$$

donc

$$(4) \quad T' \cos \alpha = \frac{PC'}{2X} = \frac{c'}{2f'} \times \frac{(P+P')}{2}$$

c'est la projection horizontale de la poussée en question.

La courbe des pressions peut alors être déterminée, soit en construisant, pour chaque point de l'arc, le parallélogramme des forces, ou la résultante partielle suivant la tangente, soit en se servant du tracé de la parabole au moyen des tangentes et cordes. En effet, la courbe qui nous occupe étant formée de deux branches qui se raccordent au point B, où elles ont pour tangente commune la direction de la force T', la partie gauche de la courbe se trouve à l'aide des deux tangentes G'A, G'B, et la partie droite à l'aide de BG et GC.

Il sera généralement préférable d'employer le premier procédé (à l'aide des résultantes partielles) lorsqu'on examinera la courbe des pressions qu'on regarde comme la plus dangereuse pour la stabilité; le deuxième procédé (à l'aide des tangentes) plus rapide que le précédent, sera mieux applicable lorsqu'on recherchera la forme des différentes courbes à construire.

Ces paraboles sont, du reste, renfermées dans l'équation

$$(5) \quad y = \frac{px^2}{2T' \cos \alpha} \mp x \operatorname{tg} \alpha$$

le signe - s'appliquant au côté chargé, le signe + au côté libre,

par hypothèse;  $p$  est le poids par mètre courant de corde, il est égal, suivant les cas, à  $\frac{P}{C}$  et  $\frac{P'}{C'}$ ; les abscisses sont comptées à partir de l'axe du pont qui est l'axe des  $y$ , l'axe des  $x$  est l'horizontale BH.

Une fois la courbe des pressions connue, on peut se proposer de rechercher les forces qui agissent en chaque section sur l'arc, à l'aide des résultantes partielles. Par exemple, pour la section QQ', partant du point Q de l'intrados (fig. 2), nous connaissons la résultante partielle  $N_0$  tangente en  $\chi$  à la courbe des pressions; nous connaissons également la position de la ligne moyenne de l'arc; or, le produit  $N_0 \cos \varphi$ , de la résultante en question par le cosinus de l'angle que fait sa direction avec celle de la tangente à la ligne moyenne dans la section considérée, nous donnera la force normale correspondante, tandis que  $N_0 \sin \varphi$  représentera l'effort tranchant.

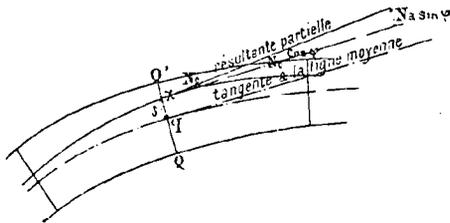


Fig. 2.

De telle sorte que le produit de la force normale ci-dessus par la distance  $d$  qui sépare le point  $\chi$  du point  $q$  sera le moment cherché; c'est-à-dire

$$\mu = N_0 \cos \varphi \times d$$

Le taux total de travail du métal, dans la section considérée, sera donné par la formule générale bien connue

$$K' = \frac{n\mu}{I} + \frac{N_0 \cos \varphi}{\Omega}$$

On pourra faire ce calcul pour toutes les sections qu'on voudra; mais, en général, il suffira de l'effectuer pour tous les points qui paraissent les plus fatigués, ceux, par exemple, où la quantité  $d$  est la plus considérable. La fibre moyenne est habituellement celle qui contient les centres de gravité des sections successives de l'arc; et l'on peut supposer, dans un avant-projet, que les résultantes partielles sont sensiblement parallèles aux tangentes à la ligne moyenne, ce qui simplifie un peu les calculs. Dans les parties où la courbe des pressions sort de la poutre, il vaut mieux renforcer les semelles, lorsque les dimensions de l'arc sont fixées, que de donner au pont une flèche trop considérable; nous savons que cette flèche est généralement égale à un dixième de l'ouverture libre.

L. CORNU,  
Ingénieur civil.

## Le Canal de Paris à Boulogne-sur-Mer

La création de voies maritimes plus courtes que les anciennes, le développement si considérable donné depuis quelques années, dans tous les pays d'Europe, aux voies ferrées, les grandes trouées faites dans les chaînes de montagnes qui constituaient jusqu'ici des obstacles insurmontables au trafic international; tous ces travaux gigantesques qui illustreront notre siècle ont-ils profité à la France dans une mesure aussi grande que nous étions en droit de l'espérer? On peut répondre hardiment: Non; et on peut ajouter que si nos rivaux, les Anglais, les Hollandais et les Belges ont surtout recueilli les avantages de toutes ces créations, dues pour la plupart aux efforts et à l'argent de la France, c'est un peu de notre faute.

Pendant longtemps nous avons assisté impassibles aux transformations que nos voisins faisaient subir à l'outillage de leurs ports.

Liverpool, Londres, Anvers, Rotterdam, Amsterdam, Hambourg étaient pourvus de nouveaux bassins, d'engins perfectionnés et rapides pour le chargement et le déchargement des marchandises; ces ports étaient mis en relation directe avec les canaux et les chemins de fer. Les navires pouvaient donc y mouiller sans crainte de perdre un temps précieux à leurs opérations; aussi délaissaient-ils les ports français moins bien outillés, insuffisants, et mal reliés à toutes nos voies de transport terrestre.

Cette situation tend heureusement à se modifier; on a compris que nos ports de la Manche et du Pas-de-Calais, s'ils étaient convenablement pourvus de tout ce qui fait la fortune des ports rivaux, pourraient lutter avantageusement contre eux. Il suffit, en effet, de jeter les yeux sur une mappemonde, pour s'apercevoir que les lignes suivies par les navires aboutissent presque toutes à l'extrémité de la Manche et que le Pas-de-Calais est la route de tous les grands ports commerciaux de l'Europe.

Hambourg, Rotterdam, Amsterdam, Anvers sont groupés dans une étroite circonférence. C'est dans cette sorte de lieu géométrique du commerce universel que vont se jouer les destinées économiques de l'Europe. C'est là que nous devons lutter, et c'est pourquoi le gouvernement français a entrepris des travaux considérables à Boulogne-sur-Mer, afin d'y créer un grand port commercial, bien aménagé et bien outillé. Tous ces efforts seront plus efficaces encore, si l'on relie ce grand port à Paris par une large voie navigable.

L'établissement d'une communication directe entre les deux villes est non-seulement logique, elle est indispensable.

Nous avons donné déjà une rapide description du projet de canal de Boulogne-sur-Mer à Paris, projet étudié dans tous ses détails, depuis quelque années déjà, par M. Leys; nous comptons compléter ce que nous avons déjà dit à ce sujet en étudiant l'œuvre au point de vue technique, mais, pour le moment nous croyons utile de signaler à tous les hommes compétents l'accueil empressé que ce projet reçoit de toutes parts.

Le Canal des deux mers qui établira une relation directe entre l'Atlantique et la Méditerranée, et le canal de Boulogne-sur-Mer à Paris, voici deux projets mûrement étudiés, prêts à être exécutés et qui sont appelés à assurer à la vitalité commerciale de la France une revanche trop longtemps attendue.

## OUTILLAGE DES TRAVAUX PUBLICS

### Plate-formes flottantes pour la construction des piles de pont

Nous avons tenu nos lecteurs au courant des travaux de reconstruction du pont de la Tay, près de Dundee; nous complétons aujourd'hui les renseignements déjà donnés à ce sujet par la description des plate-formes mobiles qui servent à édifier les piles en maçonnerie.

Nous rappelons que les fondations des soixante-dix piles du pont doivent être faites dans une baie où règnent de fortes tempêtes et où la marée atteint des hauteurs considérables; pour exécuter ce travail, il faut travailler à des profondeurs de 13<sup>m</sup>, 80 au-dessous du niveau des eaux. On comprend que, dans ces conditions, on ait dû chercher à combiner des systèmes d'échafaudages tout nouveaux, pouvant être mis en place rapidement et pouvant aussi être enlevés dans les mêmes conditions, tout en offrant une stabilité suffisante.

Ces échafaudages consistent en des sortes de radeaux ou plate-formes flottantes à quatre pieds, qui peuvent être remorquées très rapidement jusqu'au lieu où elles doivent être

employées. Ces plate-formes constituent un chantier de travail solide et offrant toute la sécurité voulue, chantier qui permet d'exécuter les maçonneries des piles, qui peut se fixer à n'importe quelle hauteur au-dessus du niveau de l'eau, et qui, enfin, après avoir été employé en un point quelconque, peut être réemployé ailleurs.

Les cylindres sont chargés à leur partie supérieure au moyen de rails en fer formant une sorte de plateau sur lequel on place des blocs de fonte, afin de déterminer leur descente.

Le dragage du sol, dans l'intérieur de la pile, se fait par des plongeurs et aussi à l'aide d'un excavateur de forme spéciale, manœuvré par une grue à vapeur placée sur la plate-forme.

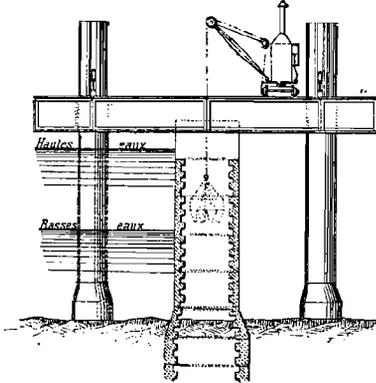


Fig. 2. — Vue de profil de la plate-forme servant à la construction des piles.

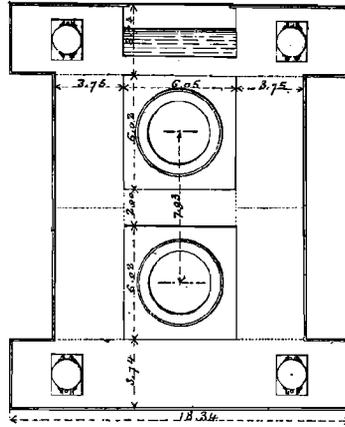


Fig. 1. — Plan de la plate-forme. Echelle de 1/300.

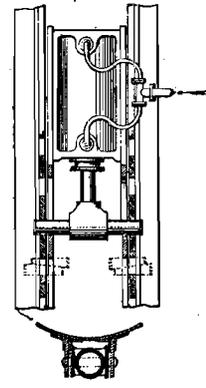


Fig. 3. — Presse hydraulique pour opérer la descente de la plate-forme.

Les figures 1 et 2 donnent une vue en plan (à l'échelle de 1/300) et une vue de profil de cet engin. La plate-forme en question est construite en tôle de fer forgée et munie de cloisons étanches indépendantes; elle a servi pour la construction des piles des treize premières travées du pont (côté Nord). Les quatre pieds des montants, en tôle, de forme cylindrique et renforcés à leur base, s'engagent dans des ouvertures circulaires pratiquées aux quatre coins de la plate-forme et peuvent y glisser. A la partie supérieure de ces montants se trouve une rainure formée de tôle et de fers cornières dans laquelle peut monter ou descendre le piston d'une presse hydraulique dont le cylindre est solidement fixé à la plate-forme. Le piston, en se soulevant ou en s'abaissant, soulève ou abaisse chacun des quatre montants auquel il correspond (voir fig. 3). On peut amener ainsi l'extrémité inférieure de ces montants au niveau convenable.

L'eau sous pression nécessaire à l'exécution de cette manœuvre est fournie par une pompe spéciale et emmagasinée dans un accumulateur. L'eau est ainsi comprimée à 50 atmosphères.

Les pompes de compression et l'accumulateur qui en dépendent sont logés dans une petite cabane en bois placée sur l'un des côtés de la plate-forme, ils reçoivent leur mouvement d'une locomobile logée sous le même abri.

Ceci posé, on amène la plate-forme à l'emplacement indiqué pour la construction de la pile, en ayant soin de soulever suffisamment les quatre montants, pour que, pendant le remorquage, ces montants ne puissent toucher le lit du fleuve, puis on amarre solidement lesdites plate-formes à des ancrs placés en aval. Ceci fait, on descend les quatre montants jusqu'à ce qu'ils s'appuient sur le sol, et, à l'aide des presses hydrauliques, on fait remonter la plate-forme qui ne repose plus, dès lors, que sur ses montants et qui se trouve hors de l'atteinte des vagues. On peut alors faire descendre les deux cylindres, dont l'ensemble constitue la pile de pont; ces cylindres passent, à cet effet, dans des ouvertures pratiquées dans la plate-forme, ainsi que le montrent les figures 1 et 2. Ces cylindres sont en fonte; pour augmenter leur poids, on les garnit intérieurement d'un revêtement en maçonnerie de briques dont les différentes assises ne sont pas de même largeur, afin d'obtenir des parois intérieures irrégulières et qui se lient, par suite, d'une façon plus intime avec le béton dont on remplit la partie centrale (fig. 2).

Aussitôt qu'une pile est parvenue à la profondeur voulue et qu'elle est achevée jusqu'au niveau des basses eaux, on peut faire descendre de nouveau la plate-forme, remonter les quatre montants et remorquer le tout à l'emplacement d'une nouvelle pile.

Deux des plate-formes construites sur le modèle de celle décrite ci-dessus ont été mises en service au mois de juin 1884; plusieurs autres sont en construction.

On peut encore appeler l'attention des constructeurs sur un câble métallique très incliné, servant à transporter les matériaux de construction.

L'installation de ce mode de transport est représentée figure 4. Le câble porteur passe sur des poulies fixées sur la superstructure de l'ancien pont (ce pont est situé à 20 mètres à l'aval de celui en construction) et est tendu au moyen de poids, ainsi que le montre la figure.

La caisse de transport des matériaux est suspendue sur le câble porteur par deux poulies mobiles mises en mouvement au moyen d'un treuil et du câble de traction sans fin placé parallèlement au câble porteur.

Il est enfin intéressant de signaler l'emploi des palplanches métalliques, dont la figure 5 donne une coupe horizontale. Ces palplanches, qui sont composées de plaques de fer bombées, sont employées aux fondations des piles isolées situées du côté Nord (côté de Dundee).

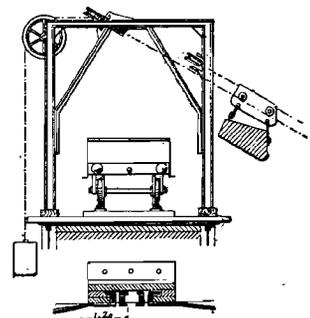


Fig. 4 et 5. — Elévation de la charpente qui porte les poulies du câble métallique servant au transport des matériaux et coupe horizontale des palplanches métalliques qui entourent les fondations des piles.

(Extrait de plusieurs journaux allemands et anglais).

## CHRONIQUE

### Chronique Française

**La coupole du grand équatorial de l'observatoire de Nice.** — M. Eiffel vient de terminer un travail sur lequel nous croyons intéressant d'attirer l'attention de nos lecteurs; il s'agit de la coupole qui doit abriter le grand équatorial de 18 mètres de longueur de l'observatoire de Nice.

L'observatoire de Nice, qui sera le plus beau de tous ceux existants, a été établi aux frais de M. Bischoffsheim, qui en fait don à l'État.

La coupole qui abritera l'équatorial a un diamètre de 22<sup>m</sup>,40. Or, la manœuvre d'une masse d'un poids aussi considérable présente des difficultés assez grandes.

En 1881, quand il s'agit, pour l'observatoire de Paris, d'installer le nouvel équatorial de 16 mètres de diamètre dont le diamètre devait être de 20 mètres, le Ministre des travaux publics ouvrit un concours et désigna vingt constructeurs pour y prendre part.

Parmi les projets qui parurent à la commission devoir être primés, se trouvait celui de M. Eiffel. Le principe nouveau adopté par ce dernier pour vaincre à bras d'hommes le frottement de roulement d'une masse aussi forte, consistait à faire porter sa construction entière sur un flotteur annulaire, plongé dans une solution concentrée de chlorure de magnésium.

Tout en reconnaissant l'originalité et le mérite du projet, plusieurs membres de la commission avaient présenté des objections de détail auxquelles il était facile de répondre. Aussi M. l'amiral Mouchez a-t-il adressé au Ministre un rapport favorable. La commande de la coupole a donc été donnée, en principe, à M. Eiffel par l'administration des bâtiments civils.

Devançant cette réalisation, M. Bischoffsheim demanda, en 1884, à M. Eiffel d'appliquer son système à la coupole du grand équatorial de l'observatoire de Nice.

Cette coupole peut être manœuvrée soit au moyen du flotteur seul, soit au moyen de galets roulant sur des rails. On a combiné les deux systèmes de façon à faire supporter aux galets un poids graduel, et on dispose ainsi, en augmentant ou en diminuant ce poids, de la résistance nécessaire pour obtenir une stabilité parfaite.

L'étude a également porté sur la fermeture du segment d'observation. Au lieu de trappes superposées, dont le fonctionnement était non seulement délicat, mais présentait encore l'inconvénient de laisser toujours passer la pluie et d'exposer les instruments à des détériorations continuelles, on a établi un volet unique à deux vantaux, placé à l'extérieur de la coupole et roulant sur deux fils de rails parallèles. Un système d'écrans intérieurs très légers abrite l'observateur qui peut diminuer à son gré l'ouverture d'observation.

La coupole de l'observatoire de Nice a 22<sup>m</sup>,40 de diamètre intérieur et 23<sup>m</sup>,00 de diamètre extérieur; c'est la plus grande qui ait été construite jusqu'à ce jour (celle de Paris a 12 mètres et celles de Vienne et de Saint-Pétersbourg 16 mètres seulement de diamètre). La demi-sphère de la coupole se termine inférieurement, à sa naissance, par une partie cylindrique verticale de même diamètre et de 1<sup>m</sup>,044 de hauteur.

Toute la construction est en acier et repose par l'intermédiaire d'un flotteur et de galets sur un mur circulaire. La coupole est mobile autour de l'axe vertical géométrique qui passe par son centre et est portée, à cet effet, par un flotteur annulaire placé à sa base. Celui-ci flotte avec sa charge dans une cuve également annulaire qui contient une dissolution de chlorure de magnésium.

Outre ce système, on en a disposé un autre constitué par une série de galets réunis entre eux à l'aide d'un cercle de fer; c'est sur la couronne ainsi formée que le roulement de la cou-

pole peut s'effectuer, indépendamment du système de flottaison. En temps ordinaire, ces galets n'auront à peu près aucune charge, mais ils s'opposent à tout mouvement d'oscillation de la coupole, auquel un grand vent pourrait donner lieu.

Quand celle-ci sera en flottaison normale, le seul frottement qui s'opposera à son mouvement de rotation sera un frottement au sein d'une masse liquide, lequel sera extrêmement faible malgré le très grand poids de la masse mobile.

L'effort à développer pour faire tourner la coupole sera très minime, et, en effet, les essais montrent qu'un seul homme la met facilement en mouvement à la main. Ajoutons enfin que l'existence simultanée de deux systèmes indépendants l'un de l'autre, pour la mise en mouvement de la coupole, offre le précieux avantage de permettre toujours les réparations à l'un de ces systèmes sans entraver les observations astronomiques.

Voici maintenant quelques détails sur la construction du flotteur annulaire et de sa cuve.

Le flotteur est ouvert par en haut comme un bateau non ponté; il a une section rectangulaire de 1<sup>m</sup>,50 de hauteur sur 0<sup>m</sup>,95 de largeur; ses parois sont reliées entre elles par des entretoises en acier. La cuve qui reçoit le flotteur et le liquide de flottaison a également une section rectangulaire (hauteur, 1<sup>m</sup>,50; largeur, 1<sup>m</sup>,20), elle repose sur trente-six supports en fonte répartis sur la partie supérieure de la tour en maçonnerie que surmonte la coupole.

Le guidage de la coupole dans le sens horizontal, c'est-à-dire son centrage, par rapport à l'axe vertical géométrique autour duquel elle doit tourner, s'obtient à l'aide de dix-huit galets horizontaux portés sur autant de consoles rattachées aux fermes de la coupole. Le chemin circulaire cylindrique contre lequel ils roulent est porté par les supports en fonte de la cuve.

Quant à la couronne de galets qui sert à effectuer la rotation de la coupole concurremment avec le flotteur, elle est composée de deux cornières circulaires et parallèles entretoisées et portant trente-six axes également distants et qui convergent au centre du plan de la coupole.

Sur chacun de ces axes sont fixés trois galets adjacents dont les diamètres respectifs sont tels que leurs circonférences appartiennent à un même cône ayant son sommet sur l'axe de la coupole. On est assuré ainsi de n'avoir point de frottement par glissement pendant la rotation de trois galets d'un même groupe.

Le travail de roulement est réparti entre ces trois galets comme suit: le galet du milieu porte la coupole; elle se meut à la partie supérieure de celui-ci par l'intermédiaire d'un chemin de roulement en fonte qui fait intérieurement le tour de la coupole à côté du flotteur, auquel il est relié; les deux autres galets se meuvent sur un chemin de roulement inférieur fixé sur les appuis de la cuve. Enfin, le guidage du mouvement circulaire des trois galets est assuré par des boudins dont on a muni le galet intérieur.

La manœuvre de la coupole se fait à l'aide d'un petit treuil fixe qui actionne un câble métallique sans fin enroulé sur le pourtour du flotteur et guidé convenablement.

En ce qui concerne le liquide servant à la flottaison, nous ferons remarquer que le chlorure de magnésium remplit les conditions indispensables à l'emploi auquel on le destine. On peut facilement se procurer le chlorure de magnésium en grande quantité. La dissolution de ce sel ne se congèle qu'à 40 degrés au-dessous de zéro quand il est à la densité de 1,25; elle n'attaque pas le fer ou l'acier revêtus d'une peinture; enfin, elle est peu vaporisable.

Pour terminer cette rapide description du système imaginé par M. Eiffel, nous ferons observer que le poids de la partie mobile est de 95,000 kilos, que le poids de la partie fixe est de 65,000 kilos, ce qui donne un poids total de 160,000 kilos.

Ce poids de 95,000 kilos est mis en mouvement soit directement à la main, et dans ce cas un seul homme suffit, soit par un petit treuil, et alors la durée de la rotation ne dépasse pas quatre minutes.

**Le Pavage en bois.** — M. Malo a traité dernièrement à la Société des Ingénieurs civils la question du pavage; il nous paraît intéressant d'analyser les principaux passages de cette étude faite par un homme aussi compétent.

La question du meilleur mode de pavage à adopter pour les grandes artères de la Capitale est en effet l'objet des études incessantes des ingénieurs de la voirie : cette question est fort difficile à résoudre, et nous voyons les essais se succéder sans que l'on s'arrête à tel ou tel système, chacun d'eux présentant, en effet, des avantages et des inconvénients. L'un des ingénieurs de la ville, M. Barabant, a été chargé d'étudier ce qui se fait à Londres où la circulation est au moins aussi active qu'à Paris, et il se dégage de ses études qu'il est absolument nécessaire d'adopter dans de grandes villes des systèmes consistant à interposer une couche relativement élastique, comme l'asphalte, le bois ou toute autre matière analogue entre les roues des voitures et l'assiette rigide de la chaussée, c'est-à-dire la couche de béton.

On a fait à Paris l'essai du pavage en bois, dans des proportions peut-être exagérées puisqu'on y renonce en plusieurs pays étrangers; mais il est possible que ce système soit avantageux pour les grandes voies largement aérées, c'est-à-dire partout où l'humidité n'est pas à craindre. Dans les rues humides, ce pavage pourrait causer de graves dommages à l'hygiène publique. Les villes de Londres, de New-York et de Washington en ont fait les premières la fâcheuse expérience, et leurs mécomptes doivent nous profiter.

Quoiqu'il en soit, il est certain que le pavage en pierre ne répond plus aux exigences actuelles. Si les pavés de pierre sont simplement posés sur une couche de sable, ils se disloquent rapidement, il ne tarde pas à se manifester des dénivellations qui amènent la détérioration des véhicules. Si on prend comme assiette un lit de béton rigide, ainsi que l'essai vient d'en être fait rue de Lafayette (1), on obtient une chaussée horriblement dure et bruyante; les pavés sont broyés entre leur ondation inflexible et les roues des camions, ils se fendent, se pulvérisent et on est ainsi obligé de faire subir au pavage des réparations continuelles.

M. Malo dit qu'à Berlin la surface des chaussées en asphalte comprimée s'est développée depuis dix ans dans des proportions inattendues; de 10,000 mètres carrés qui existaient en 1876, elle s'est élevée à 320,000 mètres carrés en 1884.

Le pavage en bois qui avait pris une certaine extension a été successivement réduit et remplacé par l'asphalte. Tant à cause de son odeur lorsqu'il est saturé de goudron, qu'à cause de sa propension à la pourriture lorsqu'il est comme celui de Paris, trempé seulement, le pavage en bois est définitivement condamné à Berlin. L'asphalte semble destiné à supplanter le pavé de pierre dans les rues de luxe de la Capitale allemande, mais il faut bien remarquer que, pour obtenir avec l'asphalte des résultats satisfaisants, il est essentiel d'employer de bonnes matières et de les appliquer correctement.

Aux termes du nouveau cahier des charges des travaux d'asphalte de la ville de Paris, les prix de l'asphalte comprimé sont :

Couche d'asphalte de Seyssel ou du Val de Travers comprimé à 0 <sup>m</sup> ,05 d'épaisseur, le mètre superficiel. fr.	14 »
Béton de ciment de Portland servant d'assiette à l'asphalte, 0 <sup>m</sup> ,15 d'épaisseur, le mètre superficiel . . . . .	5 40
Ensemble, asphalte et béton. . . . .	19 40

Exceptionnellement, la rue de Richelieu refaite il y a 18 mois a été établie en raison de son trafic excessif, eu égard à la largeur de la chaussée, avec une couche de béton de 20 centimètres d'épaisseur et une couche d'asphalte de 6 centimètres. Le prix du mètre superficiel ressort ainsi à 23 fr.

Mettons en regard de ces prix ceux du pavage en bois.

Le pavage en bois posé à Paris dans ces derniers temps est formé d'un lit de béton de ciment de Portland de 0<sup>m</sup>,15 d'épais-

seur, recouvert d'un revêtement en pavé de sapin de 0<sup>m</sup>,15 d'épaisseur, trempé dans la créosote (mais non injecté), les fibres placées verticalement.

Voici les prix payés par la Ville :

Prix du mètre superficiel de pavage 23 fr.

Entretien annuel (selon les entreprises), le mètre superficiel de 2 fr. 60 à 2 fr. 95.

L'établissement du pavage en bois est payé par annuités, à raison de 2 fr. 42 par année et par mètre superficiel pendant 18 ans.

L'asphalte présente sur tous les systèmes connus jusqu'ici des avantages incontestables pour l'établissement des chaussées; son seul inconvénient est le glissement des chevaux lorsqu'une pluie fine commence à tomber sur l'asphalte. Lorsque ce dernier est sec ou très mouillé, il est rare que les chevaux glissent, c'est donc une simple question d'arrosage. Il est incontestable qu'au delà d'une certaine pente, il y a inconvénient à employer l'asphalte.

On a parlé dans différents journaux d'un pavage nouveau expérimenté à Berlin et qui consisterait en briques ou matière céramique imprégnée d'asphalte. M. Malo dit que ce système, s'il a été expérimenté pendant quelque jours, n'offre rien de sérieux. Toute espèce de matière poreuse peut s'imprégner d'asphalte. On croyait qu'en introduisant du bitume dans la brique, on donnerait à cette brique les propriétés de l'asphalte et on lui communiquerait une sorte d'élasticité; c'était une grosse erreur, car si on introduit du bitume dans une brique, on ne change rien à sa constitution moléculaire.

### Chronique Etrangère

**Le pont Tekapo, comté de Mackensie (Nouvelle-Zélande, procédés d'exécution des fondations des piles).**

— Les deux provinces de Canterbury et d'Otago, dans la Nouvelle-Zélande, sont séparées par la rivière Tekapo; les communications s'effectuaient jusqu'ici à l'aide d'un bac, mais le passage devenait dangereux pendant la saison des hautes eaux : on résolut, en conséquence, d'établir un pont fixe au point où la rivière sort du lac Tekapo. Ce lac est à une altitude de 696 mètres au-dessus du niveau de la mer et forme une nappe d'environ 15 milles de longueur. Il est alimenté principalement par des cours d'eau qui prennent leur source dans les glaciers qui couvrent les montagnes environnantes. Ces cours d'eau deviennent torrentiels à l'époque de la fonte des neiges.

La composition géologique du lit du lac ne permet pas qu'on y enfonce des pieux; aussi a-t-on été obligé de faire un pont à grande portée.

Ce pont a trois travées; la travée centrale a 45 mètres, et les deux autres, chacune 22<sup>m</sup>,5. Le tablier est supporté par une poutre construite en bois du pays.

Cette poutre est placée sur des colonnes en béton et elle est soutenue par 28 câbles métalliques passant sur des poulies de fer fixées au sommet des colonnes en béton prolongées à cet effet au-dessus du point sur lequel s'appuie le tablier.

Ces colonnes mesurent à la base 1<sup>m</sup>,80 de diamètre, et au sommet 1<sup>m</sup>,05; la plus haute a 14<sup>m</sup>,40 de la base au sommet. Elles sont fondées sur des pilotis de bois du pays, battus à une profondeur de 4<sup>m</sup>,80 ou 5<sup>m</sup>,40, et placés à des distances irrégulières, attendu qu'on était obligé de profiter des endroits où le sol offrait une moins grande résistance. Ces pieux ont été ensuite récépés à 0<sup>m</sup>,225 au-dessous du niveau des plus basses eaux d'hiver et on a coulé du béton dans l'intervalle compris entre les têtes.

Pour cela, on commençait par entourer l'emplacement occupé par les pieux d'un caisson en bois de 3<sup>m</sup>,60 de côté, et d'une hauteur telle que le bord dépassait le niveau de l'eau. Ce caisson était maintenu en place par de lourdes pierres; on étendait ensuite une bâche sur les parois de façon à détourner le courant de la rivière.

(1). Voir notre numéro 61 du 10 janvier 1885.

Le travail étant ainsi préparé, on procédait au coulage du béton à l'aide d'un tuyau rectangulaire en bois de 0<sup>m</sup>,25 de côté à la base, et de 0<sup>m</sup>,16 de côté seulement à son extrémité supérieure. Ce tuyau était surmonté d'une trémie; son extrémité inférieure était fermée par une porte que l'on pouvait facilement manœuvrer au moyen de cordes.

Enfin, le tuyau avec ses accessoires était suspendu par des palans à un échafaudage roulant, de sorte qu'on pouvait le déplacer dans tous les sens et le manœuvrer avec la plus grande facilité.

On commençait par remplir le tube de béton, après avoir eu soin de fermer son orifice inférieur (cette opération s'exécutait à l'air libre au-dessus de la rivière); on abaissait ensuite le tube de façon à l'immerger et à amener son orifice fermé au contact du fond de la rivière; pendant cette opération, on continuait à le remplir de béton, en ayant bien soin, bien entendu, de maintenir l'orifice supérieur toujours au-dessus de l'eau.

Lorsque l'orifice inférieur du tuyau touchait le lit de la rivière, on enlevait l'obturateur; le béton ne s'écoulait pas, puisque le tuyau reposait sur le terrain; on achevait de remplir ce tuyau, ainsi que la trémie qui le surmontait; enfin, on le soulevait légèrement. Le béton s'écoulait alors doucement, au fur et à mesure que l'on en chargeait de nouvelles quantités dans la trémie.

Ce coulage s'effectua sans encombre dans les caissons et entre les pilotis. Après un tassement de huit à dix jours, on put enlever le caisson, et il resta un bloc parfaitement solide.

Le béton était confectionné, en premier lieu, au moyen de pierres cassées, mais on reconnut qu'on obtenait de meilleurs résultats par l'emploi de scories de forges.

Les parties supérieures des colonnes ont été formées avec du béton composé de une partie de ciment pour quatre de pierres, les murs en ailes et les culées ont été faits avec du béton composé d'une partie de ciment pour huit de pierres.

Lorsque l'ouvrage fut complètement achevé, on le mit à l'épreuve en faisant passer une charge roulante de 20 tonnes environ; on constata alors une flexion verticale de 0<sup>m</sup>,0003 et une oscillation latérale de même importance.

Voici maintenant quatre années que le pont est en service; on n'a encore constaté aucune déformation ni dans les maçonneries, ni dans la charpente.

(Société des Ingénieurs civils de Londres.)

**Pont-levis construit sur le Danube.** — On a établi dernièrement, entre une île du Danube où est installé un chantier de construction de bateaux, et la rive du fleuve, un pont-levis qui a 56 mètres de longueur, et qui se compose de 3 travées. Les deux travées extrêmes sont fixes, la travée du milieu est mobile; cette travée, qui a 21 mètres de portée, peut être soulevée verticalement.

A cet effet, les deux piles sont surmontées de constructions métalliques ayant la forme d'un portail. Les montants verticaux de ce portail portent des rainures servant de guides aux extrémités du pont-levis; enfin, dans la partie centrale de ces mêmes montants, se meuvent les contrepoids qui équilibrent complètement le poids de la travée mobile. Ces contrepoids sont attachés aux extrémités d'une chaîne double qui passe sur des poulies placées à la partie supérieure des montants et dont les autres extrémités sont fixées aux deux bouts de la poutre du pont.

Le poids de la travée mobile est de 45,000 kilog.; cette travée étant parfaitement équilibrée, ainsi qu'il vient d'être expliqué, on n'a qu'à vaincre la résistance due au frottement, soit pour la montée, soit pour la descente.

Au milieu de chacune des poutres maîtresses du pont, se trouve un treuil à l'aide duquel on manœuvre deux poulies

montées sur un arbre commun. Ces poulies commandent les chaînes à l'aide desquelles on soulève ou on abaisse le pont-levis. Deux hommes suffisent pour soulever le pont à une hauteur verticale de 4 mètres, ce qui donne un passage libre de 12 mètres au-dessus du niveau d'étiage du fleuve. La manœuvre dure sept minutes. Le pont a une largeur de 6 mètres. Les poutres maîtresses à treillis sont assemblées à l'aide de poutres transversales; le tablier se compose d'un plancher sur lequel on a posé un pavage en bois.

(Bulletin de la Société des Ingénieurs et Architectes de Vienne.)

**Exhaussement d'une voûte de pont.** — Les fig. 1 et 2 représentent les coupes longitudinale et transversale d'un pont d'une ouverture de 10 mètres et d'une flèche de 1<sup>m</sup>,30, que l'on a été dans la nécessité de rehausser. L'opération a parfaitement réussi.

La voûte a une largeur de 4<sup>m</sup>,60 et une épaisseur à la clef de 0<sup>m</sup>,88. On a commencé par la soutenir au moyen de 5 cintres en bois de sapin (plus tard on remplaça les cintres en bois par des cintres en fer) qui s'appuyaient chacun sur 4 montants verticaux en bois assemblés par des moises. Chaque rangée de montants

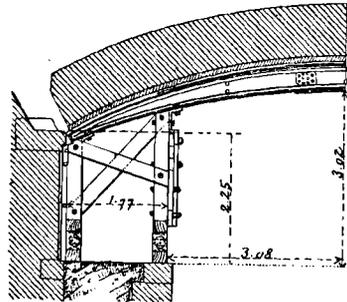


Fig. 1. — Coupe transversale.

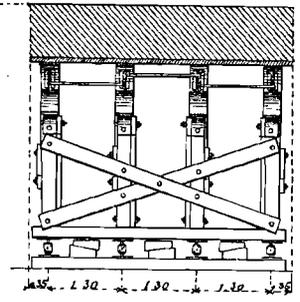


Fig. 2. — Coupe longitudinale.

reposait sur deux longrines séparées par des coins doubles; entre ces longrines, et dans le milieu de l'intervalle compris entre deux systèmes de coins, on plaça des verins. Les longrines inférieures étaient posées directement sur le sol et à tous les endroits où il n'y avait pas un contact intime de la longrine et du terrain, on intercala des coins ou des cales en fer. Ces dispositions terminées, on coupa la voûte au sommet des culées en détachant avec le marteau et le ciseau les pierres inférieures du parement de la voûte, ainsi que la maçonnerie de remplissage. On ne conserva que trois points d'appui, qu'on n'enleva qu'au moment de l'opération du rehaussement et simultanément. Lorsque la voûte, qui pesait 180 tonnes, fut ainsi suspendue entièrement sur les cintres, il se produisit quelques fissures et on constata à la clef un affaissement de 4 centimètres. On donna un tour aux verins, et, à la première rotation, on ne remarqua aucun mouvement appréciable de la voûte; on continua, et, dans la suite, la marche fut très uniforme. A chaque hausse de 0<sup>m</sup>,025, on arrêta le mouvement des verins pour serrer les cales entre les longrines.

Pour surélever la voûte de 0<sup>m</sup>,43, il a fallu 14 heures de travail. Le rehaussement a donc été de 0<sup>m</sup>,03 par heure. Pendant l'opération, il s'est produit un autre affaissement de 0<sup>m</sup>,02 des cintres, et les fissures, qui s'étendaient d'un bout à l'autre de la voûte, et qui étaient au nombre de 8, restèrent parfaitement visibles; elles avaient une largeur de 0<sup>m</sup>,01, mais elles se rétrécissaient ensuite dans l'intérieur de la maçonnerie sans atteindre l'extrados. Ces fissures ont été remplies avec un mortier fin et homogène, composé de parties égales de ciment portland et de sable. On pratiqua plusieurs trous de mine qui ont servi à l'introduire dans les fissures en question. On laissa le mortier faire prise pendant 8 jours et on acheva la voûte ainsi surélevée. On constata bien un nouvel affaissement de 0<sup>m</sup>,0015, mais on ne

remarquas pas d'autres fissures. En résumé, l'opération a réussi aussi bien que possible et on possède ainsi une méthode susceptible de rendre des services dans certains cas.

#### Endiguement des grands cours d'eau des États-Unis.

Le rapport de M. Cadart, ingénieur des ponts et chaussées, contient des renseignements intéressants sur les méthodes employées en Amérique pour l'endiguement des fleuves. Les grandes rivières des États Unis, le Mississipi et ses affluents, ont des fonds peu résistants, charrient de grandes quantités de matériaux et ont par suite un cours changeant et fort irrégulier.

Afin de remédier aux inconvénients d'un tel état de choses, au point de vue de la navigation, on cherche à rétrécir le lit des cours d'eau. On arrive à ce résultat en maintenant les berges et en les garantissant contre les corrosions à l'aide d'épis composés :

1° D'une partie à peu près perpendiculaire à la direction du courant, mais légèrement inclinée vers l'amont, de façon que les hautes eaux qui passent par dessus soient rejetées vers l'intérieur ;

2° D'une digue longitudinale placée à l'extrémité de la construction précédente et vers l'aval ;

3° D'un éperon placé à l'intersection des deux ouvrages dont il vient d'être question et faisant avec chacun d'eux des angles égaux. Cet éperon qui est dirigé vers l'amont n'a qu'une faible longueur ; il sert à protéger la digue longitudinale en brisant le courant.

Enfin, l'épi comprend encore une petite partie de protection de rive à l'aval de la jetée perpendiculaire à la direction du courant, pour éviter la corrosion lorsque les hautes eaux passent par dessus l'épi ; la longueur de cette partie varie, elle est au moins de 12 à 15 mètres.

Toutes les parties de l'épi s'élèvent à une hauteur intermédiaire entre celle des hautes et basses eaux. L'ouvrage est composé de *nattes*, sortes de nattes formées par la juxtaposition de fascines et d'enrochements.

Lorsqu'on a affaire à des grandes rivières, comme par exemple le Missouri et le Mississipi, dont les eaux sont animées de grandes vitesses, le système décrit précédemment serait beaucoup trop dispendieux. On préfère alors utiliser les transports de vase, de sable et de débris végétaux pour construire économiquement des ouvrages destinés à éviter les corrosions si considérables des berges et à fixer le chenal en l'approfondissant.

A cet effet, on forme une couverture continue sur toute l'étendue des terrains à protéger, en disposant des couches de branchages de 20 à 30 centimètres d'épaisseur, reliés entre eux par des fils de fer.

Cette sorte de natte a souvent une largeur de 40 à 50 mètres. On la construit sur un bateau spécial et on l'immerge, soit en faisant reculer le bateau vers l'aval après avoir chargé la natte de pierres ou de graviers ou même de terre, lorsque le courant n'est pas trop fort.

On interpose quelquefois entre deux couches de branchages une petite couche de foin, ce qui diminue la dépense, sans diminuer les qualités de l'ouvrage.

On emploie pour ces sortes de travaux du bois de saule que l'on trouve en abondance près des rivières :

Les couches de branchages dont il est parlé ci-dessus, doivent être établies jusqu'au niveau des hautes eaux, sur des berges dont l'inclinaison ne dépasse pas 2.5 ou 3 de base pour 1 de hauteur.

On obtient cette inclinaison en désagrégeant la berge au moyen d'un courant d'eau sous pression. L'eau aspirée par une pompe à vapeur, est refoulée dans un tuyau terminé par une lame dont l'orifice a environ 25 millimètres de diamètre. La pression de l'eau, déduction faite des pertes de charge dans les tuyaux est de 14 kilogrammes par centimètre carré. Le débit est de 50 à 60 litres par seconde.

Ce système donne, paraît-il, d'excellents résultats dans le sable ; on peut enlever jusqu'à 600 mètres cubes dans une journée à un prix inférieur à 0 fr. 10. Dans l'argile et même dans les terres où on rencontre des racines, les résultats quoique moins bons sont encore très satisfaisants. On peut compter sur un prix moyen de 10 à 15 centimes par mètre cube de terre enlevée.

En comparant ce procédé au réglage à la pelle, on trouve que ce dernier coûte au moins le double. Il faut également tenir compte de ce fait, qu'avec la pelle, on ne peut pas raccorder dans l'eau le talus naturel de la rivière comme on le fait par le système hydraulique.

Dans les conditions décrites ci-dessus, l'établissement des travaux de protection des rives reviennent à 30 ou 35 francs le mètre courant avec une largeur de 30 à 40 mètres.

Le rétrécissement du chenal s'obtient en provoquant des dépôts de sable, de vase et de matériaux entraînés par le courant, dans les parties concaves des rives. On emploie, à cet effet, des digues flexibles et perméables qui ralentissent le courant sans l'arrêter complètement et sans provoquer les remous qui se produiraient infailliblement avec des digues fixes et rigides.

Un premier moyen consiste à attacher des petits branchages à une pièce de bois ou à un câble de 6 à 10 mètres de longueur et de 10 à 20 centimètres d'épaisseur. On obtient ainsi une espèce de grand fagot ayant la forme d'une plume.

La partie inférieure de ce fagot est assujettie au fond, au moyens de pierres qui y sont attachées, quant à la partie supérieure elle est maintenue aussi près que possible de la surface au moyen d'un flotteur attaché par une corde.

On dispose une ligne de ces fagots, en les éloignant de 3 à 6 mètres les uns des autres, et on constitue ainsi une digue flexible derrière laquelle viennent s'accumuler les matériaux transportés par le courant.

Un second moyen consiste à employer des claies formées de petits pieux battus en ligne droite à des distances de 1<sup>m</sup>.50 à 2 mètres. Entre ces pieux on engage horizontalement des branchages qu'on fait passer alternativement d'un côté et de l'autre.

L'emploi des claies ne s'applique qu'au cas où les profondeurs d'eau ne dépassent pas 2 ou 3 mètres.

Enfin, on provoque aussi les atterrissements, en construisant des rideaux de saule. Ces rideaux sont formés de branches de saules de 2 à 3 centimètres d'épaisseur, placées parallèlement les unes aux autres, à des distances de 15 à 20 centimètres, et réunies par des fils de fer. La partie inférieure est maintenue au fond par des poids, tandis qu'à la partie supérieure sont attachés des flotteurs empêchant le rideau de se coucher sur le fond.

On a essayé aussi, avec beaucoup de succès, l'emploi de rideaux composés exclusivement de fils de fer formant un réseau dont les mailles sont triangulaires, carrées ou hexagonales.

Les rideaux qui constituent une digue sont souvent placés parallèlement, les uns aux autres, à des distances de 10 à 15 mètres dans le sens du courant ; et en recoupe sur près de de la moitié de leur longueur ; d'autres fois, la digue est continue.

Dans les opérations dont il vient d'être question, le battage des pieux a une grande importance. Dans les fonds sableux du Missouri et de quelques rivières, le battage au mouton ne donnait que des résultats imparfaits et était fort dispendieux. On a alors employé avec le plus grand succès un jet d'eau sous pression.

L'eau est envoyée par une pompe à vapeur dans une lance de 4 à 5 centimètres de diamètre, à une pression de 10<sup>e</sup> par centimètre carré.

La lance est introduite dans une mortaise pratiquée à la base du pieu.

Quand le terrain offre une assez grande résistance, on emploie le mouton concurremment avec le jet d'eau.

**Barrage construit près Pretzien.** — On a construit près de Pretzien un barrage mobile, sur l'Elbe, qui offre certaines particularités utiles à signaler.

Le barrage comprend 8 piles et 2 culées; les piles sont écartées de 12<sup>m</sup>554; chaque pile est fondée sur un massif de béton de 1<sup>m</sup>20 d'épaisseur maintenu par une ceinture de pieux; au-dessus de cette couche de béton se trouve un massif de maçonnerie de moellons, avec couronnement en blocs de grès. Les pieux et palplanches qui entourent ces massifs de fondation ont 4<sup>m</sup>70 de hauteur, 13 centimètres de diamètre, et leur tête est arasée à 1<sup>m</sup>50 au-dessous du niveau du seuil du barrage.

Les culées sont construites avec des murs en aile qui maintiennent le talus des rives. Les piles intermédiaires, dont les avant-becs sont circulaires, ont une largeur de 2<sup>m</sup>20; elles sont réunies par un seuil continu en maçonnerie. Leur hauteur au-dessus de ce seuil est de 4<sup>m</sup>77; elles supportent, du côté aval, un pont formé de deux poutres de tôle de 0<sup>m</sup>86 de hauteur, distantes de 2<sup>m</sup>30. A ce pont sont suspendus de solides montants qui servent de coulisses et de soutiens aux portes du barrage. Comme ces montants verticaux sont soumis à une forte pression due à la retenue d'eau, les semelles inférieures des deux poutres du pont métallique sont reliées ensemble et solidement clavetées dans la tête amont des piles.

En amont du barrage se trouve un deuxième pont formé de poutres en bois, armées. L'intervalle de 0<sup>m</sup>40 existant entre ce pont en charpente et le pont métallique auquel sont suspendus les appareils de fermeture, sert à opérer la pose ou l'enlèvement des portes; dans ce but, on a posé de chaque côté de cette fente, et par suite sur chacun des deux ponts, un rail qui sert à déplacer le treuil roulant à l'aide duquel on soulève les portes et les montants mobiles.

Sur le pont en bois, on a posé une deuxième voie sur laquelle circulent les wagonnets servant au transport des portes ou panneaux du barrage.

Dans l'intervalle existant entre deux piles consécutives, on a 8 montants mobiles autour d'une charnière, à leur extrémité supérieure, et munis à leur extrémité inférieure d'un décliv mobile traversé perpendiculairement par un boulon qui s'appuie contre les deux mâchoires d'un sabot fixé lui-même sur une platine de fondation scollée solidement dans le seuil du barrage. Grâce à cette disposition, une partie de la pression exercée par la retenue de l'eau est transmise au seuil.

Lorsqu'on veut ouvrir le barrage, il faut enlever les montants mobiles qui maintiennent les panneaux; à cet effet, on exerce sur ces montants une traction à l'aide d'une chaîne fixée à l'extrémité de la partie postérieure des dits montants et d'un treuil roulant. Cette chaîne est non seulement attachée au montant, mais au décliv placé au pied de ce montant, de sorte

que dès qu'on commence à tirer sur la chaîne, le décliv se sculère, le boulon qui s'appuyait sur les mâchoires du sabot quitte sa position d'équilibre, et le montant peut, dès lors, obéir à la traction de la chaîne; il prend alors une position horizontale.

Lorsqu'on veut fermer le barrage, il faut replacer les montants dans leur position verticale; le courant oppose à ces montants une force qu'il faut vaincre en exerçant sur eux une traction dans le sens opposé à ce courant; cette traction s'exerce à l'aide d'une chaîne qui ramène également le boulon du sabot inférieur dans la position d'enclenchement.

Les montants mobiles sont formés de deux fers à U rivés dos à dos; on obtient ainsi une pièce présentant deux rainures servant à guider les panneaux de fermeture. Les montants sont, de plus, contreventés dans le sens perpendiculaire à l'axe du

fleuve, au moyen de contrefiches; on évite ainsi tout mouvement latéral. Ces contrefiches sont articulées. Les panneaux, qui sont au nombre de quatre pour chaque intervalle de deux montants consécutifs, sont superposés; ils mesurent 1<sup>m</sup>310 de longueur, et 0<sup>m</sup>837 de hauteur. Ils sont faits avec de la tôle bombée de 0<sup>m</sup>006 d'épaisseur et renforcés des deux côtés avec des fers plats de 0<sup>m</sup>010, et encadrés avec du fer de 0<sup>m</sup>080. Le cadre supérieur est muni de deux poignées qui servent à attacher un câble en fil d'acier fondu de 0<sup>m</sup>007; il y a deux câbles pour chaque panneau; ces deux câbles sont réunis à un anneau; les anneaux sont accrochés à des crochets fixés sur un levier placé sur le pont de manœuvre.

Les pièces qui renforcent les côtés des panneaux portent, en leur milieu, un crochet à vis qui saisit le montant mobile, afin de les empêcher de tomber au dehors, lorsqu'ils ne sont plus maintenus dans leur position normale par la pression de l'eau.

L'enlèvement des panneaux et la manœuvre des montants mobiles se font à l'aide de treuils roulants. On emploie, pour l'ouverture et la fermeture du barrage, trois treuils pour les montants et trois treuils pour les panneaux. La manœuvre exige le concours de vingt ouvriers et peut s'effectuer en huit heures.

En aval du barrage, on a construit un éperon très solide, placé à 0<sup>m</sup>60 en contrebas du seuil; cet éperon consiste en un pavage en blocs de grès de 8 mètres de largeur, de 0<sup>m</sup>80 d'épaisseur, et ayant la longueur du barrage.

Les blocs de grès sont posés sur une couche de moellons bruts de 1<sup>m</sup>10 d'épaisseur, maintenus par une file de palplanches de 6<sup>m</sup>30 de longueur.

À la suite de cet éperon, sur une longueur de 21 mètres, se trouve encore un lit de moellons ayant environ 1<sup>m</sup>30 d'épaisseur, maintenu comme l'éperon par une file de palplanches. Ces précautions étaient indispensables pour éviter les affouillements; on a reconnu d'ailleurs leur efficacité.

**Nouvelle méthode pour la construction des tunnels sous-marins.** — Cette méthode s'applique non-seulement pour la construction des tunnels sous-marins, mais aussi pour la pose des canalisations qui doivent traverser les baies, les fleuves, les canaux, etc.

Si le fleuve, la rivière ou le cours d'eau dans le lit duquel doit passer le tunnel ou la conduite, ont des rives escarpées, on

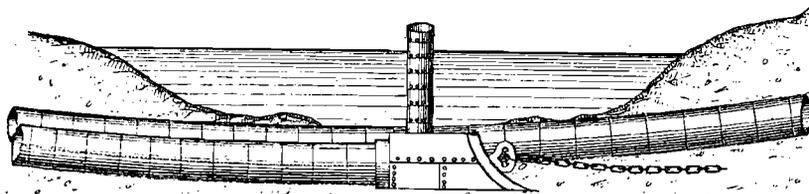


Fig. 1. — Coupe en travers du fleuve montrant l'un des tunnels déjà posé et l'autre en train de cheminer d'une rive à l'autre.

pratique dans ces rives une tranchée perpendiculaire à l'axe de la rivière jusqu'au niveau que doit occuper le tunnel. On remorque alors le caisson qui servira à la construction de l'ouvrage, et on l'amène dans la tranchée dont il a été question ci-dessus. Ce caisson est ensuite descendu au fond de la tranchée, sa cheminée dépassant le niveau de l'eau, ainsi que le montre la fig. 1.

On pose dans cette même tranchée une certaine longueur de tuyaux en tôle rivés les uns aux autres et ayant le diamètre voulu. Supposons que cette première partie du tunnel soit composée de six tuyaux de 3 mètres de longueur chacun et de 2<sup>m</sup>,40 de diamètre, ce qui donne une longueur totale de 18 mètres. On fait pénétrer l'extrémité antérieure de ce tuyau dans le caisson, et on continue à river de nouveaux tubes en opérant dans l'intérieur du caisson. Ce dernier doit avancer au

fur et à mesure. A cet effet, on le construit en fer forgé et on munit son extrémité antérieure d'un éperon ayant la forme d'un soc de charrue. A l'extrémité opposée se trouve une boîte à garniture qui permet au tuyau de glisser au fur et à mesure de l'avancement du caisson sans laisser passer l'eau. Le mouvement d'avancement est obtenu à l'aide d'une chaîne, ainsi que le montre la figure. On a eu soin de pratiquer, au moyen de la drague, une sorte de fossé dans le lit du fleuve, de sorte que la direction du chemin que le caisson doit suivre est parfaitement déterminée.

Il est nécessaire que, pendant tout le travail d'assemblage des segments successifs de la conduite, le caisson reste dans une position parfaitement stable. C'est ce que l'on obtient à l'aide d'énormes pieux d'ancrage qui traversent le fond du caisson et qui s'enfoncent dans le sol.

A mesure que le caisson pénètre dans des parties de la rivière où les eaux sont plus profondes, on le lesté.

L'opération inverse s'exécute lorsqu'on arrive dans des parties voisines de la rive opposée.

Il paraît qu'en employant la méthode qui vient d'être décrite, on peut traverser une rivière en tunnel moyennant une dépense moindre que celle résultant de l'établissement d'un pont ordinaire.

(American Engineer.)

De chaque côté du palais, se trouve une entrée principale correspondant aux extrémités des grandes nefs en croix. Les façades seront construites en maçonnerie de pierre de taille dans le style des arcs-de-triomphe romains couronnés de figures allégoriques.

Ce qui nous intéresse surtout au point de vue de la construction, c'est la disposition adoptée pour la charpente métallique.

La fig. 1 donne une coupe transversale de la grande halle.

La fig. 2 représente une coupe horizontale des colonnes placées aux encoignures des cours, et la fig. 3 une coupe des colonnes qui supportent les toitures des pavillons.

Les fermes sont placées à des distances de 6 mètres les unes des autres; les montants en treillis sont posés sur des plaques de fondation en fonte reposant elles-mêmes sur des blocs en maçonnerie dont la surface supérieure est composée de pierres de taille et le reste du massif en blocs de béton reliés entre eux par des arcs de voûte.

Toutes les poutres formant la toiture de la halle sont en treillis. Quant aux colonnes ou piliers, ils sont constitués par des fers cornière réunis les uns aux autres par des barres de fer formant treillis.

La couverture proprement dite est faite avec des ardoises; seuls les pavillons d'angle seront couverts de tole galvanisée

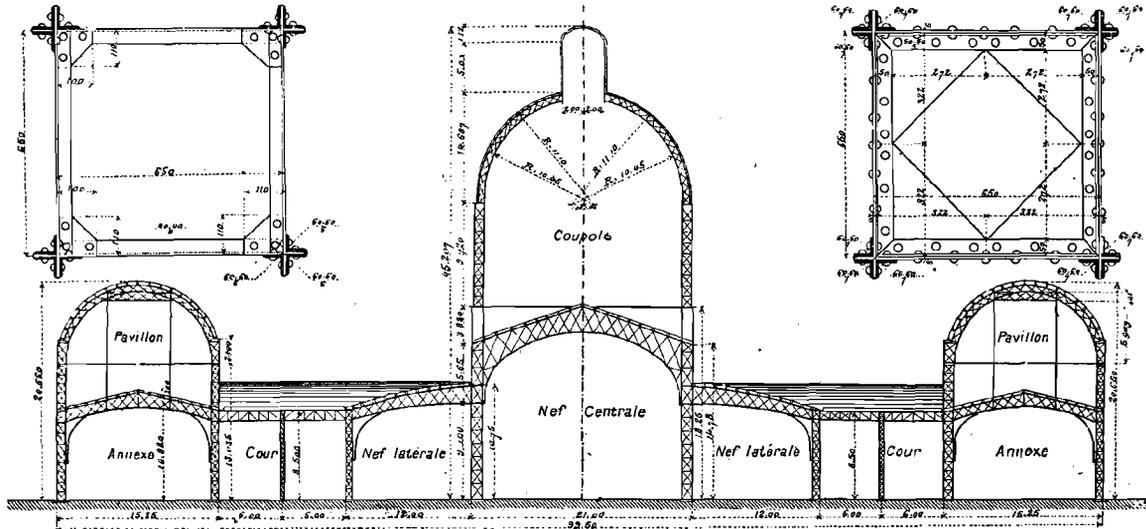


Fig. 2.

Fig. 1.

Fig. 3.

**Le Palais de l'Industrie à l'Exposition nationale de Budapesth en 1885.** — Cette année a lieu à Budapesth une grande exposition pour laquelle on a construit un immense palais. On a mis le projet au concours.

Ce palais occupe une surface totale de 13,920 mètres carrés et en déduisant les quatre cours une surface de 12,480 mètres carrés.

Il comprend un corps de bâtiment central ayant en plan la forme d'un carré et recouvert par un dôme de 45 mètres de hauteur depuis le sol jusqu'au sommet du lanterneau qui surmonte ce dôme.

De cette partie centrale, partent en forme de croix deux galeries principales. Les extrémités de ces galeries qui constituent les 4 branches de la croix se relie à d'autres galeries plus basses qui forment en plan les 4 côtés d'un carré dans lequel se trouve inscrite la croix en question.

Les espaces existant entre les galeries en croix et la galerie de pourtour restent libres et servent de cours.

Enfin aux quatre coins de ce palais, on a projeté des pavillons surmontés d'une coupole.

posée sur cloisonnage de 4 cent. supportée par des pannes de 24 X 10 cent.

Le poids total de la partie métallique est de 5,600 quintaux dont 830 quintaux pour les coupoles, ce qui donne un poids moyen de 45 kil. par mètre carré de surface construite.

(Société des Ingénieurs et Architectes de Vienne.)

**Travaux exécutés à Londres sur le chemin de fer métropolitain.** — On exécute de temps en temps de nouvelles sections sur le réseau métropolitain de Londres; et ces travaux présentent quelquefois des difficultés assez sérieuses.

Nous avons déjà donné, d'après l'Engineering, une étude sur les travaux nécessités par la construction d'un souterrain devant livrer passage à la voie ferrée au-dessous d'immeubles qu'on ne pouvait songer à démolir.

Nous croyons intéressant de compléter ces renseignements en reproduisant d'après des journaux anglais et allemands, les profils-types les plus couramment adoptés pour le métropolitain de Londres, et d'indiquer en même temps les méthodes de construction suivies habituellement.

On sait que le métropolitain est tantôt souterrain, tantôt en tranchée à ciel ouvert.

On distingue ainsi deux types principaux.

Le type des parties en souterrain comprend lui-même deux variantes suivant que l'on peut disposer de 5<sup>m</sup>,50 ou de 3<sup>m</sup>,90 seulement entre le niveau du champignon des rails et l'intrados de la voûte.

Soit donc en tout 3 profils différents.

Le profil n° 1 a une hauteur de 5<sup>m</sup>,50, entre le sommet du champignon du rail et la clef de la voûte. Les culées, le radier et les murs du tunnel sont en béton de ciment. La voûte proprement dite est en maçonnerie de briques (fig. 1).

en plein cintre. On donne généralement la préférence à cette dernière forme, bien que les parties métalliques soient alors complètement cachées et que leur visite et leur entretien soient alors impossibles.

En Angleterre on préserve les poutres métalliques de la façon suivante : on donne d'abord une couche de minium, puis deux couches à chaud d'une peinture formée d'un mélange de goudron et de chaux. On fait bouillir ensemble le mélange de goudron et de chaux éteinte. Les ingénieurs anglais prétendent qu'une pareille composition préserve mieux le fer contre la rouille qu'une peinture à l'huile, et qu'elle demande d'ailleurs beaucoup moins d'entretien.

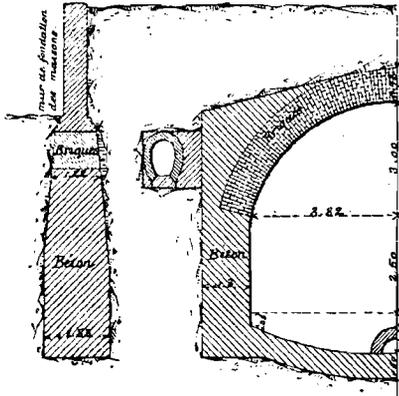


Fig. 1. — Demi-coupe transversale d'une partie de voie en tunnel dans le cas où l'on dispose d'une hauteur suffisante.

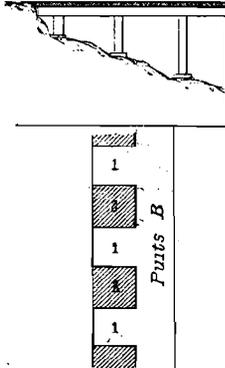


Fig. 2 et 4. — Fouille de la rue et pose du plancher provisoire. Fig. 4. — Méthode employée pour la reprise en sous-œuvre des fondations.

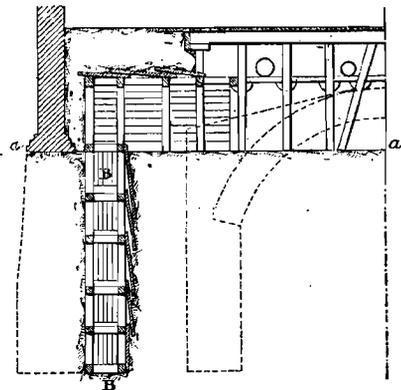


Fig. 3. — Demi-coupe transversale montrant la deuxième phase de la construction. Reprise en sous-œuvre des fondations des maisons riveraines.

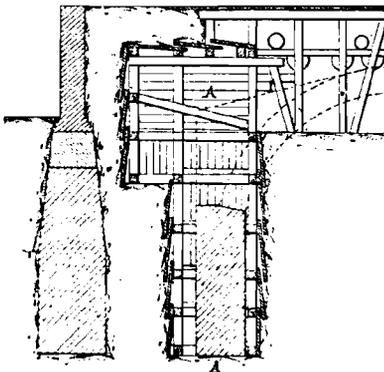


Fig. 5. — Demi-coupe transversale montrant la troisième phase de la construction. Boisage des fouilles et construction des piédroits de la voûte.

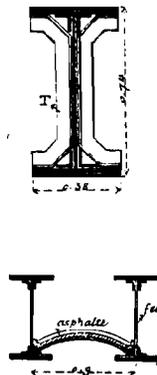


Fig. 6 et 7. — Types des fers à T employés pour supporter la chaussée dans le cas du profil n° 2. Coupe des voûtes réunissant les fers à T.

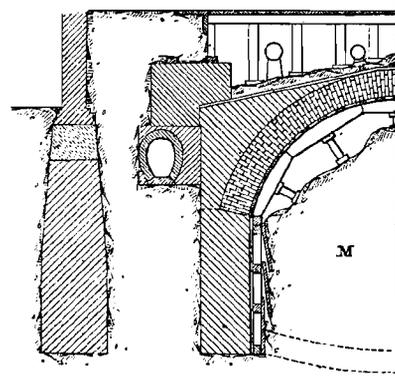


Fig. 8. — Demi-coupe transversale montrant la quatrième phase de la construction. Cintrage de la voûte.

Le profil n° 2 s'applique à une voûte dont la hauteur de l'intrados au-dessus du niveau des rails peut descendre jusqu'à 3<sup>m</sup>,90. Les culées de cette voûte sont en maçonnerie de béton ; elles ont 1<sup>m</sup>,30 d'épaisseur ; le plafond est formé de poutres double T qui sont représentées fig. 6 et 7. La distance entre deux poutres consécutives, est de 0<sup>m</sup>,90, leur longueur est de 7<sup>m</sup>,65.

La voie charretière ou les rues qui sont au-dessus du tunnel, sont soutenues de diverses manières, soit par des tôles courbées renforcées par des fers à cornière, au-dessus desquelles on répand deux couches d'asphalte, soit par des voûtes de briques, ainsi que le montre la coupe fig. 7. Ces voûtes de briques qui s'appuient sur les semelles des poutres sont surbaissées ou

Le profil n° 3 s'applique au cas où la voie est en tranchée à ciel ouvert.

Cette tranchée est bordée de chaque côté par deux murs de soutènement en béton d'une épaisseur de 1<sup>m</sup>,30.

On remarquera que dans toutes ces constructions on emploie du béton de ciment ; le choix de ces matériaux se justifie par l'extrême bon marché du ciment et la facilité avec laquelle on se procure du gravier excellent en draguant la Tamise.

L'exécution des tunnels du métropolitain a été fort difficile : on ne pouvait songer, en effet, à interrompre la circulation dans les rues au-dessus desquelles ces souterrains passaient.

Les fig. 2, 3, 4, 5 et 8, montrent les différentes phases de la construction.

On commence par poser dans le sens transversal des rues sur lesquelles doit passer le souterrain, des longerons qu'on recouvre d'un plancher destiné à remplacer la chaussée pendant toute la période des travaux. (Fig. 2.) On entreprend ensuite le boisage de l'excavation en procédant lentement, avec circonspection, en étayant les conduites d'eau et de gaz que l'on rencontre.

On perce ensuite des galeries latérales et on forme des puits jusqu'au niveau inférieur des murs du tunnel. En reliant ces puits par des galeries transversales, on peut reprendre en sous-œuvre les fondations des maisons qui se trouvent dans l'alignement. Cette reprise des fondations se fait de la façon suivante : (voir fig. 3 et 4).

On pratique d'abord des niches 1, 1, 1... Que l'on remplit de béton et de maçonnerie de briques; on déblaye ensuite les intervalles 2, 2, 2... Que l'on remplit de la même façon. Ce n'est qu'après avoir terminé ces travaux de reprise en sous-œuvre que l'on peut procéder au fonçage des puits AA (fig. 5, 3<sup>e</sup> phase de la construction), qui doivent servir à la construction des piédroits de la voûte, et en certains points à la construction des égouts qui se trouvent placés à l'extérieur de ces piédroits. (Fig. 1 et 8).

Enfin, lorsque tous ces travaux sont terminés, on commence le boisage et on procède à la pose des cintres de la voûte proprement dite, ainsi que le montre la figure 8.

Pour enlever le massif de terre M, on perce du côté du piédroit une galerie et on y pose une voie pour la circulation des wagonnets à l'aide desquels s'effectuent les déblais.

Lorsque le radier du tunnel a été construit, ce qui constitue la dernière phase de l'opération, il ne reste plus qu'à poser la voie.

Lorsqu'il s'agit d'établir une partie de voie en tranchée à ciel ouvert, on commence bien entendu par démolir les maisons qui occupent l'emplacement de la tranchée, on déblaie ensuite jusqu'au niveau aa et on procède ensuite à la manière ordinaire (fig. 3).

La ventilation des parties de voies en souterrain, préoccupe à juste titre les ingénieurs. Ainsi, dans une partie en souterrain de 365 mètres de longueur, on a prévu la pose d'un ventilateur de 5<sup>m</sup>.50 de diamètre et de 1<sup>m</sup>.20 de longueur. Ce ventilateur est mis en mouvement au moyen d'une machine à gaz faisant 120 tours par minute. L'air aspiré s'écoule par un puits ou plutôt une cheminée de 2<sup>m</sup>.40 sur 3<sup>m</sup>.70 de section et de 24 mètres de hauteur. Ce système remplira-t-il le but que l'on se propose? L'expérience seule pourra répondre à cette question. Il faut considérer que dans la section considérée passent chaque jour plus de 500 trains.

(Extraits des journaux anglais et allemands).

## Variétés

### Société de Topographie parcellaire et réforme cadastrale.

Depuis quelques années s'est fondée en France une Société ayant pour but la vulgarisation du système des coordonnées rectangulaires et son application par des procédés uniformes à tous les travaux de géométrie pratique en général et, en particulier à la rénovation et la conservation du cadastre.

Les études de cette Société se répartissent en trois sections distinctes, la première comprenant la géodésie et la topographie parcellaire, ainsi que tous les sujets techniques qui s'y rattachent, tels que triangulation, nivellement trigonométrique, théorie et pratique des coordonnées, choix des axes, méthodes de calcul, méthodes de lever, instruments, rapport des plans, etc., la deuxième embrassant l'ensemble des titres de propriété, les réformes hypothécaires et l'établissement du crédit foncier, la troisième traitant plus spécialement de la peréquation de l'impôt foncier et des droits de mutation.

Par cet exposé des plus succincts, il est aisé de voir que si l'ensemble de ces sections a rapport à un faisceau d'études intéressant l'opinion et le pays, la première d'entre elles comporte un attrait tout particulier pour les travaux publics, vis-à-vis desquels les questions de parcellaire, de lever de plans et de nivellement, sont d'un usage journalier.

Dans la *Réforme Cadastre* qui, depuis le 1<sup>er</sup> janvier 1885, remplace le bulletin provisoire de la Société et constitue ainsi son organe officiel, seront développés des articles tels que le tracé des courbes au tachéomètre, le tracé des tunnels par les puits, la théorie des coordonnées rectangulaires, la revue critique des instruments de topographie, etc., toutes actualités qui, étudiées par des ingénieurs essentiellement praticiens, présenteront dès lors un cachet spécial au point de vue du progrès et de ses applications.

Les *Annales des Travaux publics* ont déjà, à diverses reprises, effleuré ces questions, notamment dans les études définitives d'une voie ferrée et dans les aperçus sur l'état actuel de la tachéométrie.

Dans le désir de maintenir leur œuvre au courant de toutes les nouveautés qui pourront se produire en ces matières, elles ont pris l'initiative d'un échange de publications avec la Société de Topographie, et par cette entente gracieuse elles seront ainsi à même de satisfaire au vœu précité, en mettant en relief, au fur et à mesure des circonstances, toutes les innovations qui offriront un sens pratique, d'un avantage immédiat pour le public des travaux.

A l'époque présente, c'est un devoir de propager tout ce qui peut contribuer à l'instruction générale et à l'élévation de son niveau.

Cette obligation, les *Annales* l'ont inscrite dans leur programme d'une part, et, d'autre part, ce sera pour elles une tâche agréable de seconder les efforts d'une Société créée dans un but de première utilité et de faire par suite participer leurs lecteurs à toutes les recherches consacrées à la réalisation du bien et du vrai.

(Note de la Rédaction).

### Détermination des aires par pesées.

On peut avoir quelquefois à calculer avec une certaine exactitude les aires de surfaces planes à contours très irréguliers; la décomposition de ces surfaces, d'une façon quelconque, en figures inscrites, dont les superficies sont à évaluer séparément et à totaliser ensuite, peut entraîner à des calculs longs et fastidieux, sans parler des erreurs d'appréciation dues à la multiplicité des lignes, à la place qu'elles occupent matériellement sur le dessin et sans compter l'éventualité des erreurs de calcul proprement dites.

L'emploi de figures circonscrites aux surfaces en question, même choisies les plus simples possible, entraîne à peu près les mêmes inconvénients.

Comme, d'autre part, on n'a pas toujours à sa disposition les instruments adaptés à ce mesurage, tels que le planimètre d'Amster Laffon, on peut recourir à la méthode des pesées, ainsi que nous le rappelle l'ingénieur H. Bonnami et qu'un entrepreneur d'études, aujourd'hui décédé mais très connu autrefois au P.-L.-M., Perdu aîné, appliquait, paraît-il, dans l'évaluation de surfaces de terrassements.

L'emploi de la méthode suppose la possession d'une balance sensible, comme la balance ordinaire des pharmacies, qui accuse le demi-centigramme, ou encore une balance genre pèse-lettres d'une sensibilité approchante.

Si maintenant on a à déterminer, par exemple, la superficie d'un canton ou d'une commune ou d'un bassin hydrographique, en un mot d'une figure d'un périmètre très irrégulier, on reporte par décalque et avec précision cette figure sur une feuille de papier Bristol homogène; on la découpe ensuite avec soin et on pèse la découpe, soit  $p'$  son poids. Supposons que l'échelle de la figure soit un millimètre par mètre, le mètre superficiel sera donc représenté par un millimètre carré; si

l'on prend une feuille-étalon de 0<sup>m</sup>, 10 de côté, elle renfermera 10,000 millimètres carrés et à l'échelle de la figure représentera 10,000 mètres superficiels; soit  $p$  le poids de l'étalon en grammes et fractions de gramme,  $\frac{p}{10,000}$  sera le poids du mètre superficiel, et, par suite, l'aire de la découpe sera  $p' : \frac{p}{10,000}$  ou  $p' \times \frac{10,000}{p}$ ; le rapport  $\frac{10,000}{p}$  sera une constante (A) pour toutes les figures à l'échelle de un millimètre par mètre.

Pour une échelle donnée, quoique l'on fasse varier le côté de la feuille-étalon, on obtiendra toujours la constante (A), car si le côté, au lieu d'être 0<sup>m</sup>, 10, devient  $k \times 0^m, 10$ , la surface deviendra  $k^2 \times 10,000$ , mais le poids  $p$  augmentant dans le rapport des surfaces deviendra  $k^2 p$  et par suite le rapport de la surface de l'étalon à son poids restera encore égal à (A).

En thèse générale, si l'échelle de la figure est  $\frac{1}{m}$ , si le côté de la feuille-étalon est ( $a$ ), le poids de cette feuille étant  $p$  et celui de la découpe  $p'$ , on a pour la superficie de cette dernière

$$S = p' \times \frac{m^2 a^2}{p}$$

( $a$ ) étant exprimé en fraction décimale du mètre,  $p$  et  $p'$  en grammes et fractions de gramme.

Cette formule se comprend aisément, car la feuille-étalon et la découpe étant prises dans un même papier homogène, U étant l'aire de la feuille-étalon, les aires U et S sont proportionnelles aux poids, donc :

$$\frac{S}{U} = \frac{p'}{p}$$

mais le côté de l'étalon étant ( $a$ ) en fraction du mètre et l'échelle de la découpe étant  $\frac{1}{m}$ , à cette échelle, le côté de l'étalon représente ( $ma$ ) mètres linéaires et sa surface U, en mètres carrés, est par suite  $m^2 a^2$ , d'où

$$\frac{S}{m^2 a^2} = \frac{p'}{p}$$

et

$$S = p' \times \frac{a^2 m^2}{p}$$

Cette méthode des pesées peut donc rendre quelques services dans le cas de figures irrégulières et d'absence de planimètre, et sa simplicité est telle qu'il est inutile d'insister davantage sur sa manipulation.

## Matériaux de construction

### Etudes sur les chaux hydrauliques.

M. Ch. Léon Durand-Claye, ingénieur en chef des ponts et chaussées, professeur de chimie appliquée et directeur du laboratoire de l'école de la rue des Saints-Pères, vient de faire paraître à la librairie polytechnique de Baudry et C<sup>o</sup>, un remarquable ouvrage « Chimie appliquée à l'art de l'ingénieur » 1 vol. grand in-8<sup>o</sup>, dont nous allons donner un aperçu avec quelques développements afin d'en faire ressortir l'importance, l'utilité et de montrer qu'un tel ouvrage est indispensable à tout constructeur sérieux qui tient à s'éclairer sur la nature des matériaux dont il ordonne la mise en œuvre.

Il n'est peut-être pas actuellement une seule question du domaine des travaux publics qui donne lieu, de la part des ingénieurs, à des appréciations aussi diverses que celle des chaux hydrauliques.

La chimie appliquée ne comporte il est vrai aucune découverte nouvelle; elle ne modifie en rien les théories résultant des travaux de MM. Vicat, Rivet et Chatoney, Fremy, Le Châtelier, Landrin etc., et ne fait par conséquent faire aucun pas en avant à la théorie de la solidification; mais en résumant et présentant d'une façon parfaite des faits, non seulement décou-

verts et admis par les chimistes distingués, mais vérifiés en grand par le fabricant intelligent et l'ingénieur praticien, elle harmonise les différentes théories, fournit des données et des résultats qui, permettant désormais d'apprécier plus sûrement et plus rapidement, simplifieront considérablement la question.

La chimie appliquée à l'art de l'ingénieur fait partie de l'encyclopédie des travaux publics fondée par M. Lechalas, inspecteur général des ponts et chaussées; elle est divisée en deux parties.

La première « Analyse chimique et essai des matériaux de construction » se subdivise en six chapitres.

La seconde « Propriétés et fabrications des chaux et ciments, mortiers et bétons », comprend cinq chapitres.

*Première partie.* — Ch. I. — GÉNÉRALITÉS. — Les vingt premières pages sont consacrées au rappel des propriétés essentielles des composés chimiques que les ingénieurs ont le plus souvent à étudier: Silice, alumine, chaux, magnésie, etc., etc.; cette étude sommaire porte sur une vingtaine de corps dont les propriétés et caractères principaux sont exposés avec autant de brièveté que de clarté. La lecture attentive de ces quelques pages permet de se faire très rapidement une idée nette de ces divers composés et de déterminer *a priori* la manière dont ils se comporteront et se combineront dans les circonstances spéciales où on aura à les examiner.

L'ingénieur y trouvera un aide-mémoire très utile pour la suite, et le lecteur, qui n'a étudié que la chimie classique, des notions faciles à s'assimiler, bien suffisantes pour suivre l'auteur.

Les seize pages suivantes comprennent l'étude des procédés généraux employés dans l'analyse chimique; l'auteur, après avoir établi la distinction entre l'analyse qualitative et l'analyse quantitative, tout en décrivant les manipulations, expose les précautions qu'il est nécessaire d'apporter aux diverses opérations qu'exige une analyse quelconque.

Une analyse comprend: la prise d'échantillon, la préparation des échantillons, les pesées, l'attaque des échantillons, le chauffage des liqueurs, l'évaporation, la cristallisation, la précipitation, la filtration, le lavage, la décantation, la dessiccation, la calcination,

En ce qui concerne la prise d'échantillon, M. Durand-Claye s'exprime ainsi: « S'agit-il, par exemple, d'étudier un banc de pierre à chaux? Il ne faut pas se contenter de prendre au hasard un fragment de calcaire dans la partie où il est apparent, mais pénétrer au cœur du banc, prélever des morceaux de pierre aux divers points, les mélanger ensemble intimement après les avoir divisés. L'échantillon ainsi préparé donnera un spécimen de la valeur moyenne du banc.

Veut-on se rendre compte de l'homogénéité de la couche? Au lieu de mélanger ensemble les morceaux de pierre, il faut les envoyer séparément au laboratoire, après les avoir bien repérés et étiquetés. (Les résultats de ces analyses complètes donnent ce que nous appelons l'analyse générale de la carrière).

S'il y a plusieurs bancs dans une même carrière, on fait le travail pour chaque banc isolément.

Ces précautions, qui au premier abord semblent superflues, sont cependant indispensables, et pour en faire ressortir la nécessité et l'importance nous ne pouvons mieux faire que de reproduire ici les remarques faites par M. J. Vicat, parce que nous avons été plusieurs fois à même d'en vérifier l'exactitude:

« Lorsqu'on parcourt, dans les terrains secondaires, les vallées profondes aux flancs dénudés, on aperçoit tantôt de grandes masses calcaires, sans stratification visible; tantôt, au contraire, les rochers se présentent en bancs très réguliers: on dirait des livres de différentes grosseurs rangés dans une bibliothèque et plus ou moins inclinés. Cette régularité de stratification se vérifie non seulement à l'extérieur, mais encore dans les galeries souterraines d'où sont extraites les matières propres à la fabrication des chaux et ciments naturels. On exploite les calcaires argileux convenables pour

» la fabrication qui nous occupe, suivant les circonstances, dans  
 » les grandes masses sans stratification visible, ou en prenant,  
 » suivant la direction et l'inclinaison, un banc d'une épaisseur  
 » déterminée et parfaitement encaissé entre deux autres bancs  
 » souvent très différents par leur teneur en argile. Mais, fait  
 » très remarquable, dans les deux cas on ne trouve jamais,  
 » même sur une épaisseur de quelques centimètres une teneur  
 » en argile constante, et il n'est pas rare de rencontrer, sur un  
 » banc de 1 mètre d'épaisseur parfaitement encaissé entre deux  
 » bancs de chaux grasse de 5 à 6 0/0 d'argile, des teneurs en  
 » argile variant de 20 à 40 0/0. On peut se rendre quelquefois  
 » compte de cette variation, en examinant un morceau de pierre  
 » cuite, au sortir des fours; on aperçoit alors très nettement  
 » des veines de chaux hydraulique, couleur verdâtre, serpen-  
 » tant dans le reste de la masse composée de ciment couleur  
 » rougeâtre foncée, de 30 à 40 0/0 d'argile.

» Lorsqu'on exploite une masse sans stratification visible, on  
 » peut supposer qu'au moment du soulèvement ou de l'affaisse-  
 » ment des terrains cette masse pouvant être encore à l'état pé-  
 » teux, les diverses couches qui la composaient ont pu se péné-  
 » trer mutuellement, et dès lors cette variation de composition  
 » sur une faible épaisseur s'expliquerait aisément. Mais lorsqu'on  
 » se trouve dans des terrains nettement stratifiés, l'explication  
 » devient beaucoup plus difficile (pour un même banc). Les cou-  
 » ches régulièrement stratifiées n'ont pu évidemment être sou-  
 » levées qu'à l'état solide, il serait impossible autrement de  
 » comprendre la conservation du parallélisme parfait; toutefois,  
 » ainsi que nous venons de le dire, il arrive souvent de trouver  
 » dans un banc argileux de 1 mètre d'épaisseur, régulièrement  
 » encaissé entre deux bancs parallèles, des variations considé-  
 » rables en teneur d'argile, et cela dans tous les sens. Ce fait de  
 » non homogénéité de teneur en argile dans les bancs calcaires  
 » argileux exploités pour la fabrication des chaux et ciments  
 » naturels est général. Cette variation en argile, dans une même  
 » couche, est plus ou moins considérable, mais elle est certaine;  
 » elle a été du reste constatée par toutes les personnes qui ont  
 » appliqué l'analyse chimique à ce genre de recherches ».

La valeur d'une carrière, c'est-à-dire les résultats qu'on peut attendre du produit de la cuisson de ses calcaires, dépend uniquement de sa puissance et de l'analyse générale du banc d'exploitation après une prise attentive et intelligente des échantillons.

Lorsqu'une carrière présente des stratifications très apparentes, il y a lieu de supposer que les diverses analyses présenteront des différences assez considérables; il importe de considérer les limites extrêmes d'hydraulicité, ces limites doivent être convenablement placées dans l'échelle et suffisamment resserrées. Un gisement qui offrirait des calcaires à indices variant de 0.10 à 0.50 serait assurément très médiocre, surtout si les calcaires de faibles indices se trouvent à la partie supérieure, tandis qu'une carrière qui fournirait une analyse générale dont les limites seraient de 0.30 et de 0.40 pourrait être regardée comme très bonne, en ce qui concerne la garantie de régularité et la qualité, notamment lorsqu'une exploitation économique permettrait d'arriver à une moyenne comprise entre 0.35 et 0.38.

Généralement, les carrières sont de composition constante sur une certaine étendue dans le sens horizontal; l'indice va en croissant de la base à la partie supérieure ou inversement; dans certains cas, la variation est complètement indépendante de la hauteur.

Une carrière peut présenter un front de taille d'une homogénéité absolue à l'œil; la prise devient alors encore plus délicate: les échantillons doivent être pris, toujours en place, à différentes hauteurs, en tenant compte des plus légères variations de couleur à la cassure et de texture examinée à la loupe; le degré d'humidité (eau hygrométrique) doit être le même au moment de la prise. L'analyse unique qui figure en tête de la plupart des prospectus n'offre généralement pas de données sérieuses sur la valeur des calcaires; le plus souvent, au con-

traire, elle n'en fournit qu'une idée complètement fautive, ainsi que le révèle chaque jour la pratique.

L'ingénieur doit donc avant tout rechercher une analyse générale authentique dont l'examen lui permettra de se rendre compte du produit qu'il serait possible d'obtenir par une fabrication bien conduite dans toutes ses phases.

Pour une usine dont la valeur des produits et par suite celle de la carrière est connue du monde des travaux, dans une certaine zone, l'analyse des calcaires n'a qu'une importance relative; mais souvent on se trouve dans le cas de comparer entre eux les produits de deux ou plusieurs usines et dès lors, si on ne veut pas s'en rapporter aux résultats de l'expérience et attendre des années avant de pouvoir formuler une appréciation qui ne sera encore pas toujours juste, la première chose à faire est d'analyser à fond la carrière, d'en déterminer la puissance pour celles des usines dont les produits n'ont pas encore été employés sur une échelle assez grande.

Ces divers renseignements sur les gisements permettront d'en faire une classification basée sur la quantité et la constance des produits qu'ils peuvent fournir et d'éliminer ceux qui ne pourront jamais offrir de garanties suffisantes quels que soient les soins apportés à la fabrication.

On aura sur la valeur des produits restant à l'étude, après examen et comparaison des analyses générales une idée beaucoup plus précise que celle qui peut résulter des renseignements souvent contradictoires recueillis sur cinq ou six chantiers, car, en définitive, la solidification et la résistance d'un mortier ne dépendent pas de la dose d'argile renfermée dans la chaux, mais bien des différentes combinaisons formées pendant la cuisson.

Si, par un procédé quelconque, on arrivait à extraire à froid d'un calcaire argileux l'acide carbonique avec l'eau hygrométrique et de combinaison, on obtiendrait un produit renfermant les mêmes éléments que celui qui résulte de la cuisson, mais dont les propriétés hydrauliques seraient complètement nulles. Si l'analyse générale indique que les combinaisons convenables sont susceptibles de se former d'une façon constante, le défaut de solidification ou de résistance peut provenir de ce que les réactions nécessaires ne se sont pas produites pendant la cuisson. La prise et l'énergie d'une chaux provenant de bons calcaires dépendent principalement de la cuisson, mais cette opération est loin d'être la seule cause qui modifie l'allure des pâtes et des mortiers.

Les combinaisons formées sous l'action d'une chaleur convenable (cuisson normale) peuvent être très heureuses et les produits résultant donner de très mauvais résultats à la suite d'opérations mal conduites qui détruisent précisément les combinaisons devenues instables à froid ou enlèvent une partie des éléments qui constituent l'hydraulicité; outre l'influence des combinaisons, c'est-à-dire des proportions des composés chimiques, il faut encore tenir compte des actions mécaniques qui peuvent se produire avec un produit dont les combinaisons formées lors de la cuisson normale n'ont pas été modifiées par les opérations de la réduction en poudre; la présence de matières étrangères peut également jouer un rôle très important.

Possédant une analyse générale, il sera facile de se rendre très rapidement compte de la valeur d'une chose en l'expérimentant, s'il y a lieu, dans des conditions identiques.

On voit par là toute l'importance qu'on doit attacher au n° 10 de l'ouvrage de M. Ch. Léon Durand-Claye.

(A suivre.)

H. BONNAMI.

## Bibliographie

**Traité pratique d'électricité appliquée à l'exploitation des chemins de fer. (Suite).**

Vient ensuite la description des piles principales employées en télégraphie, sujet qui rentre davantage dans la pratique, par la raison que les agents sont appelés à connaître les disposi-

tions des appareils producteurs des courants utilisés par les télégraphes. Les piles Daniell, Callaud, Meidinger et Leclanché sont ainsi passées en revue dans tous leurs éléments constitutifs ; elles forment la série des piles à liquides.

Une autre série porte le nom de piles sèches ; les piles sèches sont plus faciles à déplacer et peuvent rendre, à ce point de vue, des services tout particuliers.

Un paragraphe de ce chapitre a trait à l'entretien des piles, en donnant les prescriptions spéciales à chaque espèce de pile ; c'est là de la pratique parfaitement entendue ; enfin, la suite contient la description des armoires et caisses à piles et notamment des types d'abris en ciment, pour les batteries placées en pleine voie.

Par rapport à ces piles, appelées primaires parce qu'elles produisent l'électricité, existe une autre classe de piles dites secondaires, ou encore accumulateurs, qui ne produisent pas l'électricité par elles-mêmes, mais peuvent être chargées à l'aide d'une source quelconque, puis rendre ensuite l'électricité qu'elles ont reçue ; elles résolvent le problème de la séparation de l'électricité d'avec sa source et son transport et distribution facultatifs ; il y a là un premier pas fait vers la solution du grand problème de l'utilisation des forces naturelles ; jusqu'à présent, la difficulté réside dans une grande perte d'électricité, tant à la charge qu'à la décharge, aussi cette question est-elle toujours à l'étude et appartient à l'avenir.

Des piles, nous passons aux machines magnéto-électriques et dynamo-électriques, qui ne font encore que transformer le travail d'une machine en électricité et inversement l'électricité ainsi développée en travail ; la description de toutes ces machines, depuis celle de Pixii jusqu'à celle de Gramme, est donnée dans l'ouvrage, avec toutes les figures nécessaires, et suivie de l'évaluation du travail, dans un paragraphe qui permet de ramener les mesures électriques à celles de la mécanique ordinaire et offre, de la sorte, un réel intérêt.

#### CHAP. IV. — TÉLÉGRAPHIE ÉLECTRIQUE

Ce sujet est tout à fait usuel, car il donne la composition d'un poste télégraphique et de ses sept éléments : piles pour produire l'électricité, galvanomètres pour constater le passage du courant, paratonnerres pour préserver les appareils, manipulateurs pour expédier les dépêches, récepteurs pour les recevoir, sonneries d'avertissement pour assurer la marche des manipulations, et commutateurs pour changer la direction du courant.

C'est donc là un cours complet d'installation télégraphique, et les élèves télégraphistes y trouveront des renseignements précieux, en même temps que les personnes étrangères au métier pourront arriver à saisir un aperçu du système. Si l'on jette les yeux sur un poste, dans une gare ou ailleurs, on est d'abord un peu déconcerté devant tous ces petits instruments placés, la plupart, sous verre, et dont on ne peut s'expliquer de suite le but et le fonctionnement ; après la lecture de ce chapitre, on revient de cette surprise et on a déjà un sentiment de l'ensemble ; on sait ce que c'est qu'une boussole horizontale ou une boussole verticale, et quel est le motif de leur présence ; il en est de même pour les paratonnerres destinés à préserver les postes des décharges d'électricité atmosphérique, et à l'aide desquels on fait communiquer le fil de ligne avec la terre, en isolant ainsi les appareils.

Les manipulateurs et récepteurs constituent, d'autre part, une étude assez développée, embrassant les électro-aimants en fer à cheval, à double bobine, à simple bobine ou boiteux, puis l'électro-aimant Hughes, employé notamment dans les sémaphores, système Lartigue ; l'intensité magnétique dans les électro-aimants est soumise à des lois dont l'observation donne lieu à une moyenne pratique dont on ne doit pas s'écarter, surtout lorsque l'on a affaire à des lignes de transmission très longues et offrant, par suite, une résistance assez accentuée.

Les électro-aimants constituent des récepteurs ; à côté sont les manipulateurs ; leur combinaison donne les appareils télé-

graphiques parmi lesquels le coryphée du jour est le télégraphe Morse ou télégraphe écrivain, qui a l'avantage de conserver la trace écrite des dépêches reçues, de corriger aisément une transmission défectueuse sur certains points, de fonctionner à grandes distances, au moyen de relais, et, en outre, de suffire aux besoins courants, puisqu'un employé ordinaire peut transmettre, à l'heure, 750 mots.

Le Traité présente l'étude substantielle du manipulateur et du récepteur, composé de quatre organes principaux, le rouage, comportant cinq mobiles (un barillet et quatre roues) et un volant régulateur, l'électro-aimant, le système imprimeur, formé d'une molette et d'un couteau, enfin le magasin à papier. Cette étude est tellement détaillée, qu'en la lisant avec attention devant la table du télégraphe et le système sous les yeux, on peut, après lecture, en avoir la compréhension pour ainsi dire assurée.

Le second appareil, dit à cadran, est encore employé sur beaucoup de points, par la raison qu'il ne nécessite pas la connaissance d'un alphabet spécial, et que l'on peut, par suite, dresser à son usage, assez facilement, le premier homme d'équipe venu ; on le retrouve, d'ailleurs, jusque dans les cabinets de physique des collèges, car il faut dire que si son usage tend à diminuer devant les avantages du Morse, il n'en a pas moins été la première application du genre, et, à ce titre, il peut reposer sur sa gloire, tout en rendant encore des services, ne fût-ce que comme sujet d'enseignement.

Lorsque deux gares sont trop éloignées l'une de l'autre, pour que leurs relations télégraphiques s'établissent directement, on fait usage de relais-parleurs installés en un point intermédiaire ; ces relais font fonction double de récepteur et de manipulateur, et remplacent un poste qui serait installé sur ce point.

La communication entre postes, pour entente des manipulations à effectuer, s'établit à l'aide de sonneries de plusieurs types, sonneries à rouages, sonneries à relais à une ou plusieurs directions, ces dernières tendant à remplacer les premières, très anciennes, d'ailleurs, et qui subissent, comme tout premier essai, la loi éliminatrice du progrès.

Après les sonneries directes, viennent les rappels par inversion de courant, sujet de nombreuses applications pouvant rendre de grands services sur les réseaux télégraphiques des chemins de fer, en donnant la faculté d'attaquer, sans intermédiaires, des postes qu'il faudrait faire prévenir par d'autres stations, au prix d'une grande perte de temps. Ces rappels sont usités sur les lignes de l'Etat, aussi bien que chez les Compagnies ; il y en a plusieurs modèles, le modèle officiel, puis le rappel-sonnerie de Grassi et Beux, et enfin la modification imaginée par l'auteur du présent traité, en collaboration avec l'ingénieur-électricien Cabaret.

À la suite des rappels, on trouve les commutateurs, à l'aide desquels on peut changer la direction ou l'intensité d'un courant, par suite, envoyer dans des directions différentes un courant arrivant à une des pièces de l'appareil, ou réciproquement diriger successivement, sur un même point, plusieurs courants arrivant à des pièces différentes. Il y a divers genres de commutateurs, le commutateur à chevilles, à deux ou quatre directions, le commutateur à manettes et les inverseurs, qui sont des commutateurs disposés de façon à relier, tantôt à la ligne, tantôt à la terre, les pôles d'une pile.

À l'examen de ces divers éléments succède la question des tables télégraphiques, question importante en ce sens qu'une installation première doit être faite de façon à prévoir les dérangements éventuels, tout au moins à en atténuer la portée. Deux croquis spéciaux donnent la disposition du montage de direction d'une ligne, soit avec boussole sur le fil de ligne, auquel cas on peut avoir autant de boussoles que de lignes différentes, soit avec boussole sur la ligne de terre, auquel cas on n'a qu'une seule boussole sur ce fil. (A suivre)

Le Directeur-Gérant : EDOUARD CAHEN.

Paris. — Imprimerie Schiller, 10 et 11, faubourg Montmartre.

# Les Annales des Travaux Publics

REVUE UNIVERSELLE DE L'OUTILLAGE DES TRAVAUX PUBLICS ET DES PROCÉDÉS DU GÉNIE CIVIL

Paraissant du 1<sup>er</sup> au 10 de chaque mois

L'ABONNEMENT D'UN AN  
 Paris . . . . . 20 fr.  
 Départements . . . . . 24 fr.  
 Etranger . . . . . 28 fr.

Publiées par le JOURNAL DES TRAVAUX PUBLICS  
 35, RUE LE PELETIER, A PARIS

L'ANNONCE D'UN AN  
 Une page entière . . . . . 1000 fr.  
 Une demi-page . . . . . 500 fr.  
 Un quart de page . . . . . 300 fr.

Les abonnements sont reçus à Paris au bureau du Journal des Travaux Publics, 35, rue Le Peletier, et, dans les départements, chez tous les libraires.

N° 68

Août 1885

6<sup>e</sup> Année

## SOMMAIRE

ETUDES DIVERSES. — Détermination précise de la stabilité des murs de soutènement et de la poussée des terres (suite, 6 fig.). — Etude sur deux projets de ponts métalliques à grande portée (pl. CXXXV). — Consolidation des terrains ébouleux par masse (pl. CXXXVI). — Canal maritime de Paris à Boulogne-sur-Mer (3 fig.).  
 Outillage des travaux publics : Procédé pour le coulage du béton sous l'eau.  
 CHRONIQUE FRANÇAISE. — Le prix de revient de la lumière électrique à l'Hôtel de ville de Paris.  
 CHRONIQUE ÉTRANGÈRE. — Renseignements sur la construction des voies ferrées en Amérique. — Améliorations récentes apportées dans la superstructure des voies (15 fig.). — Raccordement d'une ligne secondaire avec des ateliers de construction. — Type de remises pour locomotives. — Moyen d'empêcher le desserrage des écrous (2 fig.). — Pont construit pour relier deux usines d'une rive à l'autre, au confluent de la Tamise (2 fig.). — Mécanisme de fermeture pour les portes de remises de pompes à incendie. — Enlèvement d'une roche sous-marine. — Applications récentes des sphères pour substituer le frottement par roulement au frottement par glissement. — Procédés d'exploitation des gisements de naphte au Caucase. — Amélioration apportée à la construction des portes ou vannes des barrages. (1 fig.). — Procédé de fondation par congélation. — Le pont du Forth. — Réservoir d'eau couvert pour l'alimentation de la ville de Nottingham. — Travaux de mines.  
 MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION. — Les chaux hydrauliques (suite et fin).  
 BIBLIOGRAPHIE. — Traité pratique d'électricité appliquée à l'exploitation des chemins de fer (suite).

### Détermination précise de la stabilité des murs de soutènement et de la poussée des terres

(Suite.)

Il ne reste donc plus qu'à chercher la résultante de ces deux forces parallèles.

La surcharge donne lieu à la poussée supplémentaire  $Q \times \frac{2h'}{h}$  comme nous l'avons dit; son moment par rapport à l'arête O sera  $Q \times \frac{2h'}{h} \times \frac{h}{2}$ ; le moment de la poussée du prisme est  $Q \times \frac{h}{3}$ , d'où

$$Q \times \frac{h}{3} + Q \times \frac{2h'}{h} \times \frac{h}{2} = Q_c \cdot x,$$

mais

$$Q_c = Q \left( 1 + \frac{2h'}{h} \right),$$

donc

$$\frac{h}{3} + \frac{2h'}{h} \times \frac{h}{2} = \left( 1 + \frac{2h'}{h} \right) x$$

ou

$$\frac{h}{3} + h' = \left( 1 + \frac{2h'}{h} \right) x$$

et

$$x = \frac{\frac{h}{3} + h'}{1 + \frac{2h'}{h}} = \frac{h \left( \frac{h}{3} + h' \right)}{h + 2h'}$$

comme on l'a trouvé précédemment par l'intégration du moment différentiel.

Dubosque ajoute bien le poids de la surcharge au poids du prisme de plus grande poussée et arrive ainsi à exprimer la poussée par la relation

$$Q_c = (P + \pi) \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}$$

qui est bien la même que celle de A. Gobin, car

$$P = \frac{1}{2} dh^2 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}$$

et

$$\pi = p l \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2},$$

or

$$\left( \frac{1}{2} dh^2 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} + p l \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \right) \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = \frac{1}{2} dh^2 \operatorname{tg}^2 \frac{\alpha}{2} + p l \operatorname{tg}^2 \frac{\alpha}{2} = Q + dh' h \operatorname{tg}^2 \frac{\alpha}{2}$$

en remplaçant  $p$  par son équivalent  $dh'$ ; mais

$$dh \operatorname{tg}^2 \frac{\alpha}{2} = \frac{2Q}{h}$$

et

$$dh' h \operatorname{tg}^2 \frac{\alpha}{2} = \frac{2Q h'}{h},$$

par suite

$$\left( \frac{1}{2} dh^2 \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} + p l \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \right) \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = Q + 2Q \frac{h'}{h} = Q \left( 1 + \frac{2h'}{h} \right) = Q_c$$

Seulement Dubosque applique la poussée  $Q_c$  au tiers de la hauteur, ce qui constitue une erreur, puisque ce bras de levier est compris entre le  $\frac{1}{3}$  et le  $\frac{1}{2}$  et ne peut revenir à la valeur  $\frac{h}{3}$  qu'à la condition de  $h' = 0$ . Après quoi, il insinue cette observation : au fur et à mesure que le poids du cavalier ou de la surcharge augmente, le plan de la séparation du prisme s'infléchit vers l'intérieur des terres et le prisme de plus grande poussée n'est plus rigoureusement limité par la bissectrice de l'angle  $\alpha$ .

La théorie de la surcharge, telle qu'elle est présentée par A. Gobin et appliquée aux équations d'équilibre ( $P = N \sin \alpha + fN \cos \alpha$  et  $Q = N \cos \alpha - fN \sin \alpha$ ) ne révèle en rien cette particularité, car ces équations conduiront toujours à

$$Q = \frac{P}{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi)}$$

et comme

$$P = dh \left( \frac{h}{2} + h' \right) \operatorname{tg} \alpha,$$

$$Q = dh \left( \frac{h}{2} + h' \right) \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi)},$$

expression dont le maximum correspondra toujours à :

$$\operatorname{tang} \alpha = \operatorname{tang} \frac{90^\circ - \varphi}{2} = \operatorname{tang} \frac{\alpha}{2}.$$

Il est vrai que, A. Gobin supposant le terre-plein chargé uniformément au delà du prisme de plus grande poussée, Dubosque semble considérer la surcharge comme n'agissant que sur la largeur de ce prisme. L'effet de cette surcharge, si elle va en augmentant, doit être d'augmenter la cohésion du prisme ABF (fig. 37) et le terre plein est plus comprimé suivant BF qu'à la suite; chez A. Gobin la compression est uniforme. Dubosque nous ramène à la condition d'un massif qui n'est plus homo-

gène, tandis que dans l'autre cas il conserve son homogénéité ; aussi dans le système de A. Gobin, cette compression uniforme pourrait augmenter la cohésion et par suite réduire le prisme de plus grande poussée ; l'observation de Dubosque tendrait à

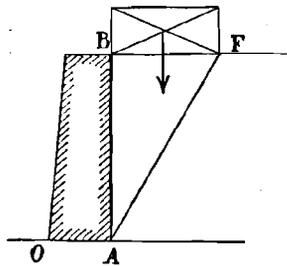


Fig. 37.

un résultat contraire, ce qui ramène encore à regretter que dans notre époque les écrivains scientifiques ne s'imposent pas comme principe immuable et primordial de ne pas avancer une assertion discutable sans donner des preuves et à défaut des explications, des conjectures, des hypothèses, en un mot, les raisons réelles ou tout au moins apparentes qui les ont conduits à formuler cette assertion.

Pour en terminer avec les surcharges, disons que dans la pratique elles ne sont pas toujours uniformément réparties ; ainsi supposons des machines stationnant contre un mur de soutènement, sur un remblai tel que le prisme de plus grande poussée dépasse le rail de la deuxième voie (fig. 38) ; le poids

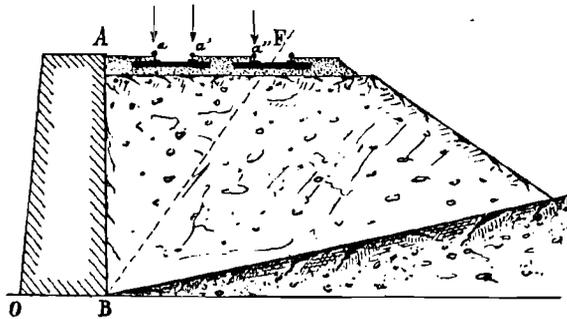


Fig. 38.

d'une machine répartie sur ses essieux donne généralement des fractions différentes sur chacun d'eux ; si on suppose que les deux machines stationnant face à face aient leur essieu le plus chargé, dans le plan milieu de l'épaisseur du prisme ABF, ce prisme supportera le poids d'un essieu, puis une roue de l'autre et par conséquent le premier poids, plus sa moitié. La transmission de ces pressions sur le ballast se fera par l'intermédiaire des traverses, et bien qu'on les suppose encore au milieu du prisme considéré, ne sera pas uniforme sur toute l'étendue AF, mais en pratique on considère la surcharge comme uniforme, parce que, s'il fallait entrer dans les considérations de forces distinctes, égales au besoin, agissant en  $a, a', a''$ , et exerçant des pressions variables suivant leur mode de répartition, on se lancerait à perte de vue dans des détails qui n'auraient pas d'influence sérieuse sur la stabilité à donner au mur, sur l'économie plus ou moins grande à réaliser dans les maçonneries, et qui, par conséquent, resteraient dans le domaine de la théorie des  $\alpha$ , des  $F$  et des  $\sin \theta$  ; on devra donc considérer en résumé les charges accidentelles comme uniformément réparties et rentrer alors dans la voie du problème élucidé par A. Gobin.

Passons maintenant, avec l'auteur, aux murs en surplomb du côté des terres ; le principe de ces constructions repose sur ceci, d'après le livre, à savoir : que le mur doit pouvoir se tenir debout de lui-même, sans être soutenu par la poussée des terres ; sans quoi il pourrait se briser à sa base. Il se tiendra debout si la verticale de son centre de gravité ne sort pas de la base d'appui ; il est prudent toutefois d'éviter qu'elle

ne passe trop près du point B (fig. 39). Dans un pareil profil, le prisme de plus grande poussée est réduit notablement et déchargé des terres qui ont le plus de tendance à couler ; la poussée diminue, elle s'annulerait même, si le parement AB, s'inclinant de plus en plus sur l'horizon, allait se coucher sur le talus naturel BD. Le centre G étant en outre reporté vers la droite, le moment du mur, par rapport au point o, va en augmentant constamment ; par suite les conditions de stabilité s'améliorent et l'économie des matériaux se trouve favorisée.

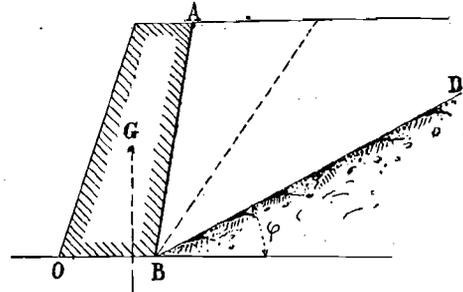


Fig. 39.

Remplaçons le parement intérieur AB par une suite de redans égaux et, considérant l'ensemble des terres soutenues, menons par les sommets M, T... (fig. 40) des parallèles à BD, talus naturel des terres ; ces lignes déterminent dans le massif une série de tranches parallèles.

Chacune de ces tranches agit sur une partie seulement du parement vertical correspondant, ainsi la tranche ITT' presse seulement la partie IT du parement vertical LT, la partie IL n'est pas pressée, si l'espace ILM reste vide, ou l'est très peu comparativement à IT si le vide ILM est rempli artificiellement par un remblai bien réglé.

Le rapport de la partie pressée IT au parement LT dépend de la valeur de l'angle  $\theta$  fait par le surplomb avec la verticale et également de l'angle  $\varphi$ , car

$$LM = LT \tan \theta, \quad LI = LM \tan \varphi,$$

d'où

$$IT = LT - LI = LT - LM \tan \varphi = LT - LT \tan \theta \tan \varphi \\ = LT (1 - \tan \theta \tan \varphi).$$

Le rapport cherché est donc

$$\frac{IT}{LT} = 1 - \tan \theta \tan \varphi$$

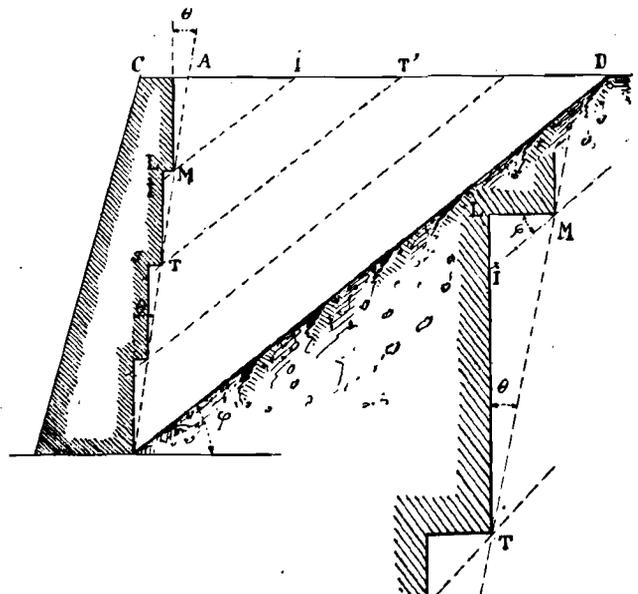


Fig. 40.

si

$$\theta = 90^\circ - \varphi,$$

le fruit du mur se confond avec le talus naturel

$$\tan \theta = \cot \varphi, \quad \tan \theta \tan \varphi = \tan \varphi \cot \varphi = 1$$

et

$$\frac{IT}{LT} = 0,$$

d'où

$$IT = 0,$$

le parement pressé devient nul, car la poussée disparaît vu l'inclinaison du mur. Si  $\varphi = 90^\circ - \theta$ ,  $IT = 0$  également, car le talus naturel cadre encore avec l'inclinaison du parement AB.

Si le nombre des redans va en augmentant indéfiniment, la loi n'en subsiste pas moins à la limite et le parement incliné AB reçoit une poussée qui est à la poussée exercée sur ce même parement supposé vertical dans le rapport

$$\frac{IT}{LT} = 1 - \tan \theta \tan \varphi.$$

on aura ainsi :

$$\frac{Q_s}{Q} = 1 - \tan \theta \tan \varphi$$

mais

$$Q = \frac{1}{2} dh^2 \tan^2 \frac{\alpha}{2},$$

d'où

$$Q_s = \frac{1}{2} dh^2 \tan^2 \frac{\alpha}{2} (1 - \tan \theta \tan \varphi)$$

On peut encore arriver à cette valeur de  $Q_s$  à l'aide des considérations ci-après; le prisme BAY (fig. 41) contribue une partie de la poussée Q. Si le prisme BAY était remplacé par le prisme DAY, ce prisme DAY contribuerait entièrement la poussée.

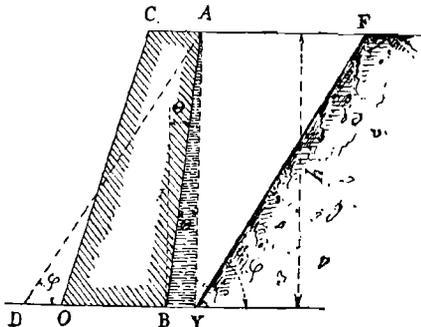


Fig. 41.

La diminution de poussée due à la présence du prisme BAY sera donc dans le rapport des poids, par suite des volumes et finalement des sections de ces prismes.

La section du prisme BAY est

$$\frac{h}{2} \times h \tan \theta = \frac{h^2}{2} \tan \theta;$$

la section du prisme DAY est

$$\frac{h}{2} \times h \cot \varphi = \frac{h^2}{2} \cot \varphi.$$

La diminution subie par la poussée est donc

$$Q \times \frac{\frac{h^2}{2} \tan \theta}{\frac{h^2}{2} \cot \varphi} = Q \frac{\tan \theta}{\cot \varphi} = Q \tan \theta \tan \varphi.$$

La pression transmise  $Q_s$  devient dès lors

$$Q_s = Q - Q \tan \theta \tan \varphi = Q (1 - \tan \theta \tan \varphi).$$

L'équation de stabilité d'un mur en surplomb contiendra le moment de la poussée multiplié par le coefficient 2, le moment de la résistance à l'arrachement, le moment du poids du mur et enfin le frottement suivant AB.

La pression qui engendre le frottement est  $Q_s \cos \theta$  (fig. 42); le bras de levier est  $U = OB \cos \theta$  et le moment est  $f U Q_s \cos \theta$ ; on aura donc

$$2Q_s \frac{h}{3} = \frac{t}{2} \overline{OB}^2 + \pi c + f Q_s \pi \cos \theta,$$

équation qui servira à déterminer OB si en se donne  $\theta$  et  $\theta'$ .

Comme  $Q_s$  diminue à mesure que  $\theta$  augmente, on peut arriver à réaliser des économies dans les maçonneries; aussi l'auteur recommande-t-il l'emploi de ces murs, à condition d'établir contre le parement BA un remblai qui ne puisse tasser et sur lequel le mur puisse reposer avec confiance, par exemple du gravier pilonné, des pierres sèches rangées à la main, etc.

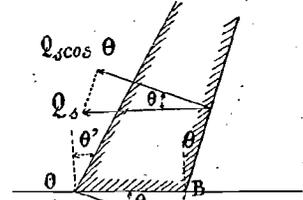


Fig. 42.

Parmi les murs en surplomb se remarque la classe des perrés qui, se faisant sous une inclinaison un peu plus raide que le talus naturel des terres, supportent une petite poussée, laquelle, suivant l'observation de l'auteur, se combinant avec le poids de la maçonnerie, donne une résultante dirigée dans l'épaisseur même du perré, ce qui appuie les assises les unes sur les autres et souvent les maintient, malgré les affaissements accidentels du remblai ou du terrain infraposé.

(A suivre.)

## Etude sur deux projets de ponts métalliques à grande portée.

Pl. CXXXV.

Depuis quelques années les constructeurs de ponts métalliques sont parvenus à augmenter considérablement la portée de ces ouvrages, grâce à des combinaisons ingénieuses dans l'agencement des pièces qui composent la charpente et grâce aussi à l'emploi de l'acier qui, sous le même poids, offre une plus grande résistance aux efforts de traction et de compression que le fer laminé.

Nous donnons ci-après la description de deux projets de ponts qui nous paraissent présenter des particularités intéressantes.

### 1° Projet d'un pont métallique sur la Tamise.

Le projet dressé par MM. Ordish et Ewing Matheson et représenté sur la pl. CXXXV a pour but d'établir entre les deux rives de la Tamise, en face de la tour de Londres, un pont à travée unique de 255 mètres d'ouverture servant à la circulation des voitures et des piétons et pouvant recevoir ultérieurement un tablier pour le passage d'un chemin de fer.

Ce projet présente une grande originalité, c'est ce qui nous engage à en donner une rapide description.

L'ouvrage serait formé de deux grandes poutres creuses en fer forgé ou en acier, les culées des rives seraient en maçonnerie avec fondations en béton reposant sur le sol glaiseux de Londres qui peut résister à une charge considérable.

Le tablier qui porte la route carrossable serait suspendu aux poutres en arc à l'aide de montants verticaux solidement étré-sillonnés. La partie médiane de ce tablier serait mobile et pourrait se soulever à la façon des pont-levis afin de livrer passage aux navires. Ce passage aurait 36 mètres de largeur et 36 mètres de hauteur au-dessus du niveau de l'eau, ce qui suffit pour permettre la circulation des navires du plus gros tonnage.

Le tablier qui supportera les voies ferrées est supposé placé au-dessus du précédent.

Les Ingénieurs qui ont rédigé ce projet ont calculé les dimensions des diverses parties de la charpente métallique de façon qu'elle puisse résister aux plus grands efforts des vents; la forme de cette charpente a été étudiée de manière à être dans les meilleures conditions au point de vue de la stabilité.

Le montage d'une pareille charpente offrira évidemment certaines difficultés. Voici comment on se propose d'opérer. Sur chaque rive on construira un échafaudage qui permettra de monter complètement la moitié du pont. Cette moitié de pont étant ainsi construite sur la rive, on équilibrera son poids et, après avoir enlevé l'échafaudage, on la poussera du côté du fleuve en la faisant rouler sur des galets. Les deux moitiés du pont s'avancant ainsi l'une vers l'autre se rejoindront et il ne restera plus alors qu'à assembler les poutres qui les composent.

Lorsque ces poutres seront en place, on montera les tirants verticaux qui supportent le tablier du pont-route, en laissant l'intervalle de 36 mètres nécessaires pour la pose du pont-levis. Ce pont-levis sera équilibré par des contrepoids, de sorte que sa manœuvre pourra se faire avec la plus grande facilité et sans grand déploiement de force.

Pendant l'ouverture du pont-levis pour donner passage aux navires, les piétons pourront circuler sur une passerelle que l'on aperçoit sur la fig. 1. Pl. CXXXV.

Lorsqu'on voudra installer un deuxième tablier pour le passage des voies ferrées, on sera contraint de supprimer le pont-levis, et l'ouvrage aura alors la disposition générale et l'aspect que représente la fig. 2. Pl. CXXXV.

Le devis de ce pont s'élève à 820,000 livres sterling auxquelles il faut ajouter 20,000 livres sterling lorsqu'on construira le tablier supérieur pour voies ferrées, ce qui donne un coût total de 840,000 livres sterling ou 21 millions de francs, non compris les frais d'acquisition des terrains et les dommages à payer.

#### *Projet de pont sur le fleuve Saint-Laurent près de Québec.*

Le Gouvernement Canadien a résolu d'établir une communication entre les voies ferrées qui aboutissent des deux côtés du fleuve Saint-Laurent, et les ingénieurs James Brunlees, A. Luders Licht et Claxton Filder ont rédigé le projet d'un pont métallique dont les fig. 3 et 4 de la planche CXXXV reproduisent les dispositions principales.

Étant donné le profil du fleuve Saint-Laurent au point où il s'agissait de le traverser, on était obligé de prévoir pour la travée principale une ouverture minima de 440 mètres.

En effet, dans toute cette largeur, le fleuve a une profondeur qui atteint jusqu'à 60 mètres, et il est sillonné constamment pendant l'été par des bateaux à vapeur du plus fort tonnage. En hiver, la glace s'amoncèle et il se forme des banquises dont la hauteur atteint quelquefois jusqu'à 15 mètres.

Des deux côtés de cette travée principale on a prévu deux travées de rive ayant chacune 150 mètres de portée. Ces travées sont établies au-dessus des terrains recouverts d'eau pendant les inondations.

Enfin, à la suite de ces deux travées latérales se trouve une série d'arcatures qui relie la rive à l'ouvrage métallique.

En résumé, la largeur d'ouverture d'axe en axe des piles est de 472<sup>m</sup>, 70; la longueur totale du pont est de 1.055<sup>m</sup>, 20 et celle de la partie construite en acier de 854 mètres.

Le tablier du pont est à 46 mètres au-dessus du niveau des hautes eaux; il a une largeur de 32<sup>m</sup>, 00.

Les piles fluviales seront fondées sur le rocher et munies en amont et en aval d'énormes brise-glaces.

Mais ce qui est surtout intéressant à étudier, c'est le système adopté pour la charpente métallique.

Cette charpente atteindra des dimensions colossales. Elle sera faite complètement en acier, attendu que pour des portées pareilles, il importe de faire usage de matériaux qui, pour un poids aussi restreint que possible, offrent la plus grande résistance.

Comme pour le pont sur le Forth, on a adopté le système à poutres consoles (Cantilever-System).

Ces poutres, qui sont au nombre de deux, ont, ainsi que le montrent les dessins, une forme étudiée en vue de concentrer la charge au dessus des piles. Elles s'appuient à leurs deux extrémités sur deux piles distinctes laissant entre elles un intervalle de 22 mètres, ces extrémités sont ancrées dans la maçonnerie. De fortes pièces de contreventement horizontales et inclinées réunissent les poutres.

L'ensemble forme ainsi un système rigide qui résiste à l'action du vent comme une poutre continue à trois travées. On a calculé les dimensions de la charpente en supposant que la pression maxima due au vent serait de 273 kilogrammes par mètre carré.

Le montage présentera certainement des difficultés; on a projeté de monter les travées de rive à l'aide d'échafaudages fixes; puis cette première opération terminée, on opérera comme on le fait pour les grandes travées en rivières, c'est-à-dire que l'on construira les poutres en partant de chaque rive, de façon à se réunir au milieu du fleuve. On emploierait pour maintenir les pièces pendant le montage des câbles partant de chaque rive et des échafaudages reposant sur la glace qui, en hiver, constitue une base solide.

On a admis que la tension maxima à laquelle est soumise le métal serait de 1,150 kilogrammes par centimètre carré. Dans les barres de traction et dans les barres de contreventement, l'effort n'est pas supérieur à 775 kilogrammes.

Le projet considéré dans son ensemble paraît présenter plusieurs lacunes, surtout au point de vue des mesures prises contre les effets de la dilatation d'une pareille masse métallique. On ne possède en Europe que peu de données expérimentales sur la façon dont se comportent les travées ayant une longueur aussi considérable. On ne peut donc se prononcer en connaissance de cause sur ce projet. Mais ces réserves une fois faites, on ne peut qu'admirer la hardiesse avec laquelle les Ingénieurs anglais abordent une œuvre aussi difficile.

## Consolidation des terrains ébouleux par masses

(Suite)

Pl. CXXXVI

### APPLICATIONS DU SYSTÈME P.-L.-M.

Comme éléments historiques, on trouve sur la ligne de Moret à Nevers les deux éboulements classiques survenus en 1860 et 1861 entre Pouilly et les Loges, le premier avant la mise en exploitation de la ligne, et le deuxième après trois mois d'exploitation.

La circulaire n° 29, bien connue, à juste titre, de tous les agents des services divers d'ingénieur en chef, dirigés dans le passé par le sous-directeur actuel de la construction, comporte au sujet du premier de ces éboulements une note que nous reproduisons textuellement ci-dessous.

« Un éboulement s'est produit le 30 décembre 1860 entre Les Loges et Pouilly, sur une longueur de 300 mètres, pendant un dégel qui succédait à des neiges très abondantes, couvrant le sol sur une épaisseur de 0<sup>m</sup> 10 à 0<sup>m</sup> 15. Cette partie du chemin de fer était établie presque entièrement en remblai sur un terrain très incliné descendant jusqu'au chemin de halage de la Loire; ce terrain appartient à l'étage kimméridien, et il est composé de bancs de marnes très dures, alternant avec des couches d'argile formant autant de petites nappes d'eau et donnant lieu en outre à des sources fort abondantes par moments.

» Le remblai avait été exécuté pendant l'été et on avait pris la précaution de creuser, dans le sol, de profonds redans pour empêcher le remblai de glisser; en outre, on avait assuré le

piéd au moyen d'une forte digue, préalablement construite en bonne terre et parfaitement pilonnée. Comme il faisait sec et que, d'ailleurs, la croûte du sol, sur une épaisseur de 1<sup>m</sup> 50 à 2 mètres, se composait de débris ou pierrailles ne laissant voir aucune trace d'humidité, on n'avait pas songé à faire des assainissements préventifs.

» Le 30 décembre, deux ou trois mois après son achèvement, le remblai s'est éboulé et, en outre, le terrain naturel s'est déchiré, les bancs de pierre se sont brisés et le cube total déplacé a atteint environ 30,000 mètres.

» Deux aqueducs voutés de 0<sup>m</sup> 80 de largeur sur 1<sup>m</sup> 10 de hauteur, ont été cassés vers leur milieu, et les parties inférieures ont été un peu entraînées avec le remblai; enfin, toute cette masse, en s'affaissant à l'emplacement du chemin de fer, a relevé le sol vers le piéd du talus primitif et, même, a relevé le chemin de halage dans la Loire.

» Voici la cause évidente de cet immense éboulement : la charge du remblai comprimant le terrain naturel a empêché ou rendu fort difficile l'écoulement de l'eau des nappes et des sources invisibles; par suite, ces nappes se sont remplies; l'eau, dont la pression se trouvait ainsi augmentée, a pénétré dans la croûte du sol et dans les couches inférieures du remblai, et quand elles ont été suffisamment ramollies, la masse supérieure, qui ne reposait plus sur une base assez résistante, s'est affaissée tout d'un coup. A partir de ce moment, les nappes et les sources ont débité d'énormes quantités d'eau formant de véritables ruisseaux, et cet effet a continué pendant près d'un mois, jusqu'à ce que la quantité emmagasinée fût écoulée.

» Dès que le beau temps est venu, on a enlevé la totalité des déblais et remblais qui s'étaient éboulés, et on les a jetés dans la Loire, le long du chemin de halage; on a établi, aux emplacements indiqués sur le plan ci-joint, de fortes pierrées formant contreforts et analogues à celle qui figure au profil en travers ci-joint; puis on a refait le remblai avec de nouveaux déblais secs et assez bons.

» Depuis lors, cette partie du chemin de fer a bien tenu.

» Nevers, 9 mars 1866. »

Le plan dont il est question dans cette note indique que l'on a construit 23 pierrées normales à l'axe, inégalement espacées, mais disposées pour écouler directement, le plus possible, les sources et suintements apparents. Ces pierrées occupent tout le talus, côté de la Loire, et passent sous le nouveau chemin de halage; elles paraissent en outre, d'après la coupe donnée, planche CXXXVI (fig. 11), s'étendre également sous la plateforme du chemin de fer et le talus d'amont.

De A en B, la pierrée a 0<sup>m</sup> 80 de largeur en couronne et 0<sup>m</sup> 80 de hauteur, avec fruit de 1/5<sup>e</sup>; elle est encastrée de 0<sup>m</sup> 50 environ dans le banc argileux, et elle a, à l'origine A, une hauteur suffisante pour absorber les suintements.

Dans la partie BDC, la pierrée a un mètre de largeur en couronne, de C en E, elle a un mètre de hauteur sur un mètre de largeur.

Dans quelques pierrées en petit nombre, la partie DE repose sur un radier maçonné à mortier, de 0<sup>m</sup> 40 d'épaisseur.

Le deuxième travail exécuté entre Les Loges et Pouilly, sur une longueur de 150 mètres, au lieu dit Les Bernadats, et dans l'hiver 1861-62, comporte 15 pierrées normales à la voie, espacées régulièrement de 10 mètres en 10 mètres, conformément au plan (fig. 12), planche CXXXVI; la coupe de la pierrée n° 9 figure 13 de la même planche, donne les détails de la maçonnerie, de l'emprunt ouvert pour reconstituer le remblai et former une surcharge destinée à empêcher le terrain naturel de se relever.

La même figure fait voir également les surlargeurs données à la pierrée n° 9, en raison de la hauteur des maçonneries.

Le remblai a été fait par couches horizontales, de 0<sup>m</sup> 10 à 0<sup>m</sup> 20 d'épaisseur, tassées par le passage d'un grand nombre de chevaux que l'on faisait circuler constamment.

« On obtient de très bons résultats, en faisant circuler d'une manière continue des chevaux dont le piétinement divise bien les mottes et comprime le remblai; ce mode de faire coûte plus cher que le pilonnage ordinaire, mais il vaut mieux et exige moins de surveillance; on pourrait aussi employer avantageusement, pour cette opération, de petits rouleaux compresseurs. (Circulaire n° 29.) »

(A suivre.)

## Le Canal maritime de Paris à Boulogne-sur-Mer

Nous avons donné, dans notre numéro du mois de juin dernier, une rapide description du projet conçu par M. Irénée Leys, dès l'année 1863, pour mettre en relation directe le nouveau port-rade de Boulogne-sur-Mer avec Paris et avec les canaux de la Flandre.

Nous complétons aujourd'hui cette première étude par l'exposé des voies et moyens destinés à assurer l'exécution d'une œuvre si importante pour l'avenir de notre commerce, et qui s'impose, d'ailleurs, pour deux raisons majeures. La première, c'est que le port de Boulogne a besoin d'un canal pour assurer son développement, pour satisfaire aux exigences de son mouvement commercial et maritime. La seconde, c'est que le Nord de la France réclame, plus que jamais, une nouvelle et large voie navigable; d'abord, parce que les cours d'eau utilisés jusqu'à ce jour ne peuvent plus suffire à la réception de ses matières premières, à l'expédition de ses produits fabriqués; ensuite, parce que les changements apportés par la science moderne dans les systèmes de locomotion, ont modifié les conditions des transactions et qu'il n'est plus possible, à notre époque, de subir les lenteurs reconnues inévitables, en employant ces vieux moyens de transport : les anciens canaux.

L'exécution du canal de Boulogne-sur-Mer à Paris présente un caractère d'opportunité qui n'échappera à personne. Il suffit de voir ce que font nos rivales immédiates : la Prusse, la Hollande, la Belgique et l'Angleterre; en effet :

La Prusse poursuit le projet du canal de Havelberg, qui doit relier Berlin à Hambourg et lui ouvrir ainsi une voie directe sur la mer du Nord.

La Hollande a construit le large et profond canal d'Amsterdam à la mer du Nord, sur lequel ses gros navires-barques, entretenant son commerce des Indes, navigent à pleines voiles. Le canal du Helder, percé par Napoléon I<sup>er</sup>, ne suffisait plus et faisait éprouver à sa navigation en général, surtout à son active et importante navigation à vapeur, une trop grande perte de temps.

La Belgique a mis à l'étude la restauration du port de Newport, assis sur le canal qui porte son nom et sur la rivière l'Yser. Or, ce port touchant notre frontière, est, par le canal d'Ypres, à soixante-quinze kilomètres de Lille; tandis que nos ports français se trouvent être, par nos canaux, à cent cinquante kilomètres du chef-lieu du département du Nord.

L'Angleterre a canalisé la Tyne, pour déverser sur le continent, avec économie, facilité et rapidité, les produits de son sol. Ces travaux ont coûté plus de 400 millions, immobilisés sans retour.

Le canal maritime de Boulogne-sur-Mer à Paris coûtera davantage, mais l'argent employé ne sera qu'avancé, parce que les combinaisons adoptées pour faire face à cette dépense donneront lieu à son remboursement intégral.

Un des caractères principaux du projet qui nous occupe est la création de magasins généraux, non seulement aux points terminus du canal, c'est-à-dire à Boulogne-sur-Mer et à Paris, mais aussi à tous les points de rencontre de cette grande voie avec les différents canaux existants.

Les magasins généraux projetés à Boulogne seront placés à proximité des bassins du port-rade et du grand canal de trans-

port, afin que tous les quais puissent être desservis, que la manutention soit rendue facile et s'opère avec célérité et économie. Ils seront aussi mis en communication avec les lignes ferrées des quais, et les wagons circuleront jusque dans leur enceinte.

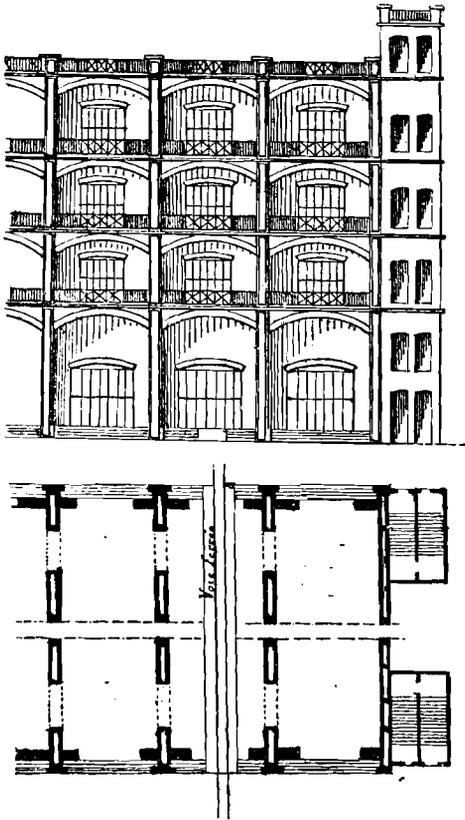


Fig. 1 et 2. — Élévation et plan d'une partie des magasins généraux.

Le modèle adopté pour les bâtiments est simple et pratique. Ces magasins peuvent prendre place partout, s'élever et se développer à volonté, soit en largeur, soit en profondeur, sans nuire à l'aspect et au caractère de la construction.

Le type adopté pour le magasin-entrepôt se distingue de ceux existants, en ce que les marchandises y sont emmagasinées par compartiments, afin de pouvoir procéder à la manutention des dites marchandises dans des conditions économiques.

Grâce aux dispositions prises, le vice résultant de la contiguïté, en cas d'incendie, est évité; les risques se trouvent donc réduits dans une grande proportion. Les primes d'assurances sont, par suite, moins élevées, ces risques n'ayant aucune solidité.

Les figures 1 et 2 permettent de se rendre compte du mode de construction qui a été choisi : les magasins se composent de travées jointes l'une à l'autre par des amorces, et qui, bien que paraissant former un tout, sont tout à fait isolées par des vides dans lesquels on introduit du sable pour empêcher le calorique de se développer.

Ces travées se superposent dans les mêmes conditions par deux, trois ou quatre étages, et se terminent par une plate-forme établie de manière à pouvoir supporter un grand poids, afin que le système de manutention adopté puisse s'opérer facilement.

Ces travées sont composées de pierres, de moellons ou de briques; il n'entre dans leur construction ni fer ni bois.

Pour communiquer avec les étages, il n'est pratiqué aucun escalier intérieur.

On s'introduit dans les travées supérieures par des galeries extérieures, auxquelles on parvient par des escaliers collectifs placés extérieurement, aux quatre coins du massif des travées.

C'est aussi par ces escaliers que l'on arrive à la plate-forme, pour satisfaire à tous les besoins et exigences de la manutention.

La fermeture de chaque travée s'opère au moyen de deux plaques ou portes en fer roulantes, placées dans un coulisseau et bouchant chaque orifice. En s'ouvrant, ces portes prennent place sur les parties pleines de chaque travée.

Il a été découpé et ménagé, sur chaque plaque, un disque mobile, soit pour établir un courant d'air, soit pour y introduire, au besoin, une lance en cas d'incendie, afin de noyer, s'il y a lieu, par des moyens appropriés et toujours prêts, les marchandises emmagasinées. Ainsi on cesse d'avoir recours à l'aide d'autrui, et, surtout, on évite toutes les perturbations qui se produisent en pareil cas.

Chaque massif ou entrepôt porte son nom, chaque travée son numéro; si bien que l'ordre et le classement adoptés permettent de donner à la manutention et à l'emmagasinement une précision et une régularité procurant aux déposants de grandes facilités pour vérifier, reconnaître leurs produits déposés et en tirer parti.

Des voies ferrées allant au canal sont établies dans chaque travée du rez-de-chaussée, de manière à faciliter l'entrée et la sortie des marchandises.

Tout, dans l'ensemble de ces magasins, a été disposé pour accélérer l'emmagasinage et réduire les frais.

On procède à la manutention par des grues fonctionnant sur la plate-forme. Ces grues peuvent enlever des fardeaux pesant cinq tonnes, et le poids de chaque fardeau, tenu en suspension, apparaît sur un cadran indicateur attaché à la grue, contrôlant ainsi, sans aucune main-d'œuvre, le poids exact des marchandises ou colis.

Les frais de magasinage seront d'un centime par tonne et par jour.

Les primes d'assurance s'élèveront à 20 et 25 centimes du mille, selon la classe des marchandises.

Dans l'esprit des promoteurs du canal, au fur et à mesure que l'on créera de nouveaux moyens d'abrégier les distances, les échanges grandiront et, en même temps, les quantités déplacées se multiplieront, de là la nécessité de procéder à l'édification des grands bâtiments dont nous venons de donner une description succincte, et qui prendront dans le commerce le nom de *Blokwurf*, appellation qui sera reconnue exacte par tous ceux qui ont des relations suivies avec l'Angleterre, la Hollande ou l'Amérique.

Un autre point sur lequel il nous paraît intéressant d'appeler l'attention des spécialistes, c'est le mode de construction des ponts pivotants qui ont donné lieu à une étude approfondie.

Tous ceux qui pratiquent la navigation intérieure connaissent les difficultés qui se produisent au passage des ponts; ils savent les lenteurs qu'ils doivent subir à l'endroit de ces passages, et

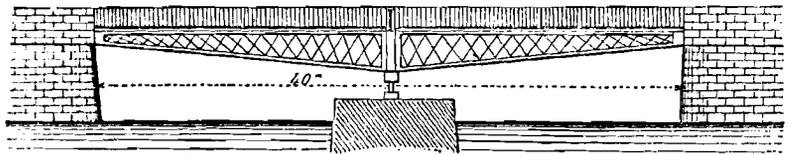


Fig. 3. — Élévation d'un pont tournant de 40 mètres d'ouverture.

conséquemment les retards qu'ils éprouvent dans le parcours.

Ces retards ne pouvant être admis dans une navigation régulière et à jours comptés, comme les affaires actuelles l'exigent, il a fallu prévenir ce grave inconvénient et rendre ainsi possible la circulation du tonnage prévu sur le canal de Paris à

Boulogne-sur-Mer. De là l'adoption d'un système de ponts qui, par son fonctionnement rapide, évite tout stationnement et toute perte de temps.

Le pont double, pivotant, représenté fig. 3, est posé sur une culée établie au milieu du canal.

A cheval sur deux passages parallèles, il donne ouverture par un mouvement rotatif à la circulation simultanée de la descente et de la montée des bateaux.

Sa largeur et sa longueur peuvent être modifiées sans porter aucune atteinte au principe de la construction, à laquelle une symétrie absolue et une parfaite harmonie de proportions assurent une complète indépendance.

Grâce à ce système, la pesanteur du pont ne pouvant faire obstacle à son fonctionnement, toutes les dimensions peuvent être adoptées.

Pour parer à l'affaissement qui peut se produire, on a combiné une partie mobile placée au-dessus de la cuvette, ce qui permet, au moyen de plateaux superposés, d'élever le bâti central, de manière que les extrémités du pont soient toujours au niveau de l'encastrement des culées extérieures sur lesquelles il se repose quand il est fermé, et aussi au niveau du berceau établi de chaque côté sur la culée intérieure, quand il est ouvert.

Les fig. 4 et 5 donnent les coupes longitudinale et transversale du pivot avec rehaussement du pont tournant.

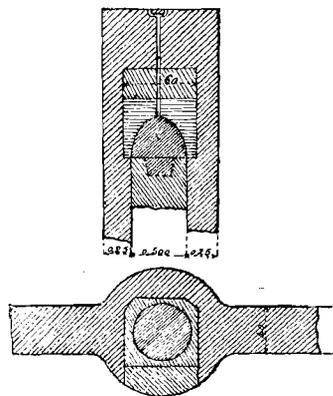


Fig. 4 et 5. — Coupes longitudinale et transversale du pivot avec rehaussement.

L'élévation du pont s'opère au moyen de deux puissantes vis placées sur la culée intérieure et au-dessous des extrémités du bâti central.

Ces deux fortes vis, ainsi disposées, ont aussi pour but de former, par une simple pression, un point d'appui au bâti central, lorsque le pont est fermé, afin d'assurer l'équilibre et de produire la résistance au poids à supporter.

L'ouverture et la fermeture du pont pivotant s'opèrent par un simple

mécanisme; il suffit d'un seul homme pour le faire mouvoir et obtenir la rotation.

Enfin, les écluses ont été également l'objet d'une étude toute spéciale. Les types adoptés sont conçus de telle sorte que le passage des navires, à la montée et à la descente, soit continu, et qu'aucune interruption ne se produise.

Le fonctionnement s'opère, en effet, au moyen d'un système d'écluses analogues à celles que, dans ces derniers temps, on a appelées jumelles. Les auteurs du projet du canal de Boulogne-sur-Mer à Paris appellent les leurs *écluses solidaires*, parce que l'eau des sas se confond dans le mouvement de baisse et d'élévation, et qu'ainsi l'opération est améliorée, tout en évitant une grande perte d'eau.

Nous reviendrons sur la description de ces écluses.

## OUTILLAGE DES TRAVAUX PUBLICS

**Procédé pour le coulage du béton sous l'eau.** — M. Heude, ingénieur des ponts et chaussées, a publié dernièrement une notice sur le procédé qu'il a employé pour couler le béton sous l'eau. Il s'agissait de faire pénétrer ce béton entre des pieux battus au fond de l'eau et irrégulièrement espacés. Dans ces

circonstances, on ne pouvait se servir des caisses ordinaires, et voici comment on a opéré :

On descendait verticalement, jusqu'au fond de la fouille, un tube carré de 0<sup>m</sup>,40 de côté, en simples planches, de manière que son extrémité supérieure dépassât la surface de l'eau de 1<sup>m</sup>,50 environ.

Ce tube pouvait être soulevé, à l'aide d'un treuil roulant dans le sens de la largeur de la fouille, sur deux madriers solidaires susceptibles d'être eux-mêmes déplacés d'une extrémité à l'autre de la fouille, dans le sens de la longueur.

Tout ce système était supporté par un bâti établi sur l'enceinte contenant les pieux.

Ces choses étant ainsi disposées, on remplissait le tube de béton, puis on le soulevait légèrement à l'aide du treuil et le béton s'écoulait partiellement sur le fond. En changeant le tube de place, au moyen d'une corde attachée à son extrémité inférieure et en répétant la manœuvre ci-dessus indiquée, on faisait arriver le béton au fond de la fouille sans l'avoir mis en contact avec l'eau.

Il faut observer seulement qu'il est indispensable, lorsqu'on soulève le tube, de ne pas faire descendre la partie supérieure du béton au-dessous du niveau de l'eau.

Lorsqu'on a déplacé l'extrémité inférieure du tube au moyen de la chaîne, le tube revient dans sa position verticale et le treuil se place de lui-même au-dessus; l'opération est donc simple et rapide. On peut tourner comme l'on veut autour d'un pieu et s'en rapprocher tout près. On peut également faire des couches continues de 30 à 40 centimètres d'épaisseur sans la moindre difficulté.

On peut objecter qu'au début de l'opération il faut jeter le béton dans le tube rempli d'eau et que ce premier béton est délavé; mais il est facile d'obvier à cet inconvénient en bouchant l'orifice inférieur du tube avec une simple planche retenue à la partie supérieure avec des cordes, et en descendant le tube au fur et à mesure qu'on le remplit de béton, de manière que la surface de ce béton soit toujours au-dessus de l'eau. Lorsque l'orifice inférieur est près du fond de la fouille, les cordes qui soutiennent la planche sont amenées obliquement et servent à retirer cette espèce d'obturateur.

La méthode que nous venons de décrire a été appliquée avec le plus grand succès au coulage du béton qui constitue les massifs de fondations des piles du pont construit sur la Loire pour donner passage à la ligne de Blois à Romorantin, en 1831. On a coulé jusqu'à 60 mètres cubes de béton, par jour et par appareil.

## CHRONIQUE

### Chronique Française

**Le prix de revient de la lumière électrique à l'Hôtel de Ville de Paris.** — L'Hôtel de Ville de Paris a été éclairé depuis le 20 octobre 1883 jusqu'au 26 avril 1884 au moyen de lampes à incandescence, et on a pu dès lors se rendre compte du prix de revient de ce mode d'éclairage. M. Bartet, ingénieur en chef des ponts et chaussées, chargé de cette installation électrique, vient de publier à ce sujet une étude que nous croyons utile d'analyser, attendu qu'il existe des appréciations fort diverses sur le prix de l'éclairage au moyen des lampes à incandescence.

Voici d'abord dans quelles conditions fonctionnait l'éclairage de l'Hôtel de ville :

La force était fournie par deux machines à vapeur à détente et à condensation, système Compound, d'une force nominale de 50 chevaux chacune, actionnant un même arbre de transmission qui donnait le mouvement aux machines dynamos.

La vapeur était produite par deux chaudières et arrivait aux machines sous une pression de 6<sup>h</sup>,50.

Ces machines consommaient 8<sup>h</sup>,5 de vapeur sèche à la pression de 6<sup>h</sup>,5 et la quantité d'eau nécessaire pour le condenseur était de 200 litres par cheval-heure.

Les machines à vapeur actionnaient deux machines dynamo-électriques du système Edison, type K, ancien modèle, pouvant alimenter chacune 250 lampes A de 16 candles. (On avait disposé 477 lampes à incandescence dans les divers locaux pourvus de ce mode d'éclairage.)

Les machines dynamos étaient excitées en dérivation, c'est-à-dire que l'excitation des inducteurs était effectuée par une dérivation du courant du circuit extérieur, au sortir du collecteur de la machine.

Cette disposition assure une plus grande constance du courant, car si le courant de travail de la machine vient à faiblir ou à devenir plus énergique, selon le plus ou moins de résistance qu'il rencontre, le courant dérivé passant par l'inducteur devient plus grand ou plus faible et augmente ou diminue l'action d'excitation de cet inducteur et par suite le courant principal.

Ces machines étaient accouplées en batterie. Leur force électro-motrice était de 110 volts et elles fournissaient chacune un courant de 190 ampères, soit ensemble 380 ampères.

La vitesse de rotation des armatures était de 920 tours.

Un régulateur placé près des dynamos, permettait, en agissant directement sur l'intensité du courant dérivé qui traversait les électro-aimants, de faire varier l'intensité du courant général.

La majeure partie des lampes était placée en dérivation, ce qui diminuait la résistance du circuit extérieur.

Enfin, les conducteurs des machines venaient se souder à des barres de cuivre, véritables récepteurs, fixées dans un tableau qui commandait toute l'installation.

Les 477 lampes employées appartenaient à trois types différents, savoir :

- 1<sup>o</sup> Les lampes du type A de 32 candles.
- 2<sup>o</sup> — — — A de 16 —
- 3<sup>o</sup> — — — B de 8 —

Le tableau suivant contient les renseignements relatifs à chacun de ces types :

	Pouvoir éclairant en carcel.	Nombre de volts.	Intensité en ampères.	Résistance à chaud en ohms.	Nombre de lampes par cheval.
Type A. 32 candles.	3.01	100	1.40	70	4.5
Type A. 16 —	1.77	100	0.75	135	7.5
Type B. 8 —	0.580	50	0.75	69	15

Une carcel vaut 0,5 candles.

Les lampes de 32 candles, au nombre de 26, donnaient une intensité lumineuse totale de 101 carrels, 66 et absorbaient une force de 6 chevaux et un courant de 36 ampères, 75.

Les lampes de 16 candles, au nombre de 420, donnaient une intensité lumineuse totale de 750 carrels, 33 et absorbaient une force de 57 chevaux, 20 et un courant de 321 ampères, 75.

Enfin, les lampes de 8 candles, au nombre de 22, donnaient une intensité totale de 12 carrels, 96, et absorbaient une force de 1 cheval 47 et un courant de 16 ampères, 50.

Si on ajoute que la force nécessaire pour mettre en mouvement les transmissions et tous les organes du système, était de 3 chevaux, on voit que pour obtenir 873 carrels, 95 il fallait 67 chevaux, 67 et un courant de 374 ampères, 55, ce qui donne 13 carrels par cheval.

Pendant la période considérée, du 20 octobre 1883 au 26 avril 1884, on a eu 458 heures d'éclairage, ce qui, en tenant compte du nombre de lampes mises chaque jour en service, correspond à :

10.140 foyers-heures 40' pour les lampes de 32 candles.			
150.243 — 20'	—	16	—
9.080 — 30'	—	8	—

Si l'on divisait chacun de ces trois nombres par le nombre total des lampes de chaque type y correspondant, on obtiendrait la durée moyenne du fonctionnement d'une lampe de chaque type pendant toute la période d'éclairage ; mais on doit tenir compte des lampes mises hors d'usage.

Or, les types de 32 candles ont été remplacées dans la proportion de 30 0/0.

Les types de 16 candles ont été remplacées dans la proportion de 22 0/0.

Les types de 8 candles ont résisté jusqu'à la fin de l'éclairage. Ainsi, le nombre des lampes de 32 candles mises réellement en service pendant l'année est de 34, le nombre des lampes de 16 candles est de 523 et celui des lampes de 8 candles de 22.

On en déduit les chiffres suivants pour la durée moyenne de fonctionnement de chacune de ces lampes :

Lampes de 32 candles : durée moyenne de fonctionnement, 208 h. 15'.

Lampes de 16 candles : durée moyenne de fonctionnement, 304 h. 28'.

Lampes de 8 candles : durée moyenne de fonctionnement, 431 h. 20'.

Ces nombres ne représentent pas la durée moyenne des lampes, mais seulement la durée proportionnelle de leur fonctionnement, attendu que la majeure partie de ces lampes aurait fonctionné encore pendant un certain temps.

En admettant que la durée moyenne des lampes soit de 800 heures, on trouvera, en divisant par 800 les nombres de foyers-heures donnés plus haut, qu'on aurait dû remplacer, pendant la période d'éclairage considérée : 12 lampes de 32 candles, 190 lampes de 16 candles et 11 lampes de 8 candles.

La dépense d'exploitation proprement dite a été de 8,938 fr. ; on a consommé 139,720 kilog. de charbon qui, au prix de 40 fr. la tonne, donnent lieu à une dépense de 5,868 fr. 24.

La dépense totale d'exploitation est ainsi de 8,938 + 5,868,24 = 14,806 fr. 24.

Il faut ajouter à ce chiffre une somme de 10,000 fr. représentant l'intérêt et l'amortissement à 10 0/0 du capital de 100,000 fr. employé pour les frais d'établissement du matériel moteur et du matériel électrique.

En résumé, les dépenses d'exploitation ayant été de 42,806 fr. 24 et le nombre total de foyers-heures ayant été de 178,873, le prix par heure et par lampe ressort à 24,806,24 : 178,873 = 0 fr. 1386.

Le pouvoir éclairant moyen des lampes étant de 1,83 carcel, il est intéressant de rechercher quelle serait la dépense pour une même intensité lumineuse avec un éclairage à l'huile ou au gaz.

En retranchant de la dépense de 0 fr. 1386 trouvée plus haut, la somme afférente à la location des appareils, dépense qui aurait été faite, quel que fût le système d'éclairage adopté, on trouve 0 fr. 1260.

Or, pour l'huile la dépense eut été de 0 fr. 130 et pour le gaz de 0 fr. 058.

L'éclairage électrique de l'Hôtel de Ville coûte donc presque aussi cher que l'éclairage à l'huile. C'est donc un éclairage de luxe qui serait nécessairement moins coûteux si, comme dans un éclairage ordinaire de nuit, on pouvait procéder à l'allumage et à l'extinction des lampes à des heures déterminées, car alors il serait possible de régler les dépenses en conséquence, ne mettre les machines en pression que juste au moment voulu, restreindre la consommation de charbon et de l'huile vers la fin de la soirée et n'utiliser le personnel que pendant les heures de travail.

C'est ce qui ne peut se faire dans le cas considéré. En effet, le personnel se compose de 2 électriciens et de 2 mécaniciens qui sont toujours en permanence et ces ouvriers reçoivent le prix d'une journée pour trois heures en moyenne de fonctionnement par jour.

M. Bartet ajoute que les chiffres qu'il a donnés sont plus élevés que ceux qu'on trouverait dans une industrie où l'éclairage aurait une durée moyenne de 7 ou 8 heures, parfaitement

régulière et déterminée à l'avance, mais que la différence qu'on trouverait sur les résultats ci-dessus indiqués, ne serait pas de nature à modifier sensiblement les chiffres.

A. de P. et C.

## Chronique Etrangère

### Renseignements sur la construction des voies ferrées en Amérique

**1° Types de rails employés sur le chemin de fer du Michigan.** — Il est évident que, dans une voie, le point le plus faible est la réunion des rails. Si donc on pouvait employer des rails continus d'un bout à l'autre, on supprimerait non seulement les dépenses qui résultent de la détérioration à l'endroit des joints, mais encore celles qui résultent de la pose des divers organes indispensables pour opérer cette réunion. Comme on ne peut éviter ces joints, il est désirable de chercher à les rendre parfaits; c'est ce que l'on a cherché à réaliser sur le chemin de fer central du Michigan.

Tout d'abord on a adopté un rail dont le profil diffère de celui généralement usité, en ce sens que les bords du champignon sont inclinés; l'épaisseur de la table est, par suite, moindre que celle du champignon à l'endroit où ce champignon se raccorde avec l'âme.

Le rail pèse 65 livres par yard courant, soit 24<sup>k</sup>262 par 0<sup>m</sup>91 ou 26<sup>k</sup>5 par mètre courant.

On emploie neuf traverses par chaque longueur de rail de 9 mètres.

Sur les lignes à double voie, l'écartement d'axe en axe des deux voies est de 3<sup>m</sup>90, ce qui donne 1<sup>m</sup>45 pour l'entrevoie.

Le ballast est formé généralement de gravier, et, sur certaines sections, de sable; le ballast arrive au niveau du sommet des traverses.

On a croisé les joints des deux files de rails appartenant à une même voie en se basant sur cette opinion, vérifiée d'ailleurs par la pratique, que ce système de pose est de beaucoup préférable à celui consistant à placer ces joints en regard l'un de l'autre.

Chaque joint est appuyé sur une traverse; il a été reconnu, en effet, que les joints en porte-à-faux étaient beaucoup plus exposés que les autres à des ruptures, et que, dans ce système, la brisure des rails et des éclisses qui les réunissent était incomparablement plus grande.

Lorsque les joints reposent sur les traverses, on peut placer les boulons d'éclisses les plus rapprochés des extrémités des deux rails à assembler à une distance de 0<sup>m</sup>15 sans aucun inconvénient, attendu que les extrémités de ces rails ont une moins grande tendance à s'écarter dans le sens vertical, et, par suite, à rompre les éclisses. Aussi ces dernières pièces n'ont-elles pas besoin d'être renforcées par une nervure. Enfin, dans le cas des joints appuyés, les deux éclisses sont de même épaisseur. Ces éclisses seront faites en acier.

Les éclisses longues, outre qu'elles donnent une plus grande rigidité au joint, permettent de fixer ce joint aux traverses avec des crampons, ce qui empêche complètement le soulèvement des rails, sauf dans des cas exceptionnels, comme, par exemple, lorsque la voie est établie sur un terrain marécageux, avec une épaisseur trop faible de ballast. Dans ce dernier cas, en effet, la voie prend forcément une forme ondulée au passage des trains très chargés.

On a trouvé que les éclisses de 0<sup>m</sup>90 ou de 1 mètre de longueur étaient trop courtes, attendu qu'on était obligé de trop rapprocher les trois traverses sur lesquelles repose le joint, et que, dès lors, le bourrage de ces traverses ne pouvait se faire convenablement. En conséquence, on a adopté la longueur de 1<sup>m</sup>10.

Ces éclisses sont boulonnées sur les rails au moyen de six boulons dont les écrous sont munis du système de desserrage Verona, que nous avons décrit en détail dans une précédente étude sur cette question spéciale; ces boulons ont une épaisseur de 9<sup>mm</sup>3.

Les éclisses de 1<sup>m</sup>10 sont les plus longues qui aient été employées jusqu'ici dans les différents pays; elles pèsent 36 livres chacune, soit 13<sup>k</sup>42 ou 26<sup>k</sup>84 la paire, non compris les boulons.

Le West Shore emploie, ainsi que le Chicago, Saint-Louis et le Western Railway, des éclisses pesant 16<sup>k</sup>79 la paire.

On expérimente en ce moment sur le Lake Shore et le Michigan des éclisses de 1<sup>m</sup>20 de longueur. Enfin, le Chicago et l'Alton Railway ont récemment adopté les éclisses de 0<sup>m</sup>90 de longueur.

**2° Procédés de construction employés par le chemin de fer de Buenos-Ayres.** — Un lecteur du *Railroad Gazette*, qui se trouvait en février 1885 à 250 milles à l'ouest de la ville de Buenos-Ayres, donne des détails intéressants sur la façon originale dont on procède à la pose des voies dans ce pays, et sur les matériaux utilisés pour la construction de ces chemins.

Il est impossible d'employer du bois pour les traverses, attendu que la contrée en est totalement dépourvue; on est alors obligé de faire reposer les rails sur des espèces de cloches métalliques ayant la forme d'une marmite ovale, mesurant 0<sup>m</sup>65 de grand axe, 0<sup>m</sup>45 de petit axe et présentant une hauteur intérieure de 0<sup>m</sup>20.

Ces cloches sont placées en face l'une de l'autre à 1<sup>m</sup>41 de distance d'axe en axe, de sorte qu'il existe entre les bords de deux cloches en regard un espace libre de 0<sup>m</sup>75.

La pose de ces voies se fait un tiers plus rapidement que lorsqu'on emploie des traverses de bois.

Les éclisses et les boulons qui servent à fixer les rails entre eux et leurs supports sont du même type que pour les voies construites d'après la méthode ordinaire.

Le rail pèse 56 livres, c'est-à-dire 21 kilogrammes environ par pied courant, ce qui correspond à 23<sup>k</sup>33 par mètre courant; il a une hauteur de 0<sup>m</sup>10 et 0<sup>m</sup>075 d'épaisseur à la base, mais, sur chaque support métallique, il existe, faisant corps avec ce support, trois sortes de coussinets, disposés en quinconces, et dans lesquels le rail s'emboîte. Ces coussinets affectent la forme d'une équerre qui s'applique contre le patin du rail; deux d'entre eux sont placés du côté extérieur du rail, le troisième est du côté intérieur.

C'est entre ce dernier coussinet et le rail que l'on vient chasser un coin métallique qui forme serrage.

L'épaisseur moyenne des supports en fonte est de 0<sup>m</sup>0155. Ils sont traversés par des tringles qui les maintiennent à l'écartement voulu.

La pose de la voie dans la partie située entre Buenos-Ayres et le pied des Andes n'offre aucune difficulté au point de vue du terrain.

Les ouvrages d'art sont insignifiants; on n'a pas eu à creuser de fossés pour l'écoulement des eaux, la tranchée la plus profonde n'a pas plus de 1 mètre et le plus grand remblai ne dépasse pas 2 mètres de hauteur.

Ses déclivités maxima sont de 0<sup>m</sup>50 pour cent ou 0<sup>m</sup>78 par mille, soit 5<sup>mm</sup> par mètre.

Le seul ouvrage d'art d'une certaine importance est un tunnel de 13 kilomètres de longueur.

La ligne entière a une longueur de 205 kilomètres; 156 kilomètres de voie étaient déjà livrés à l'exploitation au commencement de 1885.

(*Railroad Gazette.*)

**Améliorations récentes apportées dans la superstructure des voies.** — On pense généralement qu'en France et dans la Suisse Occidentale on ne cherche pas à apporter de grandes améliorations dans la superstructure de la voie, et

que les ingénieurs de ces deux pays ont complètement renoncé à l'emploi des traverses métalliques.

Cette opinion a ceci de vrai que le prix des traverses métalliques étant fort élevé, on a été conduit à essayer des pièces de trop petites dimensions, et on n'a pas obtenu des résultats aussi satisfaisants qu'on l'espérait.

Mais on a repris l'étude de cette question, et les chemins de fer de la Suisse Occidentale ont été l'un des premiers qui cherchèrent à introduire sur leurs lignes la superstructure métallique, en suivant l'exemple du chemin de fer central en 1833.

La détermination prise par les chemins de fer suisses ont certainement une influence sur les décisions des ingénieurs des Compagnies françaises, et, en 1884, la Compagnie de P.-L.-M. essaya la superstructure métallique sur une grande échelle.

Il ne s'agit pas ici de discuter les avantages que présentent les traverses métalliques sur les traverses en bois, et réciproquement, mais de constater simplement que l'emploi des traverses métalliques sur les lignes de la Suisse Occidentale constitue une amélioration indiscutable des méthodes de construction jusqu'ici usitées.

Une autre amélioration, qui n'a pas moins d'importance, et que nous ne saurions trop recommander, consiste dans l'emploi que font maintenant les deux Compagnies citées plus haut de ballast complètement débarrassé de matières terreuses. Le ballast est, à cet effet, passé à travers un crible. Ce procédé est assez coûteux, il est vrai, mais l'accroissement de dépense n'est pas à mettre en rapport avec l'excellence des résultats obtenus. On arrive ainsi à assainir complètement la plate-forme de la voie.

Cette amélioration, qui a été imaginée en France, a été aussitôt mise en pratique sur les lignes de la Suisse Occidentale; voilà déjà trois ou quatre ans que l'on n'emploie plus sur ces lignes que du ballast débarrassé de terre, tandis que les autres Compagnies de la Suisse allemande restent dans l'expectative.

Parmi les autres perfectionnements réalisés par les Compagnies de P.-L.-M. et de la Suisse Occidentale, nous citerons encore l'emploi des rails plus longs et l'adoption de nouvelles méthodes de fixation de ces rails, en vue d'éviter le glissement de la voie et l'écartement anormal des rails dans les courbes. Nous donnerons plus loin des détails circonstanciés sur ces perfectionnements.

Depuis quelques années, les différents pays d'Europe ont augmenté la longueur des rails (longueurs qui se maintenaient autrefois entre 5 et 6 mètres), et partout on a constaté que cette mesure n'offrait que des avantages.

Ces avantages peuvent d'ailleurs se résumer comme suit :

1° Diminution du nombre des points faibles de la voie, c'est-à-dire du nombre des joints.

2° Les rails longs présentent une plus grande stabilité que les rails courts, et il en résulte que les premiers offrent une plus grande résistance aux efforts qui tendent à les déplacer latéralement et à les faire glisser dans le sens longitudinal.

3° On obtient une plus grande uniformité dans les parties de voie en courbe.

4° On réalise des économies dans les frais de pose et dans l'entretien des voies, puisqu'il y a un moins grand nombre de joints, et, par suite, un moins grand nombre d'appareils accessoires. Enfin, les rails longs peuvent se fabriquer à des conditions de prix plus avantageuses que les rails courts.

Les économies réalisées par les Compagnies qui possèdent un réseau très étendu croissent proportionnellement à la longueur du rail et se chiffrent par des sommes considérables.

Mais le maximum de longueur que l'on peut donner au rail est limité par les considérations suivantes :

Plus les rails sont longs, plus leur poids est considérable; par suite, il faut un plus grand nombre d'ouvriers pour les manier, un matériel spécial pour les transporter, un outillage également spécial pour effectuer la pose avec promptitude. Il faut également considérer que les usines ne peuvent dépasser en pratique une certaine longueur.

Plus les rails sont longs, plus il faut laisser d'intervalle entre deux rails consécutifs pour la dilatation; mais cet intervalle ne peut dépasser un certain chiffre. Il dépend, d'ailleurs, des conditions climatiques du pays dans lequel se trouve établie la voie ferrée.

Ceci posé, on peut se demander quelle est la longueur la plus favorable pour les lignes suisses.

La détermination de la longueur du rail à adopter sur les lignes suisses dépend, dans une certaine mesure, des longueurs de rails adoptées par les réseaux voisins pour la voie normale.

Ces longueurs sont les suivantes :

	LONGUEUR MAXIMA	OBSERVATIONS
Allemagne .....	9 <sup>m</sup> 00	Rail employé très couramment.
Hollande (chemin de fer de l'Etat) .....	12 <sup>m</sup> 00	Rail pesant 38 k. p <sup>r</sup> mètre courant.
Autriche (chemin de fer du N.-O.) .....	9 <sup>m</sup> 75	
France { Compagnie du Midi.....	11 <sup>m</sup> 09	{ Rails pesant de 37 k. 6 à 38 k. 25 par mètre courant.
— de P.-L.-M. . . . .	12 <sup>m</sup> 00	
Italie (lignes du Midi).....	12 <sup>m</sup> 00	Rail pesant 36 k. p <sup>r</sup> mètre courant.
Angleterre .....	18 <sup>m</sup> 28	{ Communication de M. Daveluy, <i>Revue générale des chemins de fer</i> de juin 1883.
Suisse.....	12 <sup>m</sup> 00	(Lignes de la Suisse occidentale.)

D'après ce tableau, on voit que c'est en Allemagne que le rail a la plus faible longueur.

Un point essentiel, lorsqu'on a à remplacer des rails isolés ou à faire une réfection sur de longues sections de voies en exploitation, c'est de pouvoir procéder à cette opération de la manière la plus simple, sans interrompre la circulation des trains, en employant le moins d'ouvriers et le moins de temps possible. Comme l'augmentation de la longueur des rails occasionne une plus-value dans le transport et dans la main d'œuvre, il faudra, autant que faire se pourra, éviter le coupage des rails, ce qui demande beaucoup de temps, et choisir une longueur de rails qui permette le remplacement facile et immédiat de pièces isolées. Ces considérations conduisent à adopter pour la longueur des nouveaux rails un multiple de la longueur des rails employés anciennement. Sur les lignes françaises et suisses, les nouveaux rails ont une longueur double des anciens; cette dimension se justifie par les règles adoptées pour la répartition des équipes, les méthodes en vigueur pour effectuer l'entretien des voies et leur réfection.

L'entretien se fait, en effet, à l'aide d'équipes de cinq ouvriers, qui ont, en outre, la surveillance de la voie. En cas de réfection d'une ou de plusieurs sections, on emploie plusieurs équipes auxquelles on adjoint des ouvriers auxiliaires. Si, par exemple, il y a rupture d'un rail de 12 mètres, l'équipe trouvera immédiatement dans les ateliers de secours deux rails de 6 mètres pour remplacer provisoirement celui de 12 mètres qui a été mis hors d'usage; de sorte que le remplacement de ce rail de 12 mètres peut se faire quelques jours après. Dans les courbes, il n'y a aucune difficulté, car on fait, pour constituer la file intérieure, des rails ayant 11<sup>m</sup>025 pour employer dans les parties en courbe de 300 à 240 mètres de rayon.

On a prétendu que les rails de 9 à 10 mètres seraient préférables aux rails de 12 mètres, le jeu à laisser aux joints étant dans le premier cas moindre que dans le second cas; mais cette opinion est erronée, tout au moins en ce qui concerne les chemins de fer suisses. On a prétendu aussi que la longueur de l'intervalle qu'il faut laisser entre deux rails consécutifs de 12 mètres pouvait causer des avaries au matériel roulant. Là encore cette opinion doit être combattue, car la Compagnie des chemins de fer méridionaux de l'Italie, qui emploie depuis 1878 des rails de 12 mètres, et qui, à la fin de 1883, possédait 560 kilomètres de voie construite avec des rails de cette longueur, n'a trouvé aucun des inconvénients signalés plus haut.

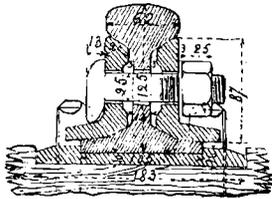
Cette Compagnie laisse entre deux rails consécutifs un intervalle de 7 millimètres. Elle a posé des rails de 12 mètres dans des parties de voies en courbe de 150 mètres de rayon en employant pour constituer la file intérieure des rails de 11<sup>m</sup>88. Pour un rail de 12 mètres, on se sert de treize traverses; on

met trois paires de platines ou selles lorsque la voie est en alignement, et cinq paires lorsque la voie est en courbe.

Les éclisses cornières qu'on emploie (quatre pièces par joint) sont pourvues d'encoches là où il y a des tirefonds, afin d'éviter un glissement longitudinal de la voie (voir fig. 1).

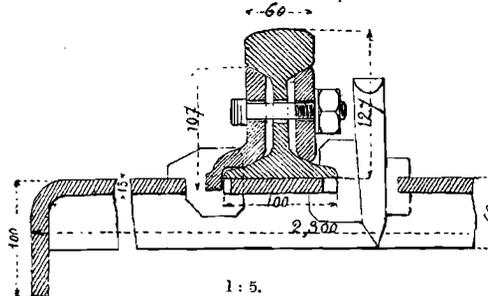
La distance entre les traverses est de 0<sup>m</sup>61 pour joints à porte à faux, et leur répartition se fait comme le montre la figure (a).

de 6). Le rail de 6 mètres est le plus fréquemment employé pour les lignes suisses; il convient donc de s'arrêter au type nouveau de 12 mètres; on ne saurait conseiller de dépasser cette longueur, et il paraît même désavantageux, étant donnée l'organisation du service, d'arriver à des longueurs de 18 mètres. On serait, en effet, obligé, dans ce dernier cas, de laisser entre deux rails consécutifs un intervalle de 10 à 12<sup>mm</sup>, ce qui offrirait certains dangers. Les chemins de fer de la Suisse



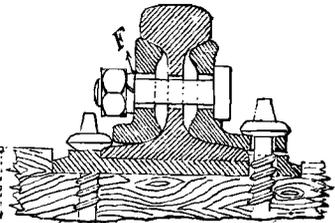
1 : 5

Fig. 1. — Coupe au joint.



1 : 5.

Fig. 2. — S. O. S. (Type P. L. M.). Coupe au joint.



1 : 5.

Fig. 6. — P. M. Coupe transversale.

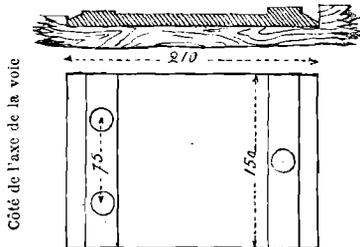


Fig. 3. — P. M. Selle ou platine

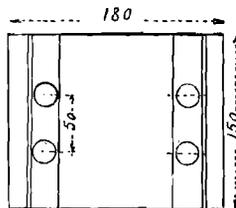


Fig. 4. — P. L. M. A. Selle ou platine.

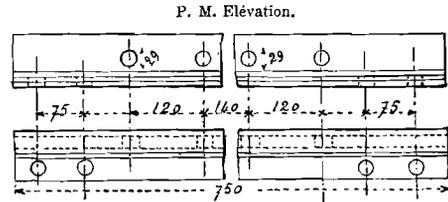


Fig. 5. — Plan.

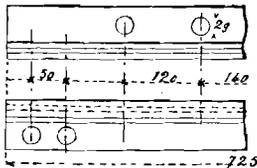
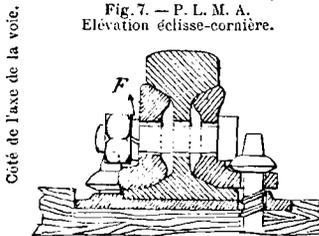
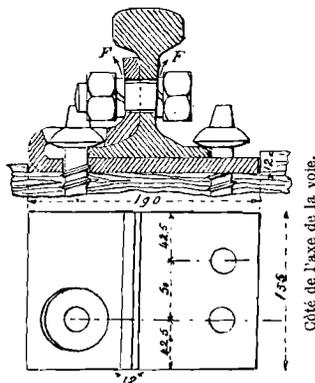


Fig. 7. — P. L. M. A. Elévation éclisse-cornière.



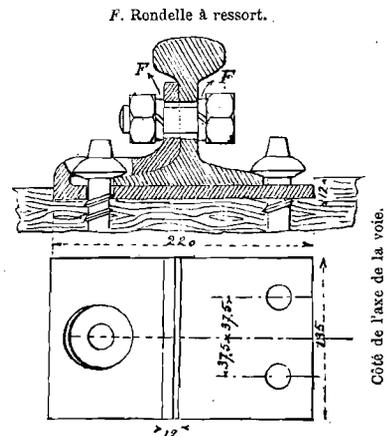
1 : 5.

Fig. 8. — P. L. M. A. Eclissage.



1 : 5.

Fig. 9. — P. M. Selle-arrêt.



1 : 5.

Fig. 10. — P. L. M. A. Selle-arrêt.

Sur les lignes de la Suisse Occidentale, pas plus que sur les lignes de l'Italie, on n'a constaté le moindre inconvénient résultant de l'écartement laissé entre les bouts de deux rails consécutifs de 12 mètres. Le roulement des voitures s'effectue avec douceur et sans donner lieu aux chocs que l'on remarque au passage des joints sur les lignes construites avec des rails de 5 et de 6 mètres de longueur.

Etant donnée la longueur de 5 et de 6 mètres qu'avaient anciennement les rails des chemins de fer suisses, on a été conduit à adopter pour les nouveaux rails des longueurs de 10 à 15 mètres (multiples de 5), ou de 12 et 18 mètres (multiples

de 6). Le rail de 6 mètres est le plus fréquemment employé pour les lignes suisses; il convient donc de s'arrêter au type nouveau de 12 mètres; on ne saurait conseiller de dépasser cette longueur, et il paraît même désavantageux, étant donnée l'organisation du service, d'arriver à des longueurs de 18 mètres. On serait, en effet, obligé, dans ce dernier cas, de laisser entre deux rails consécutifs un intervalle de 10 à 12<sup>mm</sup>, ce qui offrirait certains dangers. Les chemins de fer de la Suisse

Occidentale ont donc adopté la longueur de 12 mètres, après avoir constaté par expérience les résultats très avantageux obtenus avec des rails de 10 mètres de longueur posés entre Palezieux-Vauderens et Nyon-Céligny. D'après les études qui ont été faites à ce sujet, les économies à réaliser par la substitution des rails de 12 mètres aux rails de 6 mètres de longueur seraient de 1,730 à 1,950 francs par kilomètre, suivant qu'on emploiera des traverses en bois ou des traverses métalliques. Cette économie appliquée à la longueur du réseau, qui est de 600 kilomètres, donne une somme de 1,038,000 francs à 1,170,000 francs. Et si, maintenant, on

calculé l'économie à réaliser pour toutes les lignes suisses, on arrive à un total de 4,615,640 à 5,202,600 francs pour une longueur de 2,668 kilomètres.

Voici d'ailleurs comment se calcule l'économie réalisée par la substitution sur une longueur de voie de 12 mètres de deux rails de 12 mètres à quatre rails de 6 mètres.

On économise d'abord une traverse; en effet, avec deux rails de 6 mètres, il faut  $2 \times 7 = 14$  traverses, tandis qu'avec un rail de 12 mètres il ne faut que 13 traverses.

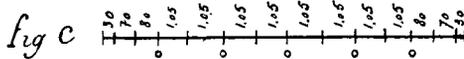
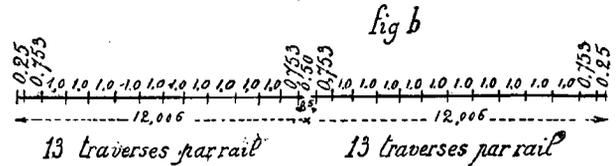
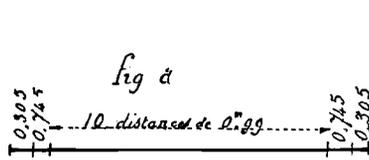
Cette traverse vaut 5 francs ou 7 fr. 70, suivant qu'elle est en bois ou en fer.

la file intérieure des rails de 11<sup>m</sup> 925 jusqu'à la limite d'un rayon de courbure de 240 mètres. Suivant les conditions de déclivité de la voie, suivant la vitesse des trains qui circulent sur les sections considérées, etc., elle emploie treize, quatorze ou quinze traverses par rail, réparties suivant les conditions qu'indiquent les diagrammes *c, d, e*.

En outre, toutes les traverses sont pourvues de trois ou quatre selles. (Voir *fig. 3* et *4*).

Pour fixer les rails, on se sert de tirefonds en acier. Le jeu au joint, à la température de 10 degrés, est de 7 millimètres.

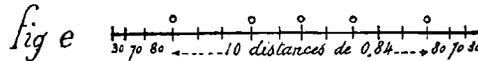
L'assemblage au joint en porte-à-faux se fait avec des éclisses.



Pour lignes où la vitesse normale des trains est inférieure à 50 kilom.  
13 traverses pour chaque rail de 12<sup>m</sup>. — 5 selles-arrêt.



Pour lignes où la vitesse normale des trains est inférieure à 50 kilom.  
14 traverses pour chaque rail de 12<sup>m</sup>. — 5 selles-arrêt.



Pour lignes à déclivité maxima et rayon minimum. — Vitesse des trains : 50 kilom. à l'heure et plus.  
15 traverses pour chaque rail de 12<sup>m</sup>. — 5 selles-arrêt. — Pas de selle-arrêt dans les sections en palier.

Quant à l'économie sur le matériel, elle s'évalue comme suit :

2 Selles ou platines pesant environ 3 <sup>k</sup> et coûtant 2f.25			
6 Crampons	—	1 5	— 1 00
2 Eclisses cornières.	—	16	— 8 00
2 Eclisses ordinaires	—	11	— 3 30
8 Boulons	—	4	— 1 20
<b>Économie totale de menu matériel</b>			<b>15f.76</b>

Cette somme, ajoutée au prix de la traverse économisée, donne un total de 20 fr. 76 dans le cas de la traverse en bois, et de 23 fr. 48, dans le cas de la traverse métallique, soit, par mètre courant, 1 fr. 73 ou 1 fr. 95, et, par kilomètre, 1,730 ou 1,950 francs.

La main d'œuvre pour la pose d'un rail de 12 mètres n'est pas plus élevée que celle d'un rail de 6 mètres; il y aura même économie dans le coût de cette main d'œuvre, dès que les équipes seront habituées au travail.

Les rails en acier de 12 mètres (type P.-L.-M.) employés par la Compagnie des chemins de fer de la Suisse Occidentale sont fabriqués par le Creusot. Ils sont généralement posés sur des traverses en fer et sont si flexibles qu'on n'a pas besoin de les courber lorsqu'on les utilise dans des parties en courbe de 350 mètres de rayon; il suffit d'un simple effort pour leur faire prendre la courbe voulue lors de l'assemblage sur les traverses.

Ces rails de 12 mètres sont assemblés aux joints par une éclisse cornière et une éclisse ordinaire, et pèsent 33 kilogrammes par mètre courant (voir *fig. 2*). Au joint, l'écartement des traverses est de 0<sup>m</sup> 50; les écartements suivants sont de 0<sup>m</sup> 753, et ensuite de 1 mètre, lorsqu'on emploie des traverses métalliques.

L'écartement de deux rails consécutifs est de 6 millimètres.

Le croquis *b* donne le diagramme de pose de deux rails consécutifs.

La Compagnie de P.-L.-M., dont le réseau exploité a maintenant une longueur totale de 7,500 kilomètres, et qui a encore à construire 2,000 kilomètres de voies, emploie des rails de 6, 8, 10 et 12 mètres de longueur. Dans les parties en courbes des sections établies en rails de 12 mètres, elle emploie pour

cornières fixées avec quatre boulons; à chaque traverse, on emploie deux tirefonds pour empêcher le glissement du rail, suivant l'axe de la voie. (Voir *fig. 5* à *8*.)

Enfin, pour chaque longueur de rail de 12 mètres, on se sert de cinq selles-arrêt (*fig. 9* et *10*) pour empêcher tout écartement latéral du rail et tout glissement de ce dernier. On voit qu'en opérant ainsi qu'il vient d'être expliqué, on se trouve dans les meilleures conditions possibles de stabilité.

La Compagnie de P.-L.-M. emploie deux types d'éclissage pour les rails supportés par des traverses en bois : le type P M et le type P L M. A. (Voir *fig. 9* et *10*.)

Ce système d'assemblage présenterait de grands avantages pour les chemins de fer suisses, qui sont construits avec des courbes de faible rayon et des déclivités plus grandes que celles admises sur les chemins français en général et sur les lignes de la Compagnie de P.-L.-M., en particulier.

(Schweizerische Bauzeitung).

**Raccordement de la ligne secondaire de Creuzthal-Hilchenbach avec les ateliers de constructions mécaniques de MM. Klein frères.** — Le raccordement des ateliers de constructions mécaniques de MM. Klein avec la ligne secondaire de Creuzthal-Hilchenbach présente cette particularité que le niveau de la voie des ateliers est à plus de 2 mètres en contre-bas du niveau des voies du chemin de fer. Comme il était impossible de modifier cet état de choses, on dut établir entre l'usine et la gare un plan incliné sur lequel les wagons, chargés de lourdes pierres, sont remorqués à l'aide d'un câble qui s'enroule sur un treuil à vapeur. Ce treuil a été calculé pour vaincre une résistance de 40 tonnes. Il est mû au moyen de la vapeur amenée de l'usine par une conduite de 50 millimètres de diamètre posée sur terre. Ce système a donné de bons résultats.

(Centralblatt der Bauverwaltung.)

**Types de remises pour locomotives du chemin de fer du North-Western (Angleterre).** — Depuis 1874, la Compagnie du North-Western a adopté un type de remises de locomotives qu'elle installe dans toutes ses stations principales et qui con-

siste en deux bâtiments rectangulaires pouvant contenir chacun 60 locomotives avec leur tender. Ces deux bâtiments sont placés l'un à côté de l'autre. Derrière, se trouvent les bureaux et autres locaux accessoires. Enfin entre les deux remises, et à leur partie postérieure, est placé un atelier de réparation dans lequel se trouve trois voies reliées par une aiguille triple. La voie du milieu se prolonge parallèlement aux voies de stationnement des locomotives, dans les remises, et sépare ces dernières qui font ainsi entre elles un angle très aigu.

La toiture est, du modèle de celles employées dans les filatures et désigné sous le nom de scheds, c'est-à-dire que le faitage est en dent de scie et dirigé perpendiculairement à la direction des voies. Cette toiture forme une série de travées ayant 4<sup>m</sup>,50 d'ouverture; les poutres de chaque travée sont supportées par des colonnes en fonte creuses, afin de servir de tuyaux de conduit pour les eaux de pluie et distantes les unes des autres de 7<sup>m</sup>,65. Entre deux colonnes consécutives passent deux voies.

Au-dessus de chaque voie, et dans toute l'étendue de la remise, règnent des cloisonnages en bois assez espacés pour que la cheminée d'une machine puisse se placer au-dessous. Ces cloisonnages forment ainsi une sorte d'auge ou de baquet renversé, sous lequel se rassemble la fumée des cheminées des locomotives, et qui conduit cette fumée dans une sorte de tuyau en bois placé au sommet de la toiture de chaque travée.

Le vitrage est fait de façon à proscrire l'emploi du mastic; à cet effet, les chassis sont taillés en queue d'aronde de chaque côté pour recevoir les carreaux qui sont d'une seule pièce, et qui se posent latéralement.

Les fosses à piquer qui se trouvent sous chaque locomotive sont pavées en briques bleues; leur fond est en pente, et les eaux qui s'écoulent ainsi sur ce radier peuvent être évacuées par un drain spécial dont l'orifice est situé dans la partie la plus basse.

Le plancher des remises, entre les fosses, est également formé de briques bleues; sa surface est inclinée du côté des rails et l'eau s'écoule par une série de petites grilles dans les fosses et, de là, dans les égouts.

Ces constructions sont dans d'excellentes conditions, au point de vue de la ventilation et de l'éclairage; elles se recommandent par la modicité de leur prix de revient. En outre, pendant l'hiver, la chaleur se conserve bien mieux que dans les bâtiments d'ancien modèle pourvus de lanternaux; aussi n'est-il pas nécessaire de faire du feu pour empêcher l'eau de se congeler dans les tenders.

(Société des Ingénieurs civils de Londres.)

**Moyen pour empêcher le desserrage des écrous.** —

Nous avons déjà décrit, dans les *Annales des Travaux publics*, un certain nombre de moyens pour éviter le desserrage des écrous des boulons d'éclisses. Voici une nouvelle solution du problème imaginée par M. Palm. Le système en question a été

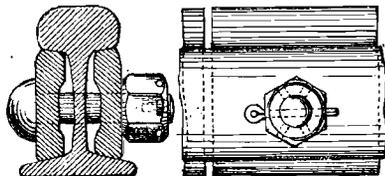


Fig. 1.

Fig. 2.

mis à l'essai depuis plus de deux ans dans la gare de Lunenburg, où les voies sont soumises à de fréquentes secousses, et il a donné des résultats très satisfaisants. Il consiste à fendre longitudinalement l'extrémité du boulon ou, si on le préfère, à pratiquer dans cette extrémité deux fentes perpendiculaires se croisant. L'écrou à six pans, qui se visse sur ce boulon, est percé de telle façon que les deux trous placés vis-à-vis l'un de l'autre coïncident avec la fente, chaque fois que cet écrou a

tourné d'un sixième de tour. Une cheville d'environ 4 millimètres d'épaisseur sert à maintenir l'écrou dans sa position définitive, ainsi que le montrent les figures 1 et 2.

L'origine de la fente se trouve à peu près à 1 centimètre de l'extrémité du boulon, de façon que l'on ne soit obligé que de faire faire quelques tours seulement à l'écrou, afin de pouvoir employer le moyen d'arrêt ci-dessus indiqué.

Lorsqu'il s'agit des boulons d'éclisses pour les voies ferrées, on trouve plus simple de remplacer la clavette par une cheville que l'on introduit dans la direction de l'axe du boulon, ainsi que le montre la figure 1.

Il est inutile de recourber la pointe de la cheville, attendu que cette dernière, étant comprimée, ne peut s'échapper. Lorsqu'on veut la rentrer, il suffit de déplacer un peu l'écrou en lui faisant faire quelques tours en avant.

(Centralblatt der Bauverwaltung.)

**Type de pont construit sur la rivière Kennet, près de Reading, au confluent de cette rivière avec la Tamise.** — Ce pont a été établi par la Compagnie du gaz de Reading, pour relier son usine, située sur l'un des bords de la rivière Kennet, avec un terrain qu'elle a acquis sur l'autre rive.

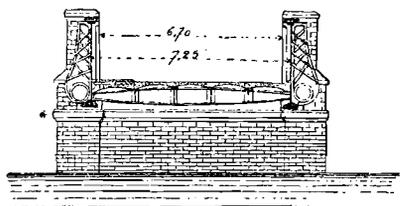


Fig. 1. — Coupe transversale du pont.

Il présente cela de particulier, qu'il sert non seulement à la circulation des voitures et des piétons, mais qu'il supporte aussi des conduites à gaz.

Ce pont est biais; son axe fait avec celui de la rivière un angle de 42°. L'ouverture entre les culées est de 32<sup>m</sup>,10.

Les poutres maîtresses, en fer, à treillis, mesurent 36 mètres de longueur et 2<sup>m</sup>,85 de hauteur.

La table supérieure de ces poutres a une largeur de 0<sup>m</sup>,85, et la table inférieure, 0<sup>m</sup>,525.

La distance des poutres, d'axe en axe, est de 7<sup>m</sup>,125, ce qui donne pour la largeur du pont, dans œuvre, 6<sup>m</sup>,60.

Les poutres transversales, qui réunissent les deux poutres maîtresses, perpendiculairement à l'axe de l'ouvrage, ont 0<sup>m</sup>,60 de hauteur dans leur partie médiane; elles sont écartées de 1<sup>m</sup>,55, d'axe en axe. Sur leurs rebords supérieurs, on a rivé des plaques bombées, en fer forgé, présentant, au milieu, une fièche de 0<sup>m</sup>,075.

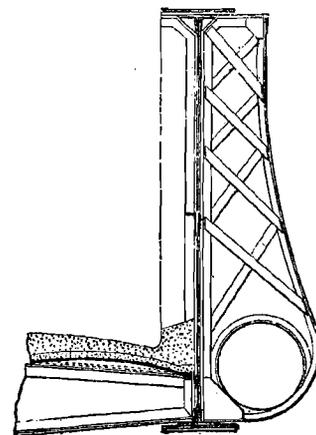


Fig. 2. — Détail du parapet et de la canalisation.

Les extrémités des poutres maîtresses reposent sur des galets en acier Bessemer, qui roulent sur des plaques de fonte, afin de permettre à ces poutres de se dilater ou de se contracter librement sous l'influence des variations de la température.

Les tuyaux qui conduisent le gaz ont 0<sup>m</sup>,65 de diamètre; ils

sont en tôle et terminés à leurs extrémités par des rebords qui servent à les assembler, au moyen de boulons.

Ces tuyaux sont supportés par des consoles, suivant le dispositif indiqué sur le dessin; de cette façon, on ne diminue pas la hauteur qui doit réglementairement exister entre le niveau de l'eau et le dessous du tablier, et on n'augmente pas non plus l'épaisseur de ce tablier.

Cette disposition mérite donc d'être signalée; elle peut être utilement adoptée dans bien des cas.

Les tuyaux reposent simplement sur leurs supports, sans faire corps avec eux, de telle sorte qu'ils puissent se dilater ou se contracter librement et suivre les mouvements du pont lui-même, ou subir sans inconvénient les vibrations résultant du passage sur ce pont des charges roulantes. Enfin, à chaque extrémité du pont, on a intercalé dans la conduite un joint de dilatation.

Nous ferons également remarquer que les tuyaux sont parfaitement étanches et, comme ils sont visibles dans toutes leurs parties, on peut opérer une surveillance continue et faire, avec la plus grande facilité, les réparations exigées.

Les dessins n° 1 et n° 2 donnent une coupe transversale du pont, ce qui permet de se rendre compte de la disposition générale de l'ouvrage, et une coupe transversale, à plus grande échelle, des poutres maîtresses, de la conduite et des consoles qui la supportent.

(The Engineering.)

**Mécanisme de fermeture pour les portes des remises de pompes à incendie.** — On a appliqué à Magdebourg un système de fermeture assez original pour les portes des remises qui contiennent les pompes à incendie.

Ces remises ont cinq portes qu'il est intéressant de pouvoir ouvrir simultanément lorsqu'un incendie est signalé, afin de réduire au minimum le laps de temps employé pour sortir les pompes.

On a atteint ce résultat en munissant chaque battant de porte (les portes sont à deux battants de 3<sup>m</sup>10 de hauteur et de 2<sup>m</sup>30 de longueur) d'une serrure dont les verrous sont poussés en haut et en bas au moyen de ressorts. Mais à chaque battant et sur sa paroi intérieure, se trouve également un ressort puissant qui tend à pousser la porte en dehors.

Les serrures des cinq portes sont reliées par une tringle fixée au mur du bâtiment et qui les commande toutes. Cette tringle peut se déplacer dans le sens de la longueur d'environ 13 centimètres, sous l'influence d'un levier de manœuvre. On dégage ainsi tous les verrous des serrures, mais alors les ressorts situés à l'intérieur peuvent agir et les battants des portes se trouvent ainsi repoussés de l'intérieur vers l'extérieur. Ces battants viennent buter contre des taquets à ressort scellés dans le sol et qui les enclenchent dans leur position d'ouverture, de sorte que les portes une fois ouvertes ne peuvent plus se refermer d'elles-mêmes.

Les battants pivotent autour de ferrements à pivots scellés dans la maçonnerie.

(Bulletin des Architectes de Vienne.)

**Enlèvement d'une roche sous-marine à l'entrée du canal Welland et du port de Colborne.** — Depuis une vingtaine d'années ces sortes de travaux se font pour ainsi dire couramment, grâce aux progrès accomplis dans l'art de l'ingénieur. En Amérique on a pu améliorer ainsi les conditions de la navigation du détroit et du fleuve Saint-Laurent, des ports de l'Erie de la Pensylvanie, etc., etc. Tout récemment on a exécuté des travaux du même genre à l'entrée du canal Welland et du port de Colborne. Il s'agissait d'enlever 12,000 à 16,000 mètres cubes de roches à une profondeur de 3 à 4<sup>m</sup>,50 sous l'eau. Ces roches étaient composées de calcaire bleu traversé par des couches de cailloux.

On essaya mais sans succès de désagréger cette roche à l'aide de coton poudre; après plusieurs études on fut amené à em-

ployer de la nitro-glycérine logée dans des chambres de mine très étroites et pratiquées à la partie inférieure des roches de façon à produire un soulèvement vertical de toute la masse; les premières tentatives bien qu'ayant amené quelques résultats laissaient encore à désirer; mais on est parvenu à combiner une méthode qui peut être employée avec succès et qui mérite à ce titre d'être signalée.

Le matériel nécessaire pour ces opérations comprend un ponton à fond plat de 9 mètres de largeur et de 15 mètres de longueur avec un tirant d'eau de 0<sup>m</sup>,60 environ. Ce ponton porte une chaudière, une machine à vapeur à deux cylindres pour les manœuvres des ancres, deux forets pouvant donner 400 coups par minute et une forge pour la réparation des mèches desdits forets. Ces mèches qui ont un diamètre variant de 0<sup>m</sup>,320 à 0<sup>m</sup>,60, ont 4 arêtes tranchantes en acier fortement trempé allant du centre à la circonférence.

Chaque foret est indépendant et se meut dans un châssis à coulisse placé sur le bord du ponton. Un tuyau partant de la chaudière et aboutissant aux cylindres des machines à forer fournit la force nécessaire à la manœuvre de ces forets.

Le personnel se compose d'un chef d'équipe, d'un forgeron et d'un aide, de 4 ouvriers pour la manœuvre des forets, d'un mineur et de son aide, soit en tout de 9 ouvriers.

Les trous que l'on perçait ainsi dans le rocher étaient distants de 1<sup>m</sup>,50; ils étaient poussés à 0<sup>m</sup>,75 au-dessous de la profondeur que l'on désirait donner à la fouille; les forets étaient maintenus dans une position rigoureusement verticale à l'aide d'une cloche en fonte pesant une centaine de livres, ayant 0<sup>m</sup>,30 de hauteur et 0<sup>m</sup>,675 de diamètre à la base. Ces cloches étaient munies de 3 jambes d'environ 0<sup>m</sup>,075 de longueur.

Lorsque le trou de mine était percé on le nettoyait à l'aide d'un courant d'eau énergique amené par un tuyau dont l'orifice inférieur était introduit dans le trou de mine. L'eau était refoulée par une pompe.

La cartouche consistait en une boîte en métal mince de 0<sup>m</sup>,022 de diamètre et de 0<sup>m</sup>,37 de hauteur, remplie de matière explosive jusqu'à 0<sup>m</sup>,025 du sommet. L'explosif (le fulminate de mercure) était enfermé dans une capsule en cuivre dans laquelle pénétraient les fils conducteurs de l'électricité.

Enfin on plaçait la cartouche munie de son amorce dans un tube métallique de 0<sup>m</sup>,037 de diamètre et d'environ 0<sup>m</sup>,50 de longueur à l'une des extrémités duquel était pratiquée une fente destinée à donner passage aux fils conducteurs que l'on tendait pendant la descente de la cartouche.

Lorsque la cartouche était ainsi descendue dans le trou de mine dont elle occupait le fond, on y faisait pénétrer au moyen d'un tube de cuivre muni d'un entonnoir la quantité voulue de nitro-glycérine, quantité qui dépendait de l'épaisseur de la roche qu'il s'agissait de faire sauter. On versait ensuite dans ce tube de l'eau chaude afin d'enlever les parties de nitro-glycérine qui auraient pu rester adhérentes aux parois; enfin on reliait les fils conducteurs avec la source d'électricité et on faisait passer le courant.

La matière explosive était congelée avant son emploi; à cet effet on l'entourait de glace et de sciure de bois. Avant la charge on élevait sa température à 60° Fahrenheit en plongeant le bidon dans de l'eau chaude.

Le chargement des trous de mine se faisait très promptement et en observant les règles suivantes qui sont essentielles :

1° Il faut pousser le forage à une profondeur plus grande que que le fond de l'excavation que l'on désire produire.

2° Il faut placer la cartouche au fond du trou de mine.

3° Il faut empêcher toute obstruction de ce trou de mine.

En effet la nitro-glycérine pure fait explosion sous l'influence du choc, il est donc absolument nécessaire de placer la cartouche de façon à assurer son contact avec le liquide explosif qui complète la charge et qui, étant donnée sa densité, remplit tout l'intervalle existant entre les parois extérieures de la cartouche et les parois intérieures du trou de mine et pénètre dans les fissures de la roche.

On fit une série d'expériences ayant pour but de déterminer exactement à quelle température la nitro-glycérine devenait dangereuse. On trouva qu'on pouvait manier sans danger cette substance à 32° Fahrenheit, que l'on pouvait encore la manier à 40° Fahrenheit, mais en prenant beaucoup de précautions et enfin qu'elle devenait très dangereuse à 60° Fahrenheit.

En opérant ainsi qu'il a été indiqué plus haut, on parvint à désagréger la roche et on enleva ses débris soit à la drague soit au moyen d'une grue lorsque les morceaux atteignaient un grand volume.

(Société des ingénieurs civils de Londres)

#### Applications récentes des sphères, pour substituer le frottement par roulement au frottement par glissement. —

Lorsque deux surfaces doivent glisser l'une sur l'autre, on a un avantage à remplacer le frottement par glissement par un frottement par roulement, attendu que dans ce dernier cas, la résistance à vaincre est beaucoup moins grande. On y arrive en interposant entre les deux surfaces, un certain nombre de sphères que l'on maintient à des distances déterminées les unes des autres, soit à l'aide de barres directrices, soit par d'autres moyens.

Le procédé dont il s'agit a déjà été appliqué maintes fois, non seulement parce qu'il est beaucoup plus simple que celui résultant de l'emploi des galets, mais aussi parce qu'il ne nécessite pas de graissage. Nous citerons, entre autres applications, les plaques tournantes, les ponts tournants, les ponts mobiles, les grues, les barrières roulantes, les portes métalliques, etc., etc.

En ce qui concerne plus spécialement cette dernière application, on remarquera qu'il est indispensable de donner aux deux sphères extrêmes un écartement inférieur à la moitié de la longueur de la porte, afin que le déplacement de celle-ci puisse se faire dans de bonnes conditions; mais alors cette porte se trouve insuffisamment soutenue dans ses positions extrêmes.

On peut heureusement remédier à cet inconvénient en donnant à la partie inférieure de la porte qui appuie sur les sphères fixes, la forme d'une gouttière renversée, offrant en coupe transversale l'aspect d'un cône tangent aux sphères, tandis que les dites sphères reposent sur une surface plane. Dans ces conditions, les chemins parcourus par les sphères, par rapport à l'ornière supérieure et à l'ornière inférieure, sont inégaux. En donnant à l'ornière supérieure une section ayant la forme d'un V renversé dont les deux branches forment un angle droit, l'écartement des deux sphères extrêmes peut être porté aux  $\frac{3}{5}$  de la longueur de la porte, et dès lors les inconvénients ci-dessus signalés disparaissent. Cette ornière peut être en fonte durcie, d'une seule pièce; l'ornière inférieure est plane.

On peut construire ainsi des portes roulantes pour magasins, halles à marchandises, etc., qui présentent sur celles munies de galets, certains avantages. Dans ce cas, l'ornière inférieure sur laquelle reposent les sphères est formé d'un fer plat fixé au mur du bâtiment par des boulons. La porte elle-même, dont la partie supérieure se trouve au-dessous de ce fer plat, est munie de barres qui supportent l'ornière supérieure en forme de V, laquelle coiffe les sphères, en pesant sur elles de tout le poids de la porte.

**Procédés d'exploitation des gisements de naphte au Caucase.** — La découverte de puissants gisements de naphte dans le Caucase est appelée à produire une véritable révolution économique dans le commerce de cette précieuse matière qui nous était fournie jusqu'ici presque exclusivement par l'Amérique. Il est donc intéressant de faire connaître les procédés adoptés par les exploitants pour faire les travaux de recherche des gisements et pour conduire ensuite l'huile minérale jusqu'aux ports d'embarquement.

L'axe principal du massif caucasien qui a environ 1,200 kilomètres de longueur, s'étend de la presqu'île de Taman sur la mer Noire, à la presqu'île d'Apchéron sur la mer Caspienne,

suivant la direction Nord-Est-Sud-Ouest; il se continue ensuite à travers la mer Caspienne, s'accusant par un seuil sous-marin, puis, par une série de montagnes et de collines, il traverse une partie du Turkestan et se termine près de Merv.

Ce pays est très riche en produits miniers; on y exploite le cuivre, le manganèse, le soufre, le charbon, le fer (hématites rouge et brune), le cobalt, l'argent, le plomb, le sel gemme, le sulfate de soude et enfin, le naphte.

Ce dernier produit se rencontre sur un grand nombre de points de la chaîne du Caucase et notamment dans la presqu'île de Taman, à Chemakha; mais c'est à Balakhany et à Sabountchy, dans la presqu'île d'Apchéron, que sont situés les plus riches gisements.

Les terrains naphthalifères de Balakhany qui appartenaient à la couronne, étaient affermés avant l'année 1873, à des particuliers ou exploités en régie; le naphte se vendait alors 70 francs la tonne. Mais à partir de cette époque, le Gouvernement vendit une partie de ses mines et en concéda de nouvelles, à la charge pour les concessionnaires d'exécuter des travaux de recherches dans le délai de deux années et de payer une redevance annuelle.

Ces mesures eurent pour effet de développer d'une façon considérable la production du naphte. Cette production qui, en 1873, n'était que de 66,045 tonnes, a atteint 1,147,500 tonnes en 1884.

La surface minière exploitée dans l'Apchéron s'étend sur 400 hectares, il existe actuellement 450 puits qui fournissent une quantité énorme de naphte. Les forages s'effectuent ordinairement au moyen du système à tige rigide; on cure à la tarière, mais on emploie quelquefois avec avantage la tige creuse dans laquelle on injecte de l'eau sous pression. On emploie peu le système américain de la corde. Les forages sont tubés en fer au diamètre intérieur de 15 à 40 centimètres.

Dans certains cas le naphte s'écoule violemment au dehors sous la pression des gaz intérieurs, on a alors ce qu'on appelle une *fontaine*. La pression qui détermine le jaillissement de l'huile varie continuellement, elle peut atteindre 10 et même 20 atmosphères; on ne peut alors maîtriser la fontaine et le pétrole s'écoule dans toutes les dépressions du sol environnant où on le recueille.

Dans d'autres cas le forage rencontre des couches non artésiennes; le naphte prend alors son niveau dans le puits d'où on l'extrait à l'aide d'une pompe ou d'un seau en tôle muni d'un clapet de pied à tige saillante, qu'on manœuvre au moyen d'une corde enroulée sur un treuil à vapeur. Ces seaux contiennent de 120 à 160 kilogrammes de naphte.

On considère comme très bon un rendement journalier de 49 tonnes, et on n'exploite pas, ordinairement, les puits donnant moins de 10 tonnes.

L'industrie du naphte, au Caucase, a été entravée pendant longtemps, par l'insuffisance des moyens de transport.

Jusqu'à l'ouverture de la section du chemin de fer de Bakou-Tiflis, le naphte de l'Apchéron n'avait guère d'autre débouché que l'intérieur de la Russie, par la mer Caspienne et le Volga, avec interruption obligée de quatre mois et demi de navigation pendant l'hiver.

Dans le Caucase même, on le transportait, renfermé dans des outres, par fourgons ou par chameaux.

Mais actuellement, le naphte extrait est refoulé au moyen de conduites de fer étiré, soit au Tchornü-Gorodok (la ville noire des distilleries), soit aux appointements du port de Bakou. Ces conduites ont de 8 à 11 kilomètres de longueur et de 2 à 5 pouces de diamètre intérieur, soit 5 à 12 centimètres.

On transporte aussi le naphte en vrac dans des wagons-citernes, contenant 10 tonnes de liquide.

Bakou est, comme on sait, un port de la mer Caspienne où font escale les bateaux qui desservent le littoral de cette mer, de Recht à Astrakan, en passant par Krasnovodsk, future tête de ligne du chemin de fer Transcaspien qui va actuellement de Mikhaïlovsk à Kisil-Arvad, se dirigeant sur Merv.

De Bakou à Astrakan, on transporte le naphte dans des bateaux-citernes, partie en vrac, partie en barils amarinsés dans l'entrepont. Ces navires portent de 500 à 1000 tonnes; ils sont en bois ou en fer.

Arrivés à la barre du Volga, devant Astrakan, ils transbordent leur chargement sur des bateaux à fond plat, calant très peu, qui s'arrêtent aux réservoirs d'emmagasinement de naphte installés le long du fleuve, notamment à Tzaritzine, tête de ligne du chemin de fer.

Les producteurs de naphte de Bakou avaient beaucoup compté sur l'ouverture, en 1883, de la section Bakou-Tiflis, mais ce chemin ne peut transporter annuellement plus de 160,000 à 200,000 tonnes de naphte (quantité qui représente à peine le quart de la consommation dans l'ouest et le midi de l'Europe) à cause des difficultés du tracé, des interruptions fréquentes du service pendant l'hiver, et enfin de l'insuffisance du matériel spécial nécessaire, tels que wagons-citernes, réservoirs de réception, etc., etc.

On pense donc généralement qu'il sera nécessaire d'installer entre Bakou et Batoum une conduite en fer étiré, avec relais de pompes de refoulement de distance en distance, ainsi que cela se pratique en Amérique.

La conduite projetée aurait 0<sup>m</sup>,19 de diamètre intérieur; elle devrait résister à une pression de 100 atmosphères, la pression en marche courante ne devant pas dépasser 50 atmosphères.

Sa longueur serait de 894,000 mètres, et elle pourrait transporter annuellement 856,557 tonnes de naphte.

Il y aurait, dans le parcours de Bakou à Batoum, 26 stations de refoulement; la distance moyenne entre chaque station serait ainsi de 34,387 mètres.

A chacune de ces stations serait installée une machine de 358 chevaux de force, en supposant pour les pompes un rendement de 80 0/0.

L'épaisseur de cette conduite devrait avoir au moins 6 millimètres, afin de pouvoir faire un bon joint.

Le prix de transport par conduite est évalué à 19 francs la tonne, tandis que ce prix est actuellement de 30 francs par voie ferrée.

Les produits que l'on retire du naphte de Bakou sont fort nombreux; ce sont : la benzine, l'huile lampante ou keracine, les huiles solaires, les résidus de première distillation, dont on tire les huiles lubrifiantes dites oléonaphtes, et qui sont d'un excellent emploi comme combustible pour les machines à vapeur. Une tonne de ces résidus développe, en effet, autant de calorique que 1,700 de bonne houille. Aussi ce combustible est-il maintenant employé pour le chauffage des chaudières de bateaux à vapeur. A ces divers produits ci-dessus énumérés, il faut joindre la vaseline, et les huiles anthracéniques.

(Extrait de la Communication de M. Sage.)

**Amélioration apportée à la construction des portes ou vannes des barrages.** — On sait que dans les barrages d'une grande largeur, il se produit un frottement considérable entre les portes ou vannes et les rainures dans lesquelles elles glissent. Ce frottement est occasionné par la pression exercée par l'eau. On a remédié à cet inconvénient, lors de la construction d'un barrage sur la rivière Weaver (près de Manchester), de la façon suivante.

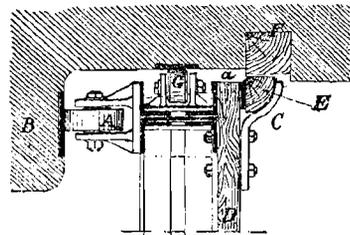
La largeur de ce cours d'eau est divisée en sections de 4<sup>m</sup>57 de longueur, par des piles en maçonnerie, et ces travées sont fermées par des vannes ou portes à coulisses, manœuvrées du sommet des piles. Les extrémités supérieures de ces piles servent de support à une voie de service sur laquelle roule un treuil.

Les portes ou vannes dont les nervures sont formées de poutres rivées et dont le corps est constitué par des planches, ont une hauteur de 3<sup>m</sup>,06. Elles s'appuient contre les piles en maçonnerie par l'intermédiaire de galets en fonte A superposés, et fixés sur le montant vertical qui encadre les portes. Les

galets A s'appuient contre un rail B, formé d'une bande de fer plat, encastré dans la maçonnerie des piles.

Afin d'obtenir une étanchéité aussi complète que possible, on a fixé sur la paroi D des portes, dirigée vers l'amont, et au bord de cette paroi, une pièce de bois E.

On voit que cette pièce, qui est maintenue par des étriers C, est soumise à plusieurs forces : elle est poussée par la pression de l'eau, contre le fer plat a, interposé entre elle et la porte D; elle est également pressée contre une poutre F, encastrée dans la maçonnerie de la pile.



Amont du barrage.

Fig. 1.

Les petits galets G, que l'on aperçoit au bout de la porte, servent de guide à cette dernière et empêchent, en outre, un certain serrage, qui se produit dans les encoignures pendant le mouvement.

Grâce aux dispositions qui viennent d'être décrites, les manœuvres s'exécutent très facilement, ce qui se comprend d'ailleurs, puisque ces dispositions ont pour effet de remplacer tous les frottements de glissement par des frottements de roulement. Dans bien des cas, on pourra trouver avantageux d'adopter la solution que nous venons de signaler.

(Centralblatt der Bauverwaltung.)

**Procédé de fondation par congélation.** — Nous avons déjà eu l'occasion de dire un mot du système de fondation par congélation imaginé par M. Pötsch. Voici maintenant quelques détails complémentaires au sujet de l'application qui a été faite du procédé pour le fonçage d'un puits à travers un terrain mouvant.

On cherchait à atteindre une couche de lignite. On commença par creuser le puits à la façon ordinaire, et ce n'est qu'à une certaine profondeur que l'on fut arrêté par la rencontre d'une couche de terrain mouvant. On introduisit alors dans cette couche des tuyaux de congélation répartis suivant une circonférence d'un diamètre tel qu'on put forer dans l'intervalle qui les séparait, un puits de 4 mètres de diamètre.

Le diamètre intérieur de ces tubes était de 0<sup>m</sup>,175 et leur épaisseur de 0<sup>m</sup>,008; ils étaient assemblés au moyen de brides et de boulons, comme les tubes qui servent aux sondages et et dont ils ne différaient comme aspect que par leurs extrémités inférieure et supérieure.

Ces tuyaux étaient munis, à leur partie supérieure, d'un collet permettant d'y assembler une sorte de cylindre vertical portant, au sommet, une boîte à étoupes qui donnait passage à un tube de petit diamètre, amenant la solution réfrigérante et, sur le côté, une tubulure dans laquelle s'engageait l'extrémité d'un autre tube également de petit diamètre qui servait à évacuer cette solution réfrigérante lorsqu'elle avait produit son effet.

Les tuyaux réfrigérants se terminent à leur base par une pièce tronconique.

Lorsque ces tuyaux, après avoir traversé la couche de terrain mouvant, ont atteint et pénétré d'une certaine quantité dans le terrain solide sur lequel repose le terrain mouvant, on y introduit un bouchon en bois et en plomb, que l'on enfonce jusqu'au bas, de manière à boucher l'extrémité tronconique dont il a été question.

Pour rendre cette fermeture encore plus étanche, on coule du ciment, de l'argile ou du goudron; puis on place, au-dessus du bouchon, c'est-à-dire à l'extrémité inférieure du tuyau de congélation, un disque obturateur en tôle. Ce disque sert de support au petit tube qui descend dans l'intérieur du tuyau de congélation et qui amène la dissolution réfrigérante (cette dissolution est du chlorure de calcium). Le tube en question a 3 centimètres de diamètre, il est percé de trous à sa partie inférieure. Le liquide réfrigérant descend donc par le tube central, puis remonte dans l'intervalle existant entre les parois extérieures de ce dernier et les parois intérieures du tuyau de congélation; lorsqu'il est parvenu au sommet, il s'écoule par la tubulure latérale servant à cette évacuation.

Ces différents tubes d'adduction du liquide réfrigérant sont tous reliés à un tuyau général de plus grand diamètre qui communique avec les machines réfrigérantes.

La distribution de la dissolution du chlorure de calcium est réglée à l'aide de soupapes placées au sommet de chacun des tubes verticaux qui pénètrent dans les tuyaux de congélation.

D'autre part, les tubes d'évacuation de cette dissolution aboutissent à un tuyau collecteur placé concentriquement au tuyau d'adduction. Ce collecteur ramène la dissolution à la machine où elle est refroidie de nouveau. Il existe aussi une soupape entre chaque conduit d'évacuation et le collecteur. Voici maintenant les résultats de l'opération faite pour traverser la couche de terrain mouvant.

On a employé 16 tuyaux de congélation; on a mis 21 jours pour les enfoncer. Il a fallu 50 jours pour refroidir le terrain. La solution réfrigérante circulait dans les tubes à une vitesse de 0<sup>m</sup>,015 par seconde.

On a continué à refroidir le terrain pendant la perforation du puits; cependant on peut, sans inconvénient, interrompre la marche de la machine pendant une journée, ce qui permet de se dispenser d'une machine de réserve. On a constaté que la température la plus basse se trouvait à la partie supérieure du puits, à l'endroit le plus large. A la partie inférieure la température se maintenait à 0°. Les tuyaux étaient séparés de la chambre de travail par une couche de terre et par le boisage. Il faut aussi remarquer que les ouvriers dégagent une certaine quantité de calorique; aussi au début, avant le séjour de ceux-ci, la température au fond du puits était-elle de 6° au-dessous de zéro.

La machine à produire le froid a coûté, y compris les frais d'installation et la solution réfrigérante, 4,500 marks (5,625 fr.).

Les frais d'exploitation de ce système, y compris intérêts et amortissement du capital, sont évalués à 80 marcks (100 fr.) par 24 heures de marche.

**Le pont du Forth. État actuel des travaux.** — *L'American Engineer* donne les renseignements suivants sur l'état d'avancement des travaux du pont de Forth.

Grâce à la douceur de l'hiver dernier et à la rareté des tempêtes, on a pu continuer les travaux presque sans interruption. Des deux côtés des rives les piles d'accès sont terminées (à l'exception d'une pile située du côté sud) jusqu'à 5<sup>m</sup>,55 au-dessus du niveau des hautes eaux. Ce n'est pas leur hauteur définitive; ces piles doivent s'élever, en effet, beaucoup plus haut. Cependant on a déjà commencé la pose des poutres métalliques. Cette façon de procéder peut paraître bizarre; mais les ingénieurs chargés de cette construction considèrent comme beaucoup plus avantageux pour les opérations du montage de mettre en place la partie métallique à un niveau très bas, quitte à soulever ensuite les poutres, au moyen de machines hydrauliques au fur et à mesure que l'on élève le niveau des piles sur lesquelles elles reposent.

Voici quel est l'état d'avancement des piles.

Il y a un premier groupe de 4 piles sur la rive sud. La pile n° 1 de ce premier groupe est complètement terminée et prête à recevoir la plaque de friction de la charpente métallique. La pile n° 2 est très avancée.

Les piles représentent une masse énorme de maçonnerie;

elles mesurent en effet chacune 21 mètres de diamètre et la base de leurs fondations descend à 22 mètres au-dessous du niveau des hautes eaux.

Ces piles ont été fondées par caissons, ainsi que nous l'avons expliqué dans les études déjà publiées à l'occasion de ce travail; le caisson de la pile n° 3 a subi des avaries, car après avoir été remorqué et mis en place il chavira sans qu'on put déterminer la cause de cet accident; il est maintenant encore à moitié rempli d'eau. Son relèvement sera très onéreux pour les entrepreneurs et ne se fera pas sans difficultés.

Le caisson de fondation de la pile n° 4 est en place; sa chambre à air, dont le fond est à 27 mètres au-dessous du niveau des hautes eaux, a été comblée il y a quelques semaines.

Un second groupe de 4 piles, portant les n° 5, 6, 7 et 8 se trouve près de l'île Inchgarvie, c'est-à-dire au milieu du Forth. Les piles sont fondées partie sur l'île, partie sur la roche inclinée qui borde l'île au sud. Les piles n° 7 et 8 sont terminées, quant aux deux autres, qui portent les n° 5 et 6, il faut d'abord préparer l'emplacement de leur fondations; c'est un travail des plus pénibles à cause de la déclivité du sol sur lequel il faut les établir; on est obligé de couler au fond de la mer quelques milliers de sacs de sable pour rétablir l'horizontalité de la surface d'appui du caisson. Le caisson de la pile n° 6 est prêt et il est amarré à l'extrémité de l'échafaudage provisoire établi du côté sud, en attendant qu'on puisse le mettre en place. Le caisson de la pile n° 5 est en construction.

Le troisième et dernier groupe de quatre piles se trouve sur la rive nord. Trois de ces piles sont entièrement terminées, il ne reste plus qu'à poser les plaques d'appui des charpentes métalliques, la quatrième pile est protégée du côté de la mer par un batardeau et elle est presque terminée.

En résumé, sur 12 piles, 6 sont terminées, 2 sont très avancées et 3 sont en pleine construction, enfin une seule reste en retard par suite d'un accident arrivé au caisson.

Or la construction des piles est certainement la partie la plus difficile du travail.

Nous disions plus haut que les piles étaient construites dans un caisson. Ce caisson qui est métallique, qui a une forme circulaire et qui doit être complètement étanche ressemble à une immense chaudière ou à un gazomètre renversé mesurant de 27 à 36 mètres de hauteur suivant la profondeur de l'eau et 21 mètres de diamètre. Il est amené par flottaison de la rive où il est construit jusqu'à son emplacement et coulé au fond de l'eau. Le fond du caisson ne doit pas reposer simplement sur le sol, mais il faut qu'il y pénètre d'une certaine quantité. La profondeur maximum à laquelle on le descend est de 14<sup>m</sup>,40. A cet effet le caisson est muni à sa partie inférieure d'une chambre de travail ayant 2<sup>m</sup>,40 de hauteur. Dans cette chambre on introduit de l'air comprimé; l'éclairage se fait au moyen de lampes électriques. La communication entre la chambre de travail et l'extérieur se fait par trois puits métalliques, l'un de ces puits sert à l'entrée et à la sortie des ouvriers, les deux autres à l'extraction des déblais et à l'introduction des matériaux.

Lorsqu'on est parvenu à la profondeur voulue, on remplit la chambre de travail de béton et on exécute au-dessus les maçonneries suivant la méthode ordinaire.

Les travaux de fouilles sont faits par des Italiens habitués à ces genres de travaux. Les constructions provisoires, hangars, magasins, etc., occupent sur la rive un espace considérable. C'est sur ce chantier que se fait tout le travail d'assemblage des diverses pièces de la charpente métallique. Les pièces d'acier qui composent cette charpente ont des dimensions colossales. Il a donc fallu réunir là des machines-outils d'une grande puissance. On emploie actuellement environ 2,000 ouvriers. La dépense totale est estimée à 1,600,000 livres sterling. Les travaux ont été commencés il y a deux ans et demi. On pense que le pont ne pourra être complètement achevé que dans cinq ans.

**Réservoir d'eau couvert pour l'alimentation de la ville de Nottingham.** — Ce réservoir, construit sous la direction

de M. Ogle Tarbotton, a été livré à l'exploitation le 22 juin 1885. Il présente quelques particularités intéressantes à signaler.

Ordinairement, les constructions de ce genre se font en maçonnerie de briques; derrière les murs, entre leurs parois postérieures et le terrain naturel, on intercale une couche de glaise fortement pilonnée. Enfin, la couverture se compose d'une série de voûtes soutenues par des piliers en maçonnerie.

Ces procédés de construction entraînent à des dépenses considérables, que l'on a cherché à éviter dans le cas particulier qui nous occupe.

Le réservoir en question est grand, mais il est établi très simplement. On a supprimé le revêtement postérieur en terre glaise, on s'est contenté de mettre un enduit de ciment de Portland sur la face intérieure des murs.

Les dimensions de ce réservoir, qui affecte en plan la forme d'un trapèze rectangle, sont les suivantes: longueur, 54 mètres; largeur, 42<sup>m</sup>,30; profondeur, 4<sup>m</sup>,80.

Les voûtes du plafond sont en briques et recouvertes de béton de ciment de Portland. Au-dessus de ce ciment, on a étendu une couche d'asphalte du Val-de-Travers. Ces voûtes sont supportées par des colonnes de fonte et des poutres métalliques, à section de double T, réunissent le sommet des colonnes.

Le radier du réservoir est formé, d'abord, d'une couche de terre glaise pilonnée, au-dessus de laquelle se trouve une couche de béton de ciment Portland; et, ensuite, d'une couche mince de ciment pur. Les colonnes étant creuses et pouvant contenir de l'eau, le volume d'eau que l'on peut emmagasiner dans le réservoir ne se trouve pas amoindri par leur présence.

(*Engineer.*)

**Travaux de mines.** — MM. Ziegler et Bosshard exécutent en ce moment la construction d'une digue à travers la vallée de la Doller, au pied du ballon d'Alsace, près de Alfeld, afin de constituer dans cette région un réservoir d'approvisionnement.

Pour se procurer les pierres nécessaires à la construction du mur de ce réservoir on a percé des galeries dans le flanc de la vallée et on fait sauter les rochers au moyen de mines.

L'une de ces galeries avait 22 mètres de longueur et se terminait par une chambre de mine. Cette chambre était séparée de la paroi extérieure du rocher par une épaisseur de roche de 0 mètres.

Une autre galerie avait été munie de trois chambres de mines.

La roche qu'il s'agissait de faire sauter est de nature granitique.

On fit sauter la première mine (celle qui se trouvait à l'extrémité de la galerie de 22 mètres de longueur) le 22 avril; elle avait été chargée de 1500 kilogr. de poudre n° 3. Au moment de l'explosion, on entendit un bruit sourd, semblable à celui d'un coup de tonnerre éloigné; ce bruit fut immédiatement suivi d'un roulement provenant de l'éroulement des masses rocheuses désagrégées.

Cette explosion produisit 4000<sup>m</sup> de pierres.

Le 4 juin à 4 h. 30 du soir, on mit le feu aux 3 mines contenues dans l'autre galerie. Il se produisit alors un effet inattendu et on assista à un spectacle grandiose. La montagne s'éroula tout d'un coup. On obtint ainsi un cube de pierres d'au moins 10.000 mètres. Ces pierres étaient désagrégées à la dimension voulue pour leur emploi; l'explosion ne produisit pas d'éclats.

Le feu avait été mis aux mines simultanément au moyen de l'électricité.

Dans chaque mine aboutissaient deux conducteurs indépendants et bien isolés, terminés par des amorces. Ces conducteurs passaient dans des tuyaux en fer et en plomb destinés à les protéger pendant les travaux préparatoires.

Le chargement et le bourrage des mines ont été faits à la lumière de lampes électriques à incandescence; ces lampes

étaient actionnées par le courant produit par les appareils d'explosion placés à l'extérieur des galeries.

Lorsque la charge et le bourrage furent terminés on mura les galeries. Cette opération exigea 72 heures de travail pour la galerie contenant les trois mines.

(*Schweizerische Bauzeitung.*)

## Matériaux de construction

### Etude sur les chaux hydrauliques. (*Suite.*)

L'analyse générale s'effectue, ainsi qu'il a été dit, sur un certain nombre d'échantillons différant par la couleur ou la texture; mais certaines carrières en cours d'exploitation peuvent offrir fréquemment une nouvelle nature de calcaire dont les caractères physiques s'éloignent de ceux des échantillons types; il faut, dès lors, procéder à une nouvelle analyse.

On ne pourrait songer à envoyer au laboratoire de l'école des Ponts et Chaussées tous les échantillons sur lesquels on n'est pas complètement fixé; les analyses y sont faites ordinairement gratuitement avec une extrême obligeance, mais il est convenable de ne pas abuser. D'autre part, en s'adressant à des laboratoires particuliers, les analyses reviendraient fort cher et n'auraient pas le caractère officiel indispensable, dans certains cas; c'est pourquoi, en ce qui concerne la fabrication, pour ne pas perdre de temps et être certain des résultats, il est bon de pouvoir se rendre compte par soi-même de la valeur d'un calcaire. Tout le monde ne peut assurément pas procéder à une analyse complète, malgré la simplicité des opérations; mais lorsqu'on possède une analyse générale authentique comportant séparément la silice et l'alumine, on peut, le plus souvent, se contenter en pratique de la détermination du résidu insoluble, car, dans une même couche, les proportions de silice et d'alumine sont sensiblement dans un rapport constant.

**I. Méthode rapide.** — Une balance sensible au 1/2 centigramme, deux fioles à fond plat, une lampe à alcool avec son support, un entonnoir en verre, un agitateur, du papier à filtrer, de l'acide chlorhydrique ou azotique, une fiole à laver, un mortier, de l'eau distillée, sont nécessaires.

**Réduction en poudre.** — On prend un fragment de calcaire à essayer, pesant environ 500 grammes, on le réduit en petits morceaux sur un corps dur, au moyen d'un marteau; on mélange intimement et on introduit une vingtaine de grammes de la poudre grossière dans le mortier, puis on achève la réduction en poudre.

**Dissolution chimique.** — On pèse d'abord 4 grammes de la poudre par la méthode de la tare (Chimie appliquée, n° 21); ces quatre grammes sont introduits dans une fiole à fond plat avec une vingtaine de grammes d'eau, on verse peu à peu l'acide chlorhydrique ou nitrique, en agitant de temps en temps; lorsque toute effervescence a cessé, on chauffe la liqueur doucement, en évitant de la porter à l'ébullition pour ne pas attaquer l'argile; le sable sicileux et l'argile forment le résidu insoluble. Ordinairement la liqueur renferme toute la chaux et la magnésie, ainsi que l'oxyde de fer et l'alumine qui ne sont pas en combinaison intime dans l'argile.

**Filtration.** — Pour faciliter les lavages, on emploie les filtres simples: On prend une feuille de papier carrée qu'on plie une première fois suivant une diagonale; on obtient ainsi un triangle isocèle rectangle, on plie une seconde fois suivant la perpendiculaire abaissée du sommet de l'angle droit sur la base et on obtient un deuxième triangle isocèle rectangle, moitié du premier; on découpe suivant une circon-

férence tangente à la base et ayant pour centre le nouvel angle droit, on ouvre le filtre en laissant d'un côté une seule épaisseur de papier et de l'autre trois épaisseurs; on obtient ainsi un filtre en cône, très facile à placer sur un entonnoir et ne présentant aucun pli.

On confectionne deux filtres semblables et exactement de même poids, après les avoir emboîtés l'un dans l'autre et placés sur un entonnoir engagé dans le goulot d'une fiole à fond plat, on agite la fiole renfermant le résidu insoluble et on verse toute la liqueur troublée sur le filtre double, en ayant soin de ne laisser dans la fiole aucune trace de matière insoluble; on procède ensuite au lavage du filtre; ce lavage s'effectue à l'eau chaude, au moyen de la fiole à laver. Le lavage est complet, lorsqu'une goutte de liqueur recueillie dans un tube ne trouble plus le nitrate d'argent.

Lorsque tout écoulement a cessé, on dédouble les filtres et on place celui qui se trouvait à l'extérieur sur le plateau qui supporte la tare, la pesée s'effectue alors sans tenir compte des filtres.

Si P est le poids en grammes de poudre calcaire introduite dans la fiole et  $\delta$  la différence ou la somme des poids qu'il faut enlever pour rétablir l'équilibre  $\frac{100 \delta}{P}$  exprimera en poids la teneur en résidu insoluble de 100 grammes de calcaire. Si le résidu renferme du sable, on verra plus loin que, quelle que soit sa grosseur, il est inutile de s'en rendre compte lors de l'analyse du calcaire naturel.

II. *Méthode exacte.* — Aux instruments nécessaires pour exécuter la première méthode, il faut ajouter une capsule en porcelaine. — L'attaque complète de la poudre calcaire étant, comme dans le cas précédent, assurée par élévation de température, obtenue en promenant sur une lampe à alcool la fiole à fond plat, on remplit celle-ci complètement d'eau et on laisse déposer: le dépôt étant formé, on enlève l'eau en ayant soin de ne perdre aucune partie du résidu, on remplit de nouveau avec de l'eau distillée et l'opération est recommencée jusqu'à ce que l'eau enlevée ne trouble plus le nitrate d'argent.

Après avoir taré convenablement la capsule de porcelaine, on y introduit le résidu insoluble avec l'eau dans laquelle il est en suspension, puis on évapore lentement sur la lampe à alcool jusqu'à complète siccité, en évitant les projections de matière vers la fin de l'opération; on pèse de nouveau la capsule et la différence de poids n'est autre chose que la teneur en résidu insoluble.

Exemple :	Capsule vide + 5 <sup>g</sup> ,235 = 30 <sup>g</sup> ,000
	Capsule vide + résidu + 4 <sup>g</sup> ,565 = 30 <sup>g</sup> ,000
	Résidu insoluble = 0 <sup>g</sup> ,670

Si on avait introduit 4<sup>g</sup>,000 de poudre, le calcaire renferme  $\frac{67}{4}$  ou, par un coup de règle à calcul, 16,75 p. 0/0 de résidu insoluble.

Aujourd'hui, en raison du grand nombre d'usines créées pendant la période des grands travaux, il y a lieu d'être très circonspect à l'égard du choix des chaux dont la fabrication est plus difficile et délicate qu'on le pense généralement.

Il est curieux de constater chez les constructeurs les divergences d'appréciations à l'égard d'un seul et même produit; parfois les idées sont contradictoires, les preuves et les affirmations si nettes et si positives, qu'un débutant se trouve placé dans une alternative d'où il sortira bien difficilement.

En examinant la question au fond, ce désaccord s'explique cependant assez facilement; une chaux, pour une qualité donnée, a d'autant plus de partisans, qu'elle est plus régulière; évidemment il est nécessaire qu'elle soit constamment bonne, mais il reste à s'entendre sur ce qu'on doit appeler bon produit hydraulique et bonne chaux en particulier.

Dans la suite, nous essaierons précisément d'établir les caractères qui constituent la valeur d'une chaux tant au point de

vue des résultats au moment de l'emploi que de ceux de l'avenir.

Actuellement, pour lever toute difficulté, la plupart du temps on adopte les meilleurs produits connus, c'est-à-dire ceux qui, par leur bonne et régulière qualité et une réclame permanente, ont attiré l'attention du monde des travaux et dont l'emploi ne fournit, en effet, que de très rares déceptions.

Cette mesure, qui tend à se généraliser, envisagée à un point de vue particulier, a certainement sa raison d'être, mais, d'un autre côté, elle présente de très graves inconvénients. Certains constructeurs en sont arrivés à un tel engouement pour des produits, que, quelle que soit la cause d'une malfaçon, jamais ils ne l'attribueront à une défectuosité de la chaux ou du ciment.

Comment savoir immédiatement si un produit qui n'est pas universellement renommé mérite que le constructeur lui accorde sa confiance et le prescrive dans ses travaux?

L'analyse générale indique *s'il est possible* d'obtenir un bon et régulier produit; on verra qu'il est facile de se rendre compte en peu de temps si le produit obtenu peut être employé avec sécurité.

Nous supposons, bien entendu, que le constructeur a affaire à un fabricant sérieux, honnête et connaissant son affaire; s'il en était autrement, les garanties seraient bien douteuses.

Il faut remarquer la différence qui existe entre un constructeur qui met en œuvre un produit sur lequel la renommée ne permet plus de faire aucune critique, quelle que soit la défectuosité des résultats, et celui qui emploie une chaux, par exemple, excellente sous tous les rapports, mais ne provenant pas d'une usine qui, par la qualité de ses produits, la force de ses capitaux et l'appui d'éminents ingénieurs, a pu, dans les moments favorables, s'imposer au monde des travaux.

Dans le premier cas, on recherchera les causes de la malfaçon qu'on ne peut attribuer à la chaux. Suivant la nature de l'accident, on se demandera si le sol était compressible, la stabilité mal calculée, la pierre défectueuse, le sable terreux, etc., le dosage mal fait, le mortier noyé ou ramolli après durcissement, etc., etc.

La chaux, malgré sa marque, peut être mauvaise: un événement quelconque, un excès de commandes a pu jeter le trouble dans la fabrication courante et rendre ainsi possible la fourniture d'un produit inférieur; l'avarie peut s'être produite en route, enfin il y a pu avoir substitution, mais généralement on ne s'arrête pas au rôle qu'a pu jouer la chaux, et le produit est conservé par la raison fort simple qu'on ne saurait en trouver un meilleur.

Dans le second cas, si une déception quelconque se présente, la chaux est immédiatement mise en avant et, sans autre forme de procès, on passe à un autre produit.

Pont-de-Passy, le 6 juin 1885.

BONNAMI.

## Bibliographie

### Traité pratique d'électricité appliquée à l'exploitation des chemins de fer. (Suite.)

L'auteur présente enfin les types de tables usités à la Compagnie de l'Est; dans cette organisation, on remarque le principe d'avoir, pour les appareils, un fil de terre distinct de celui des paratonnerres, précaution qui constitue une sécurité de plus pour les agents et pour la conservation des appareils.

L'étude de ces installations a conduit, même, à établir, sous forme d'une caisse portative, un poste télégraphique Morse, que l'on peut installer en un quart d'heure sur un point quelconque d'une ligne, et qui peut être appelé à rendre des services, en temps de guerre, pour rétablir des communications interrompues.

CHAP. V. — DÉRANGEMENTS DES APPAREILS ET DES PILES. —  
RÉCEPTION ET ESSAI.

Ce chapitre est un chapitre tout particulier, et à lui seul, il eût pu constituer un opusculé précieux pour tous les agents télégraphistes; on pourrait, en quelque sorte, le considérer comme l'âme du livre actuel; c'est là, en effet, que l'expérience se montre dans toute sa valeur; c'est plus que l'instruction des débutants, c'est le guide des initiés, le formulaire qui résume la vitalité du service et le maintien de son fonctionnement.

Aussi, ce chapitre important est divisé en quatre parties.

La première partie renferme deux paragraphes; le premier a trait à la vérification sommaire d'un poste, la première condition à observer étant de s'assurer si le poste est en état de marcher; pour cela, on vérifie d'abord, isolément, la pile et le récepteur, puis le manipulateur, et, enfin, on vérifie le poste entier.

Le deuxième paragraphe a trait à la recherche des dérangements dans un poste; le fonctionnement normal se constate par les déviations de la boussole; on s'assure *a priori* que celle-ci est en bon état; après quoi, il se présente divers cas: 1° on reçoit du correspondant qui ne reçoit pas et appelle continuellement; 2° on reçoit des contacts plus ou moins prolongés, et on ignore si le correspondant reçoit; 3° on ne reçoit rien. Ces trois cas comportent des épreuves toutes spéciales et des prescriptions que le livre détaille très nettement.

La vérification complète des communications d'une direction de poste télégraphique se présente de deux manières, suivant que la boussole est sur le fil de ligne ou sur le fil de terre; un tableau synoptique résume ensuite l'ensemble des recherches des dérangements dans les postes.

La deuxième partie a pour objet la recherche des dérangements dans les appareils; elle examine successivement les boussoles, paratonnerres, sonneries, récepteurs, manipulateurs et commutateurs.

La troisième partie vise la recherche des dérangements sur les lignes; c'est une étude assez compliquée, lorsque l'on substitue à la visite attentive de la ligne, la méthode fondée sur la mesure des résistances que le circuit présente au passage du courant.

Cette méthode emploie en effet des appareils assez compliqués, appelés ponts de Wheatstone, boîte de résistance et galvanomètre; leur application à la détermination du point de la ligne où se trouve un dérangement par dérivation ou perte à la terre, constitue une opération délicate suivie de calculs donnant la distance approximative du point en défaut; on s'en sert également pour déterminer le point de la ligne où peut se trouver un mélange.

Enfin, on peut encore, à l'aide d'appareils particuliers, mesurer l'isolement d'une ligne, mais ce sont là des expériences qui rentrent dans la spécialité d'agents exercés, et ne se présentent pas journellement.

La quatrième partie se rapporte à la réception des appareils neufs; c'est encore une affaire de spécialité.

La cinquième partie se rapporte à la réception des piles, à la mesure de la force électro-motrice, de la résistance intérieure, de la quantité d'électricité; tout cela constitue un article de haute science que l'ingénieur-électricien, sous les titres de contrôleur, inspecteur, etc., peut être appelé à appliquer, mais qui échappe au gros de l'armée des télégraphistes; néanmoins, l'exposé de ces méthodes est intéressant à lire, en ce sens qu'il donne la clef de ces opérations, leur enlève tout cachet mystérieux et les réduit à ce qu'elles sont, en somme, le fait de praticiens possédant à leur acquit toutes les données de la théorie; aussi, quand même cet exposé ne servirait qu'à lever le voile sur ces manipulations délicates, il aurait déjà un mérite considérable, et c'est à ce point de vue qu'il convient de le signaler à l'attention des lecteurs.

Le chapitre V est le fleuron du livre entier. Il contient la « somme » des secrets du métier.

## CHAP. VI. — TÉLÉPHONES.

Le téléphone est en principe toute une révolution. Ce n'est plus un signe conventionnel et muet que le courant électrique emporte avec lui, c'est la voix humaine, c'est la pensée renfermée dans ses sons.

Le traité, après avoir donné la théorie du téléphone, divise cet appareil en deux classes, les téléphones à pile et ceux sans pile; l'intervention de la pile a pour but d'activer le courant et par suite de rendre plus précise la correspondance acoustique. Les téléphones Bell et Ader sont passés en revue, ainsi que les microphones Hughes, Blake et Ader, destinés, par suite des écarts de l'intensité électrique, à amplifier les sons dans le téléphone récepteur; après ces détails vient l'installation d'un poste micro-téléphonique avec l'indication des vérifications à opérer en cas d'un dérangement éventuel.

Dans le n° 63 des *Annales* (mars 1885), l'auteur a inséré un article tout d'actualité sur la téléphonie à grande distance. On a essayé d'utiliser au service des téléphones les lignes télégraphiques existantes, à titre d'épreuve, car le jour où le problème de la téléphonie à distance sera résolu d'une façon pratique il conviendra d'établir une transmission téléphonique spéciale, et de la sorte le téléphone, sans faire renoncer au télégraphe qui a l'avantage de conserver les dépêches écrites et de déterminer les responsabilités, pourra du moins être utilisé pour toutes les correspondances de moindre importance, supprimer ou réduire la correspondance par lettres, constituer en un mot une voie de décharge vis-à-vis de cette voie et de la télégraphie et ainsi simplifier et faciliter à la fois le service; aussi les efforts des ingénieurs-électriciens se portent-ils sur ce point et, en consultant l'article précité, on pourra se rendre compte des expériences faites et de l'état présent de la question.

Même à petite distance, la téléphonie est déjà d'un grand usage, surtout en Amérique, berceau de cette invention; l'Angleterre, l'Allemagne, la Belgique l'ont successivement adoptée et depuis l'année 1880 la France a vu s'établir à Paris la Société générale des Téléphones constituée par la fusion de trois compagnies isolées; sept autres villes, Lyon, Bordeaux, Marseille, Nantes, le Havre, Lille et Rouen ont adopté à leur tour ce système qui s'étendra de plus en plus dans l'avenir.

La France est d'ailleurs bien en retard, à ce point de vue, sur l'Amérique où il y a des réseaux téléphoniques jusque dans des localités d'un millier d'habitants.

La Téléphonie, aux Etats-Unis, compte 100,000 abonnés; la France en a seulement de 3 à 4,000 et, vu sa population, la Belgique, avec ses 2,300 abonnés, vient relativement bien avant notre pays.

En dehors de l'Europe et de l'Amérique, la Téléphonie existe dans les Indes anglaises, au Mexique, en Egypte; aussi est-il à penser que dans le siècle prochain, le réseau téléphonique pourra couvrir chaque continent et embrasser finalement le monde entier.

Lorsque ce jour sera arrivé, disait un orateur, dans la séance d'avril 1881, à la Société des ingénieurs de France, lorsqu'on pourra ainsi se parler d'un bout du monde à l'autre, ne pourrions-nous pas dire que le téléphone a véritablement supprimé l'éloignement, cette tristesse de la vie, et qu'à ce titre surtout, l'auteur de cette découverte doit être considéré comme un des bienfaiteurs de l'humanité?

(A suivre.)

Le Directeur Gérant : EDOUARD CAHEN.

Paris. — Imprimerie Schiller, 10 et 11, faubourg Montmartre.

# Les Annales des Travaux Publics

REVUE UNIVERSELLE DE L'OUTILLAGE DES TRAVAUX PUBLICS ET DES PROCÉDÉS DU GÉNIE CIVIL

Paraissant du 1<sup>er</sup> au 10 de chaque mois

L'ABONNEMENT D'UN AN

Paris . . . . . 20 fr.  
Départements . . . . . 24 fr.  
Etranger . . . . . 28 fr.

Publiées par le JOURNAL DES TRAVAUX PUBLICS

35, RUE LE PELETIER, A PARIS

L'ANNONCE D'UN AN

Une page entière . . . . . 1000 fr.  
Une demi-page . . . . . 500 fr.  
Un quart de page . . . . . 300 fr.

Les abonnements sont reçus à Paris au bureau du Journal des Travaux Publics, 35, rue Le Peletier, et, dans les départements, chez tous les libraires.

N° 69

Septembre 1885

6<sup>e</sup> Année

## SOMMAIRE

ETUDES DIVERSES. — Détermination précise de la stabilité des murs de soutènement et de la poussée des terres (suite, 3 fig.). — Consolidation des terrains éboulez par masses (suite, pl. CXXXVII). — Le nouveau port d'Anvers (pl. CXXXVIII). — Outillage des travaux publics : Grue roulante et préparation du béton pour la construction de môles (1 fig.).

CHRONIQUE FRANÇAISE. — Nettoyage des parements en maçonnerie.

CHRONIQUE ÉTRANGÈRE. — Les voies entièrement métalliques dans l'Inde (12 fig.). — Conditions à observer pour obtenir un bon rivetage — Traitement antiseptique du bois. — Construction des murs de soutènement (2 fig.). — Extraction de roches sous-marines (1 fig.). — Matériel de sondages. — Nouveau mode de construction des lignes télégraphiques souterraines. — Exposition des ponts et chaussées belges à Anvers.

MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION. — Les chaux hydrauliques (suite).

BIBLIOGRAPHIE. — Traitée pratique d'électricité appliquée à l'exploitation des chemins de fer (suite).

### Détermination précise de la stabilité des murs de soutènement et de la poussée des terres

(Suite.)

Considérons à présent un cas spécial qui résulte de l'application des principes précédents et qui a trait à un remblai compris entre deux murs à parement intérieur vertical, comme le fait se présente dans les culées des ponts et les tympans des viaducs.

Si on a deux murs, par exemple rectangulaires, dont l'intervalle soit remblayé par un terrain susceptible d'ébouler sous tout angle plus grand que  $\varphi$ , la partie inférieure du premier mur recevra sur CB (fig. 43) la poussée due au prisme CBE surchargé de la hauteur AC de remblai. La partie du mur située à droite ou EG recevrait la même poussée, il s'en suit que si l'angle  $\varphi$  est faible, si la hauteur AC est considérable, les murs en question peuvent être soumis à une forte poussée; il est vrai que la charge portant sur CE ne peut être considérée comme

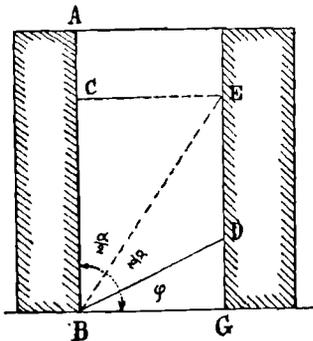


Fig. 43.

la faible quantité de remblai qui sert à remplir leur intervalle. Ce remblai doit se faire avec une matière poussant peu, par

exemple, de la pierre sèche, rangée à la main, de manière à former parement contre les parois et à constituer un massif capable de se tenir tout seul, tout en étant ainsi emmagasiné entre les murs.

On peut encore relier les parois opposées par des tirants en fer, ou clore le vide par une voûte établie à la partie supérieure; ce qu'il faut éviter surtout, c'est l'emploi d'un remblai ayant pour l'angle  $\varphi$  une faible valeur; il y aura lieu enfin de tenir compte de la surcharge accidentelle que le stationnement de trains ou de voitures peut faire éprouver à la construction.

Jusqu'ici nous n'avons examiné, en fait de massifs à soutenir, que des terre-pleins.

Si on remplace le terre-plein par un talus quelconque AC, la poussée passe toujours au tiers de la hauteur, car la poussée différentielle en un point donné est toujours à la poussée totale considérée jusqu'à ce point, comme l'élément superficiel du massif poussant est à la surface de ce massif

$$\frac{dQ}{Q} = \frac{d\alpha}{\alpha} = \frac{2dy}{y}$$

En cherchant le moment de cette poussée différentielle et en l'intégrant, on retombera toujours sur les mêmes calculs que pour le cas d'un terre-plein, c'est-à-dire sur une intégrale de

la forme  $K \int y dy \left( h - y - \frac{dy}{2} \right)$  qui conduira, après l'élimination du facteur K entre l'intégrale définie et le moment QY, à la valeur  $Y = \frac{h}{3}$ .

La poussée ne peut être parallèle au talus, car son moment pris par rapport à l'arête de rotation O (fig. 44) irait en diminuant si le talus se raidissait, autrement dit, si le massif poussant augmentait de valeur; ce moment pourrait devenir nul et même négatif et l'on arriverait à cette conclusion que la stabilité du mur augmente à mesure que celui-ci supporte un massif de plus en plus volumineux.

La poussée ne peut s'incliner, en sens contraire, comme elle le ferait si le talus devenait AC', car alors le mur tendrait à être soulevé par une des composantes de la poussée. Cette poussée doit donc avoir une direction indépendante de l'inclinaison du talus, par conséquent elle doit rester horizontale comme dans le cas d'un terre plein.

Ces préliminaires posés, la recherche de la poussée maximum se fera en suivant la même méthode que pour les terre-pleins;

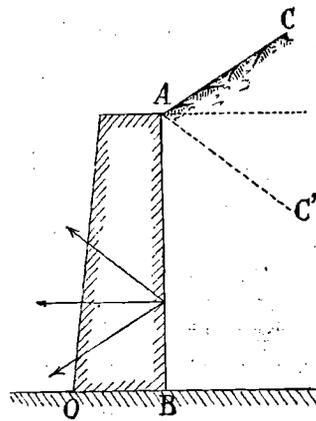


Fig. 44.

ABF est le prisme de plus grande poussée qu'il importe de déterminer (fig. 45).

Les forces qui agissent sur ce prisme au moment initial de la rupture de l'équilibre sont : 1° son poids P; 2° la réaction du mur ou -Q; 3° la réaction de la masse située à droite de BF ou N et fN.

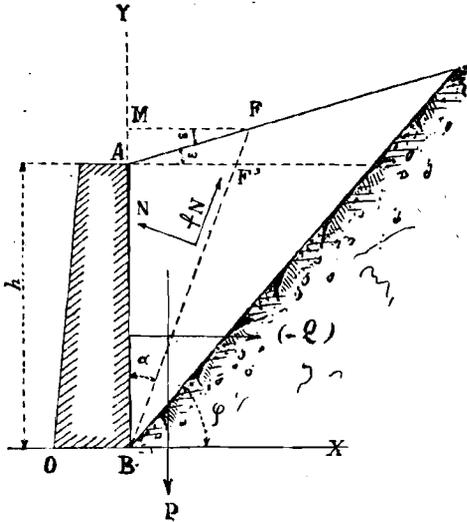


Fig. 45.

Les équations d'équilibre sur les axes BY et BX seront les mêmes et donneront

$$P = N \sin \alpha + fN \cos \alpha$$

$$Q = N \cos \alpha - fN \sin \alpha$$

on remplacera  $f$  par sa valeur  $\tan \varphi = \frac{\sin \varphi}{\cos \varphi}$  et par des calculs calqués sur ceux déjà connus, détaillés et qu'il est inutile de répéter ici, on aura  $Q = \frac{P}{\tan(\alpha + \varphi)}$ , mais  $P = dS$ ,  $S$  étant la surface ABF

$$S = h \times \frac{MF}{2} = \frac{h}{2} \times AF \times \cos \omega,$$

mais

$$\frac{AF}{\sin \alpha} = \frac{h}{\sin AFB'}$$

or

$$AFB = 180^\circ - (90^\circ + \omega + \alpha) = 90^\circ - (\omega + \alpha)$$

et

$$\sin [90^\circ - (\omega + \alpha)] = \cos (\omega + \alpha),$$

d'où

$$AF = \frac{h \sin \alpha}{\cos (\omega + \alpha)}$$

d'où

$$S = \frac{h}{2} \cos \omega \times \frac{h \sin \alpha}{\cos (\omega + \alpha)} = \frac{h^2 \cos \omega \sin \alpha}{2 \cos (\omega + \alpha)},$$

par suite

$$P = \frac{h^2}{2} d \frac{\cos \omega \sin \alpha}{\cos (\omega + \alpha)}$$

et

$$Q = \frac{h^2}{2} d \frac{\cos \omega \sin \alpha}{\cos (\omega + \alpha)} \times \frac{1}{\tan(\alpha + \varphi)} = \frac{dh^2}{2} \cos \omega \times \frac{\sin \alpha}{\cos (\omega + \alpha) \tan(\alpha + \varphi)}$$

étant donné,  $\alpha$  seul est variable et le maximum de  $Q$  correspondra au maximum du facteur variable  $\frac{\sin \alpha}{\cos (\omega + \alpha) \tan(\alpha + \varphi)}$  :

Il est facile de voir que, pour  $\omega = 0$ ,  $\cos \omega = 1$  et la valeur de  $Q$  devient

$$\frac{dh^2}{2} \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha \tan(\alpha + \varphi)} = \frac{dh^2 \tan \alpha}{2 \tan(\alpha + \varphi)},$$

formule correspondant au cas du terre-plein.

Donc dans le cas d'un massif homogène ou dans des conditions de densité moyenne pouvant permettre cette assimilation,

la poussée maximum sera donnée par le maximum du facteur ci-dessus, et ce maximum s'obtiendra comme toujours en cherchant la dérivée de la fonction  $y = \frac{\sin \alpha}{\cos (\alpha + \omega) \tan(\alpha + \varphi)}$  qui est

la dérivée d'un quotient  $\frac{U}{V}$  et s'obtient par la formule

$$y' = \frac{VU' - UV'}{V^2};$$

or ici

$$V = \cos(\alpha + \omega) \tan(\alpha + \varphi), \quad U = \sin \alpha, \quad U' = \cos \alpha;$$

$V'$  est à son tour la dérivée d'un produit de deux facteurs

$$M = \cos(\alpha + \omega) \quad \text{et} \quad N = \tan(\alpha + \varphi),$$

donc

$$V' = MN' + NM'; \quad M' = -\sin(\alpha + \omega),$$

$$N' = \text{dér} \tan(\alpha + \varphi) = \frac{1}{\cos^2(\alpha + \varphi)}$$

d'où

$$V' = \cos(\alpha + \omega) \times \frac{1}{\cos^2(\alpha + \varphi)} + \tan(\alpha + \varphi) \times [-\sin(\alpha + \omega)]$$

$$= \frac{\cos(\alpha + \omega)}{\cos^2(\alpha + \varphi)} - \sin(\alpha + \omega) \tan(\alpha + \varphi)$$

dès lors on a pour  $y'$  la formule ci-après

$$y' = \frac{\cos(\alpha + \omega) \tan(\alpha + \varphi) \cos \alpha - \sin \alpha \frac{\cos(\alpha + \omega)}{\cos^2(\alpha + \varphi)} + \sin \alpha \sin(\alpha + \omega) \tan(\alpha + \varphi)}{\cos^2(\alpha + \omega) \tan^2(\alpha + \varphi)}$$

$$= \frac{\cos(\alpha + \omega) \tan(\alpha + \varphi) \cos \alpha + \sin \alpha \sin(\alpha + \omega) \tan(\alpha + \varphi) - \frac{\sin \alpha \cos(\alpha + \omega)}{\cos^2(\alpha + \varphi)}}{\cos^2(\alpha + \omega) \tan^2(\alpha + \varphi)}$$

$y'$  peut être nul de deux façons : 1° pour un dénominateur devenant infini; 2° pour un numérateur devenant nul; le dénominateur se compose de deux facteurs dont l'un  $\cos(\alpha + \omega)$  ne peut varier qu'entre 0 et 1, dont l'autre  $\tan(\alpha + \varphi)$  peut devenir infini, si l'on suppose  $(\alpha + \varphi) = 90^\circ$ ; la solution,  $\alpha + \varphi = 90^\circ$ , ne répond pas à la question, car alors le prisme ABF correspondrait au massif poussant total et la poussée résultante est au contraire un minimum.

Le maximum correspondra donc à la valeur de  $\alpha$  qui rendra nul le numérateur; posons :

$$\cos(\alpha + \omega) \tan(\alpha + \varphi) \cos \alpha + \sin \alpha \sin(\alpha + \omega) \tan(\alpha + \varphi) - \frac{\sin \alpha \cos(\alpha + \omega)}{\cos^2(\alpha + \varphi)} = 0$$

comme

$$\tan(\alpha + \varphi) = \frac{\sin(\alpha + \varphi)}{\cos(\alpha + \varphi)}$$

la relation devient :

$$\cos(\alpha + \omega) \frac{\sin(\alpha + \varphi)}{\cos(\alpha + \varphi)} \cos \alpha + \sin \alpha \sin(\alpha + \omega) \frac{\sin(\alpha + \varphi)}{\cos(\alpha + \varphi)} - \frac{\sin \alpha \cos(\alpha + \omega)}{\cos^2(\alpha + \varphi)} = 0$$

d'où en supprimant le facteur commun  $\cos(\alpha + \varphi)$ ,

$$\cos(\alpha + \omega) \sin(\alpha + \varphi) \cos \alpha + \sin \alpha \sin(\alpha + \omega) \sin(\alpha + \varphi) - \frac{\sin \alpha \cos(\alpha + \omega)}{\cos(\alpha + \varphi)} = 0$$

et par suite, en multipliant tout par  $\cos(\alpha + \varphi)$ ,

$$\cos(\alpha + \omega) \sin(\alpha + \varphi) \cos \alpha \cos(\alpha + \varphi) + \sin \alpha \sin(\alpha + \omega) \sin(\alpha + \varphi) \cos(\alpha + \varphi) - \sin \alpha \cos(\alpha + \omega) = 0$$

et en mettant  $\sin(\alpha + \varphi) \cos(\alpha + \varphi)$  en facteur commun :

$$\sin(\alpha + \varphi) \cos(\alpha + \varphi) [\cos \alpha \cos(\alpha + \omega) + \sin \alpha \sin(\alpha + \omega)] - \sin \alpha \cos(\alpha + \omega) = 0;$$

En vertu de la formule

$$\cos(a - b) = \cos a \cos b + \sin a \sin b,$$

la parenthèse revient à  $\cos(\alpha + \omega - \alpha)$  ou  $\cos \omega$ , ce qui ramène la relation à :

$$\sin(\alpha + \varphi) \cos(\alpha + \varphi) \cos \omega - \sin \alpha \cos(\alpha + \omega) = 0$$

mais

$$\sin(\alpha + \varphi) = \sin \alpha \cos \varphi + \sin \varphi \cos \alpha$$

$$\cos(\alpha + \varphi) = \cos \alpha \cos \varphi - \sin \alpha \sin \varphi$$

leur produit est :

$\sin \alpha \cos \alpha \cos^2 \varphi + \sin \varphi \cos \varphi \cos^2 \alpha - \sin^2 \alpha \sin \varphi \cos \varphi - \sin^2 \varphi \sin \alpha \cos \alpha$   
ce produit mis dans la relation ci-dessus donne :

$$(\sin \alpha \cos \alpha \cos^2 \varphi + \sin \varphi \cos \varphi \cos^2 \alpha - \sin \varphi \cos \varphi \sin^2 \alpha - \sin^2 \varphi \sin \alpha \cos \alpha) \cos \omega - \sin \alpha (\cos \alpha \cos \omega - \sin \alpha \sin \omega) = 0$$

ou

$$(\sin \alpha \cos \alpha \cos^2 \varphi + \sin \varphi \cos \varphi \cos^2 \alpha - \sin \varphi \cos \varphi \sin^2 \alpha - \sin \alpha \cos \alpha \sin^2 \varphi) \cos \omega - \sin \alpha \cos \alpha \cos \omega + \sin^2 \alpha \sin \omega = 0$$

divisons tout par  $\sin \alpha \cos \alpha$ , il vient :

$$\left( \cos^2 \varphi + \frac{\sin \varphi \cos \varphi}{\tan \alpha} - \sin \varphi \cos \varphi \tan \alpha - \sin^2 \varphi \right) \cos \omega - \cos \omega + \tan \alpha \sin \omega = 0$$

et en chassant le dénominateur  $\tan \alpha$ .

$$(\cos^2 \varphi \tan \alpha + \sin \varphi \cos \varphi - \sin \varphi \cos \varphi \tan \alpha - \sin^2 \varphi \tan \alpha) \cos \omega - \cos \omega \tan \alpha + \tan \alpha \sin \omega = 0$$

et en multipliant la parenthèse par  $\cos \alpha$  :

$$\cos^2 \varphi \tan \alpha \cos \omega + \sin \varphi \cos \varphi \cos \omega - \sin \varphi \cos \varphi \tan \alpha \cos \omega - \sin^2 \varphi \tan \alpha \cos \omega - \cos \omega \tan \alpha + \tan \alpha \sin \omega = 0$$

ou

$$\tan^2 \alpha (\sin \varphi \cos \varphi \cos \omega - \sin \omega) - \tan \alpha (\cos^2 \varphi \cos \omega - \sin^2 \varphi \cos \omega - \cos \omega) - \sin \varphi \cos \varphi \cos \omega = 0$$

équation du 2<sup>e</sup> degré en  $\tan \alpha$ , que l'on peut transformer ainsi qu'il suit :

$$\tan^2 \alpha - \tan \alpha \frac{\cos \omega (\cos^2 \varphi - \sin^2 \varphi - 1)}{\cos \omega \sin \varphi \cos \varphi - \sin \omega} - \frac{\sin \varphi \cos \varphi \cos \omega}{\cos \omega \sin \varphi \cos \varphi - \sin \omega} = 0$$

ou

$$\tan^2 \alpha - \tan \alpha \frac{(\cos^2 \varphi - \sin^2 \varphi - 1)}{\sin \varphi \cos \varphi - \tan \omega} - \frac{\sin \varphi \cos \varphi}{\sin \varphi \cos \varphi - \tan \omega} = 0$$

cette équation résolue donne :

$$\tan \alpha = \frac{\cos^2 \varphi - \sin^2 \varphi - 1}{2(\sin \varphi \cos \varphi - \tan \omega)}$$

$$\pm \sqrt{\frac{(\cos^2 \varphi - \sin^2 \varphi - 1)^2}{4(\sin \varphi \cos \varphi - \tan \omega)^2} + \frac{\sin \varphi \cos \varphi}{\sin \varphi \cos \varphi - \tan \omega}}$$

or

$$\cos^2 \varphi - 1 = -\sin^2 \varphi$$

d'où

$$\tan \alpha = \frac{-2 \sin^2 \varphi}{2(\sin \varphi \cos \varphi - \tan \omega)}$$

$$\pm \sqrt{\frac{(-2 \sin^2 \varphi)^2}{4(\sin \varphi \cos \varphi - \tan \omega)^2} + \frac{\sin \varphi \cos \varphi}{\sin \varphi \cos \varphi - \tan \omega}} = \frac{-\sin^2 \varphi}{\sin \varphi \cos \varphi - \tan \omega}$$

$$\pm \sqrt{\frac{\sin^4 \varphi}{(\sin \varphi \cos \varphi - \tan \omega)^2} + \frac{\sin \varphi \cos \varphi (\sin \varphi \cos \varphi - \tan \omega)}{(\sin \varphi \cos \varphi - \tan \omega)^2}}$$

$$= \frac{-\sin^2 \varphi \pm \sqrt{\sin^4 \varphi + \sin \varphi \cos \varphi (\sin \varphi \cos \varphi - \frac{\sin \omega}{\cos \omega})}}{\sin \varphi \cos \varphi - \frac{\sin \omega}{\cos \omega}}$$

$$= \left[ -\sin^2 \varphi \pm \sqrt{\sin^4 \varphi + \sin \varphi \cos \varphi \left( \sin \varphi \cos \varphi - \frac{\sin \omega}{\cos \omega} \right)} \right] \cos \omega$$

$$= \frac{-\cos \omega \sin^2 \varphi \pm \sqrt{\cos^2 \omega \sin^4 \varphi + \sin \varphi \cos \varphi \cos \omega (\sin \varphi \cos \varphi \cos \omega - \sin \omega)}}{\sin \varphi \cos \varphi - \sin \omega}$$

Comme vérification si  $\omega = 0$ ,  $\tan \alpha$  doit revenir à  $\tan \frac{90 - \varphi}{2}$

ou  $\tan \frac{\alpha}{2}$ ; en effet pour  $\omega = 0$ ,  $\sin \omega = 0$  et  $\cos \omega = 1$  et par suite

$$\tan \alpha = \frac{-\sin^2 \varphi \pm \sqrt{\sin^4 \varphi + \sin \varphi \cos \varphi (\sin \varphi \cos \varphi)}}{\sin \varphi \cos \varphi}$$

$$= \frac{-\sin^2 \varphi \pm \sqrt{\sin^4 \varphi + \sin^2 \varphi \cos^2 \varphi}}{\sin \varphi \cos \varphi}$$

$$= -\tan \varphi \pm \sqrt{\tan^2 \varphi + 1}$$

mais

$$\alpha = 90^\circ - \varphi \quad \tan \alpha = \tan(90^\circ - \varphi) = \cot \varphi = \frac{1}{\tan \varphi}$$

d'autre part

$$\tan \frac{\alpha}{2} = \frac{-1 \pm \sqrt{1 + \tan^2 \alpha}}{\tan \alpha} = \frac{-1 \pm \sqrt{1 + \cot^2 \varphi}}{\cot \varphi} = -\frac{1}{\cot \varphi} \pm \sqrt{\frac{1 + \cot^2 \varphi}{\cot^2 \varphi}}$$

$$= -\frac{1}{\cot \varphi} \pm \sqrt{\frac{1}{\cot^2 \varphi} + 1} = -\tan \varphi \pm \sqrt{\tan^2 \varphi + 1} = \tan \alpha$$

Si on supposait  $\omega = \varphi$ , le talus du massif soutenu deviendrait parallèle au talus naturel; alors  $\sin \omega = \sin \varphi$ ,  $\cos \omega = \cos \varphi$  et

$$\tan \alpha = \frac{-\cos \varphi \sin^2 \varphi \pm \sqrt{\cos^2 \varphi \sin^4 \varphi + \sin \varphi \cos^2 \varphi (\sin \varphi \cos^2 \varphi - \sin \varphi)}}{\sin \varphi \cos^2 \varphi - \sin \varphi}$$

$$= \frac{-\cos \varphi \sin^2 \varphi \pm \sqrt{\cos^2 \varphi \sin^2 \varphi (\sin^2 \varphi + \cos^2 \varphi - 1)}}{\sin \varphi \cos^2 \varphi - \sin \varphi}$$

Le radical s'annule et

$$\tan \alpha = \frac{-\cos \varphi \sin^2 \varphi}{\sin \varphi (\cos^2 \varphi - 1)} = \frac{-\cos \varphi \sin \varphi}{\cos^2 \varphi - 1} = \frac{-\cos \varphi \sin \varphi}{-\sin^2 \varphi} = \frac{\cos \varphi \sin \varphi}{\sin^2 \varphi} = \cot \varphi$$

alors  $\alpha$  et  $\varphi$  sont complémentaires, le plan de rupture se confond avec le talus naturel passant par le pied du mur et Q devient infini : en effet

$$Q = \frac{dh^2}{2} \cos \omega \frac{\sin \alpha}{\cos(\alpha + \omega) \tan(\alpha + \varphi)}$$

mais comme

$$\omega = \varphi, \quad \cos \omega = \cos \varphi$$

et comme

$$\alpha + \varphi = 90^\circ, \quad \sin \alpha = \sin(90^\circ - \varphi) = \cos \varphi, \quad \cos(\alpha + \omega) = \cos 90^\circ = 0, \quad \tan(\alpha + \varphi) = \tan 90^\circ = \infty,$$

d'où

$$Q = \frac{dh^2}{2} \cos \varphi \times \frac{\cos \varphi}{0 \times \infty} = \infty$$

Ce cas est un peu de la théorie pure dans laquelle d'ailleurs nous allons entrer encore plus.

Connaisant  $Q_1$ , poussée avec un massif en talus, et son point d'application, nous aurons toujours l'équation de stabilité

$$2Q_1 \frac{h}{3} = \frac{t}{2} \times OB^2 + \pi c + fQ_1 \times OB$$

équation qui permettra de trouver OB.

(A suivre.)

## Consolidation des terrains ébouleux par masses

(Suite)

### Planche CXXXVII.

Sur la ligne de Nevers à Chagny, il s'est présenté également quelques cas de consolidation par drains-contreforts, notamment dans la tranchée de Chaumont, près de Decize, où ces drains aboutissent généralement à un mur de soutènement occupant le pied du talus de la tranchée; quelques-uns cependant traversent la plate-forme et vont chercher au delà un point bas pour l'écoulement des eaux.

Le plan (fig. 14, planche CXXXVII) indique que ces contreforts sont au nombre de 34, et trois d'entre eux, les n<sup>os</sup> 15, 16 et 17, forment un groupe qui traverse la voie, alors que les autres s'arrêtent au mur de soutènement.

La figure 15 (planche CXXXVII) donne la coupe du drain n° 15 ; sur ce contrefort est établie une bavette maçonnée pour écouler les eaux du fossé du chemin latéral ; la largeur du contrefort est 2 mètres ; la marne compacte et solide plonge si profondément qu'il ne fallait pas songer à l'atteindre en dehors des limites indiquées au dessin, mais, en prolongeant le contrefort sous la plate-forme, on a augmenté la résistance dans le sens longitudinal et on a assuré l'écoulement des eaux.

La figure 16 (planche CXXXVII) donne la coupe du contrefort à gradins n° 24 aboutissant au mur de soutènement et s'étendant sous le chemin latéral ; la largeur est de 2 mètres également ; ce contrefort est établi partout dans le terrain solide ; il dégorge dans le fossé de la tranchée.

La figure 17 (planche CXXXVII) donne la coupe du contrefort à gradins n° 25 qui, traversant le chemin latéral, va chercher les eaux très avant dans le coteau ; il est fondé, à sa partie inférieure et sur sa grande masse, en terrain solide et a 2 mètres de largeur.

Enfin, la figure 18 (planche CXXXVII) donne la coupe du contrefort n° 32 aboutissant au mur de soutènement dans une partie où le sol stable est beaucoup au-dessus de la plate-forme ; l'assiette de ce contrefort est donc parfaitement établie dans sa totalité ; la largeur est réduite à 1 mètre.

Le mur de soutènement est en pierres sèches également, sauf ses fondations qui sont en maçonnerie à mortier.

La figure 19, planche CXXXVII, donne la coupe de contreforts établis dans la tranchée de Vauzelle, à la sortie de la station de Decize, et traversant un chemin latéral dans une partie où la ligne de rupture est beaucoup au-dessus de la plate-forme ; la largeur est 1 mètre.

Les figures 20 et 21 (planche CXXXVII) donnent les coupes de contreforts ordinaires en la station de Decize, contreforts mesurant 2 mètres de largeur et établis en terrain solide. Ils ne se distinguent que par le prolongement, sous l'un d'eux, du radier du fossé maçonné à mortier.

#### LIGNE DU PUY A SAINT-GEORGES-D'AURAC

Nous allons maintenant examiner des cas de consolidation plus récents (1872-74) et beaucoup plus compliqués, que l'on a rencontrés sur cette ligne, entre les kilomètres 80 et 87, dans la partie comprise entre les Estreys et Marcilhac.

Les travaux de terrassements avaient été attaqués avec ensemble, sur ce parcours, au printemps de 1870, puis s'étaient ralentis sensiblement à partir du commencement de la guerre ; néanmoins ils étaient déjà assez avancés pour qu'à dater du mois de novembre, à la suite des pluies d'automne, quelques éboulements aient commencé à se manifester, mais uniquement dans les tranchées, tranchée des Brayères au kilomètre 81, hectomètre 7 ; tranchée du moulin de Saint-Vidal au kilomètre 82 ; tranchée de Marcilhac au kilomètre 83, hectomètre 2.

On pouvait, à vrai dire, considérer ces premiers accidents comme des accidents de talus dont on aurait raison avec des revêtements plus ou moins épais, même des murs de soutènement. A la tranchée de Marcilhac notamment, où le terrain se composait de sables, plus ou moins argileux par parties, recouverts par un plateau basaltique et où les talus avaient été prévus à 1/3, on s'attendait *a priori* à revêtir les portions de talus inférieures au rocher compacte. Aux tranchées de Saint-Vidal et des Brayères, on pouvait supposer que le talus prévu à 45° était trop raide et qu'il eût fallu à l'origine prendre 1 1/2 et même 2 pour 1, mais en somme ces éboulements partiels n'offraient rien de bien alarmant.

Dès le commencement de l'année 1871, après la fonte des neiges exceptionnelles d'un hiver rigoureux dont le souvenir reste à plus d'un titre comme l'un des plus désastreux de notre époque, les éboulements prirent des proportions plus inquiétantes ; jusqu'alors les talus de tranchée, seuls, avaient bougé, mais le mouvement changeant d'objet commençait à atteindre les terrains à la suite et pareillement les sous-sols des remblais ; c'est ainsi qu'au 4 février on constatait des fissures au remblai

de la Valette, qu'au 7 mars d'autres fissures se déclaraient à l'ouvrage n° 96, pont par dessous situé contre la portion de remblai venant de la tranchée de Marcilhac.

A la même date le remblai faisant suite à la tranchée de Cheylons, au kilomètre 80, hectomètre 7, se mettait en mouvement, disloquant tout un système de drainage, assez superficiel, établi à sa base.

Au cours de l'année, cet état de choses ne fit que s'accroître ; en avril, au remblai de la Valette, le mouvement se prolongeait à 30 mètres en avant du pied du remblai et des fissures se déclaraient à l'ouvrage n° 94, aqueduc — passage de 1<sup>m</sup>,50 d'ouverture établi dans le voisinage et au point bas du terrain.

Au remblai de Marcilhac, le 7 novembre, on constatait des fissures très prononcées entre l'extrémité de la tranchée de la Valette et l'ouvrage n° 96 ; un aqueduc supplémentaire, le n° 95 bis, établi sur ce parcours était entièrement disloqué.

A Cheylons, au 3 mai, les crevasses s'étendaient jusque dans les prés au bas du coteau et les terres glissaient dans le sens de la pente, tout en obliquant vers la direction du Puy à Saint-Georges-d'Aurac. La surface du sol ressemblait à des vagues ondulées et c'est là que l'on pouvait étudier à loisir la courbure des éboulements ; au 19 mai, le tassement journalier atteignait jusqu'à 50 centimètres ; il devait s'accroître encore davantage dans la suite, car après un arrêt apparent dans la première quinzaine de juillet, l'invasion du terrain roulé et chassé par le poids du remblai placé au sommet de l'éboulement, commençait à couvrir les prés du bas en dépassant les limites d'une deuxième occupation temporaire à laquelle on avait cru pouvoir arrêter la surface envahissable.

Dans cette même année, au 24 juin, le terrain au-dessus de la tranchée des Brayères se fendait jusqu'à 100 mètres de l'axe ; le 14 juillet, le front de l'éboulement basaltique, vaste clapier situé à cette distance, s'écroulait avec fracas et le 15 octobre le mur de soutènement, établi trop mince pour retenir les masses en voie de rupture d'équilibre, était lui-même lézardé par leur poussée.

En dehors de ces grands mouvements, d'autres plus restreints s'étaient dessinés aux Chazeaux et à Rompadi.

L'avenir apparaissait donc dans toute son évidence ; il fallait s'attendre à de nouveaux accidents et songer aussi, sur les points en marche, à commencer, dès le printemps suivant, la consolidation des sols et des sous-sols.

L'année 1872 ne fut guère, à ce point de vue, qu'une ère de tâtonnements et d'essais ; cette année vit des mouvements nouveaux se déclarer au remblai de la Graveyre (contre le viaduc des Chazeaux, côté Saint-Georges-d'Aurac) en février ; au remblai sous le château de Saint-Vidal en mai ; au remblai n° 40 dit « devant Chazal » en octobre ; au remblai contre le viaduc des Chazeaux, côté le Puy, en décembre.

D'autre part, le remblai de Cheylons continua de tasser sur lui-même ; au 25 mai, malgré l'addition de contreforts, le mur de la tranchée des Brayères fut poussé presque tout d'une pièce.

Le pont de Saint-Vidal se disloqua le 20 novembre, malgré tous les replâtrages exécutés pour le maintenir.

Les drains établis au remblai de la Graveyre n'arrêtèrent pas le terrain qui passa par dessus le mur de pied élevé le long de la Borne.

L'ouvrage n° 94, au remblai de la Valette, donna lieu à tout un système de battage de pieux coiffé par un garde-radier descendant à 8 mètres de profondeur, etc., sans aucun succès.

Le remblai de Marcilhac se mit à tasser sur 150 mètres de longueur, du 10 février au 1<sup>er</sup> mars, et, malgré la présence du drain — contrefort, exécuté à titre d'essai dans le courant de l'année et poussé jusqu'au pied du remblai, l'effondrement au 23 octobre fut considérable, risquant d'emporter les boisages des parties de fouille encore en voie d'exécution.

L'année 1873 fut de son côté l'année des grandes décisions et des grands travaux ; les mouvements accusés ne varièrent guère ; il ne s'en déclara aussi de nouveaux qu'en deux endroits,

vers l'aqueduc n° 73 au bout du mur des Brayères et dans la nouvelle tranchée de Cheylons, mais ces mouvements là n'étaient que la suite de ceux déjà accentués.

L'année 1874 vit enfin l'achèvement et le succès de toutes ces consolidations que nous allons examiner brièvement dans leurs phases principales, en suivant l'ordre de leur piquetage dans la direction de Saint-Georges-d'Aurac au Puy, classification qui présente, au point de vue de l'importance des travaux, le maximum à son origine et le minimum entre ses extrémités.

(À suivre).

## Le nouveau port d'Anvers

### Planche CXXXVIII.

Les travaux de reconstruction du port d'Anvers, qui avaient été mis en adjudication au début de l'année 1877, et qui ont été commencés en 1878, sont maintenant complètement terminés; leur inauguration officielle, que l'on a fait coïncider avec l'exposition internationale d'Anvers, a eu lieu, avec un grand éclat, le 26 juillet dernier.

Le *Journal des Travaux publics* a donné, en 1879, une description complète des projets approuvés par le Gouvernement Belge pour l'amélioration du port existant, pour la construction des nouveaux bassins et pour la régularisation des courants de marée, mais il convient, aujourd'hui que les travaux sont complètement achevés, de publier une étude d'ensemble qui permette d'apprécier, à leur juste valeur, les difficultés que l'on a eu à vaincre pour mener à bonne fin une œuvre aussi considérable.

Ce n'est pas seulement au point de vue purement technique que cette étude présentera de l'intérêt, mais aussi au point de vue national français, puisque ce sont deux de nos compatriotes, MM. Couvreur et Iersent, les entrepreneurs si connus, qui ont été chargés des travaux.

Nous rappellerons tout d'abord que la ville d'Anvers est située sur la rive droite de l'Escaut, à 75 kilomètres environ dans les terres à partir de son embouchure dans la mer du Nord, qui est elle-même rentrée, par rapport à la direction générale de la côte.

Le réseau très complet des chemins de fer belges, et les nombreux canaux qui relient l'Escaut avec toutes les voies navigables intérieures de la Belgique, de la Hollande, de l'Allemagne et même de la France, ont fait d'Anvers un port de pénétration de la plus grande importance.

Ce port est, en effet, plus économique d'accès, pour le nord et l'est de la France, l'Alsace, la Suisse, et une partie de l'Allemagne, que les ports du Havre, de Brème, de Hambourg. Enfin, comme les tarifs des chemins de fer qui y aboutissent sont peu élevés, on comprend qu'il se trouve placé dans d'excellentes conditions.

Le port d'Anvers est facilement accessible pour les navires du plus grand tonnage qui trouvent, presque partout, dans le fleuve une profondeur d'eau de 7 à 8 mètres à marée basse, L'Escaut leur fournit devant Anvers une excellente rade, où ils peuvent mouiller avec sécurité.

La hauteur des marées varie entre 4 et 5 mètres. Elle favorise non-seulement l'arrivée des navires venant de la mer, mais aussi la navigation de ceux qui remontent le cours de l'Escaut pour pénétrer dans ses affluents ou dans les nombreux canaux qui sillonnent la Belgique.

La grandeur commerciale de la ville d'Anvers date du XV<sup>e</sup> siècle; elle atteint son apogée sous le règne de Philippe II. A cette époque, la population de cette ville était d'environ 200.000 habitants, et le port était fréquenté par un nombre considérable de navires.

Mais cette prospérité cessa, par suite des guerres de la Réforme : à la fin du XVIII<sup>e</sup> siècle, la population n'était plus que

de 40.000 âmes, et la plupart des grands négociants s'étaient retirés dans les ports de la Hollande, principalement à Rotterdam et à Amsterdam.

Anvers prit un nouvel essor à la suite du traité de 1795, qui proclamait la liberté de la navigation sur l'Escaut; et l'occupation française fut le point de départ de la régénération du port d'Anvers.

Napoléon I<sup>er</sup>, qui avait apprécié la position magnifique de cette place maritime, fit construire les quais Van Dyck et Jordans, creuser et entourer de quais le grand et le petit bassin. On avait même projeté de relier par un pont les deux rives du fleuve, que des canaux devaient mettre en communication avec la Meuse et le Rhin.

La chute du premier Empire, en 1814, arrêta l'exécution de ces projets. Le Gouvernement Néerlandais, non seulement ne continua pas les travaux, mais, afin de se débarrasser de leur entretien, céda le port à la ville. En 1830, la Hollande se sépara de la Belgique; cette dernière puissance, à laquelle échut la ville d'Anvers, s'est attachée depuis cette époque à créer ou à améliorer les installations, de façon à créer un port commercial de premier ordre.

Ce qui a puissamment contribué à atteindre ce but, c'est l'affranchissement de l'Escaut, effectué par le traité du 12 mars 1863, et aux termes duquel la Belgique a racheté de la Hollande le droit de péage pour la navigation sur le fleuve.

Voici maintenant quelques renseignements statistiques qui permettent d'apprécier l'importance qu'avait le port d'Anvers en 1877, époque à laquelle le Gouvernement Belge mit en adjudication les travaux, dont nous donnons plus loin une description complète.

En 1877, le port d'Anvers se composait des quais sur l'Escaut, de quatre canaux débouchant dans le fleuve, de sept bassins à flot, d'un sas et de trois formes de radoub. (Voir fig. 1. Plan général des travaux. Pl. CXXXVIII.)

Les bassins étaient : les deux anciens bassins construits par Napoléon I<sup>er</sup> et livrés à la navigation en 1811 et 1813; le bassin du Kattendyck exécuté par la ville et achevé en 1860; le bassin de jonction livré en 1869; les bassins du bois de la Campine et du Canal finis en 1873.

Les surfaces des bassins et les longueurs de quais se décomposaient comme suit :

- 1<sup>o</sup> Surface des 7 bassins à flot : 40 hectares environ.
- 2<sup>o</sup> Longueur des quais : 4 kilomètres.
- 3<sup>o</sup> Longueur des talus : 2 kilom. 500 mètres.
- 4<sup>o</sup> Surface des quais : 5 hectares 28 ares.

Les voies des chemins de fer établis sur les terre-pleins des bassins atteignaient une longueur de 65 kilomètres et occupaient une superficie de 32 hectares : il existait de plus 40.000 mètres carrés de hangars couverts.

Les quais de l'Escaut qui ne sont pas compris dans cette énumération avaient une longueur d'environ 2.200 mètres et n'étaient accostables par les navires que sur 500 mètres de longueur environ.

Ces installations, bien que considérables, étaient tout à fait insuffisantes ainsi qu'il ressort des documents suivants extraits des communications faites en 1877 à la Chambre des représentants par M. de Wael, bourgmestre d'Anvers :

En 1842-43, un mètre de quai correspondait à	113 tonnes de jauge moyenne.
— 1855, —	175 —
— 1864, —	237 —
— 1873, —	245 —
— 1870, —	300 —

En 1870, la gêne était donc devenue considérable.

C'est alors que le Gouvernement se résolut à accomplir de nouveaux travaux et que l'administration communale décida de prolonger le bassin du Kattendyck, de construire trois nouvelles cales de radoub et de préparer des études pour l'extension des bassins commencés en 1882 et qui porteront les noms de Amérique et Africa (ces bassins ont ensemble une surface de 21 hectares).

Le plan général des travaux à exécuter par l'Etat Belge fut étudié par une commission spéciale, dont nous reproduisons ici les conclusions :

L'amplitude moyenne de la marée à Anvers est de 4<sup>m</sup>,05; les marées basses sont à 0<sup>m</sup>,15 au-dessus du 0 d'Ostende; la plus basse marée connue est descendue à 0<sup>m</sup>,74 en contre-bas de ce point et la plus haute s'est élevée à 6<sup>m</sup>,77 (30 janvier 1877); elle a inondé une partie de la ville.

La vitesse maximum des courants atteint : pour celui de flot 1<sup>m</sup>,00; et pour celui de jusant 1<sup>m</sup>,50; elle se produit à peu près à demi-marée.

Enfin la durée du flot, au moment des syzgies, est à peu près de 5 heures 20 minutes et celle du jusant de 6 heures 40 minutes. Le volume d'eau qui passe devant Anvers, aux marées de vive eau est d'environ 60 millions de mètres cubes.

La commission se proposa de faciliter le mouvement des eaux de flot et de jusant devant Anvers pour régulariser la vitesse des courants, ce qui aurait pour conséquences : d'éviter les ensablements, de maintenir au fleuve sa section, de faciliter l'accostage aux quais en tout temps des plus grands navires, pour les opérations de chargement et de déchargement et enfin d'augmenter l'étendue de la rade.

Elle estima que, pour remplir ces conditions, il fallait régulariser le cours de l'Escaut en lui donnant une largeur régulière d'environ 350 mètres devant Anvers.

Son rapport du 10 novembre 1870 conclut à l'adoption d'un tracé courbe affectant la forme générale de la rive droite devant la ville. Partant du musoir sud de l'écluse du Kattendyck, cette courbe passait derrière le Werf en l'enlevant, supprimant ainsi un étranglement qui gênait les courants de marée et permettant par suite à un plus grand volume d'eau de passer devant Anvers; à cet endroit la largeur du fleuve n'était que de 270 mètres, et les profondeurs atteignaient jusqu'à 15 mètres, tandis qu'en amont, à Burght, le fleuve avait 400 mètres, 600 mètres au droit de l'ancienne citadelle du sud, 360 mètres au droit de l'ancienne batterie Saint-Michel et 360 mètres en face de l'entrée de l'écluse du Kattendyck. Ces différences de largeur entraînaient nécessairement des différences de profondeur. La courbe après le Werf passait tangentielle à l'ancien bastion Saint-Michel, s'avancait à plus de 100 mètres dans le fleuve, au droit de l'ancienne citadelle du sud et venait se raccorder ensuite à l'ancienne rive, un peu en amont des nouvelles fortifications.

Telle a été la base des projets mis à l'étude.

Les projets arrêtés définitivement comprenaient les travaux suivants :

1° Un mur de quai de 3,500 mètres de longueur avec au moins 8 mètres de tirant d'eau à marée basse sur toute son étendue, depuis l'écluse du bassin du Kattendyck jusqu'à l'extrémité des terrains de la citadelle du sud; l'installation dans ce mur de 3 embarcadères flottants permettant l'accostage des navires à toute heure de la marée et munis chacun d'un pont mobile les reliant au quai.

2° Un bassin de batelage de près de 4 hectares de superficie entouré de 1,800 mètres de murs de quai, avec une largeur de 30 mètres de terre-plein jusqu'aux façades des maisons. Ce bassin est mis en communication avec l'Escaut par une écluse à sas de 13 mètres de largeur, et un chenal d'entrée permettant le stationnement en dehors du courant et favorisant ainsi les opérations d'entrée et de sortie.

3° Une digue de raccordement continuant à l'amont du nouveau quai la rive du fleuve.

4° Le remblai des emprises sur l'Escaut et des anciens canaux des Brasseurs, Saint Pierre, etc., et l'enlèvement du werf, afin de constituer de vastes terre-pleins.

Ces travaux furent mis au concours entre un nombre restreint d'entrepreneurs et aux conditions générales suivantes :

L'entreprise constituait un forfait dans la plus large acception du mot, en conséquence l'entrepreneur était tenu, pour et moyennant le prix d'adjudication, d'exécuter à ses frais, ris-

ques et périls, de livrer et de garantir tous les travaux qui en faisaient l'objet.

Les soumissionnaires devaient indiquer le ou les systèmes qu'ils se proposeraient de suivre dans l'exécution des travaux, ainsi que la nature et la provenance des matériaux à mettre en œuvre, en complétant ces indications par les plans, profils, dessins, etc. nécessaires, pour que l'administration pût apprécier en toute connaissance de cause, le mérite des projets présentés.

L'entrepreneur était tenu de commencer les travaux au plus tard six mois après l'approbation de la soumission; il devait les avoir terminés dans un délai de 5 ans et 6 mois, à dater du même jour.

A défaut d'exécution des ouvrages dans les délais fixés, l'entrepreneur devait subir sur le prix d'adjudication, pour chaque jour de retard, à partir de l'expiration desdits délais, une retenue de 1,000 fr. par jour.

Enfin un cautionnement provisoire de 500,000 fr. était demandé: il devait être, après l'approbation de la soumission, porté à 1,000,000 fr.

Le Gouvernement reçut le 31 mars 1876 des offres variant entre 40 et 76 millions de francs.

Ces différences considérables provenaient de la façon d'apprécier la profondeur à laquelle devaient être descendues les fondations; les chances à courir pour la garantie du forfait absolu ayant été reconnues trop grandes, le Gouvernement modifia les bases du marché à forfait par l'introduction d'une clause additionnelle écartant en partie ce que la fondation pouvait avoir d'aléatoire, ce qui transformait le forfait absolu en un forfait relatif.

Nous croyons intéressant de reproduire ci-après les résultats de l'adjudication dans les cas du forfait absolu et dans le cas du forfait relatif.

SOUMISSIONNAIRES	FORFAIT ABSOLU		FORFAIT RELATIF		PROJET
	sans bri- quillons.	avec bri- quillons.	sans bri- quillons.	avec bri- quillons.	
Société des Bati- gnolles à Paris.	41.251.000	43.800.000	39.485.000	42.600.000	Mur à arcades.
	48.461.000	52.790.000	45.530.000	45.725.000	Mur continu avec caissons.
Dollot, Dechaux, Robert et Soc. de Fives-Lille.	41.800.000	43.000.000	40.000.000	42.100.000	Mur continu sans caissons.
Couvreur et Hersent.	"	"	38.275.125	39.153.325	Mur continu sur caissons.

Le Gouvernement Belge accepta les offres et projets présentés par MM. Couvreur et Hersent.

Avant de passer à la description des travaux, nous donnons ci-dessous les dépenses définitives d'exécution :

Dépenses définitives d'exécution :	
Montant du forfait résultant de l'adjudication.	38.275.125 fr
Augmentation de profondeur des fondations et surtout augmentation d'épaisseur des murs du quai du Rhin (prévues au marché) .....	4.424.305
Travaux de dragages exécutés dans l'Escaut (en dehors du marché) .....	718.700
Travaux divers et accessoires, non compris dans le marché (dépenses imprévues) .....	577.947
Total .....	43.006.167 fr.

Ceci posé, nous allons examiner successivement les travaux dans l'ordre indiqué plus haut.

#### 1° Rectification des anciens quais et construction des nouveaux quais.

Les conditions imposées par l'Administration des Ponts et Chaussées Belge pour la construction des nouveaux quais sur l'Escaut sont les suivantes :

Le mur, établi d'une façon continue sur toute la rive droite du fleuve, depuis l'ancienne citadelle du sud jusqu'au bassin du Kattendyck, au nord de la ville, est en maçonnerie. Son arête

supérieure est à la cote 6<sup>m</sup>,50 au-dessus du plan de comparaison du nivellement général du Royaume Belge, la marée basse ordinaire à Anvers étant à la cote +0<sup>m</sup>,15. Il doit résister à une surcharge de 6,000 kil. par mètre carré de quai, déposée tant sur le mur que sur le terre-plein. La surface supérieure du massif des fondations doit se trouver à 8 mètres en contre-bas du niveau de la marée basse ordinaire à Anvers. Les hauteurs minima de ce massif sont fixées suivant les points, à 2<sup>m</sup>,50 et 6 mètres. Le parement jusqu'à 1 mètre en contre-bas du niveau de marée basse ordinaire, est en pierre de taille et le mur doit être couronné par une tablette en pierre de taille.

Le mur est construit suivant deux types :

Le premier qui règne sur les 1<sup>re</sup>, 2<sup>e</sup>, 4<sup>e</sup> sections et sur 155 mètres environ en amont de la première section, repose sur une fondation arasée à 8 mètres sous marée basse, c'est-à-dire à 7<sup>m</sup>,85 sous zéro. (Le zéro étant à 0<sup>m</sup>,15 sous marée basse). — (Voir fig. 2, 3, 4, 5 et 6. — Pl. CXXXVIII.)

La fondation a une largeur de 9 mètres. La hauteur est variable; elle est déterminée par cette condition que le massif de fondation doit descendre au moins à 2<sup>m</sup>,50 au-dessous du fond du lit, et il en résulte que le massif de fondation a une épaisseur de 2<sup>m</sup>,50 ou de 6 mètres.

La base du mur proprement dit a une largeur de 7 mètres. Le fruit est de 1/20<sup>e</sup> depuis le couronnement jusqu'au niveau de basse mer et de 1/10<sup>e</sup> depuis ce dernier niveau jusqu'à la base.

La hauteur totale du mur est ainsi de 14<sup>m</sup>,60 et le fruit de 1<sup>m</sup>,01.

Le parement arrière est vertical jusqu'au niveau de marée basse; puis il présente des redans tous les 2 mètres, ainsi que le montrent les figures de la pl. CXXXVIII.

Le mur est construit en briques du pays, sauf le couronnement de 0<sup>m</sup>,35 d'épaisseur qui est en pierre de Soignies dite petit granit, et le parement entre le couronnement et 1 mètre sous marée basse qui est en moellons piqués de la Meuse ayant 0<sup>m</sup>,40 et 0<sup>m</sup>,60 de queue et 0<sup>m</sup>,32 de hauteur moyenne d'assise.

Le second type (Voir fig. 3. Pl. CXXXVIII) règne sur 450 mètres environ au droit des grandes profondeurs.

La hauteur de la fondation est de 7 mètres; le dessus est à la cote — 8.85 et le dessous à — 15<sup>m</sup>,85, soit à 20 mètres environ sous le niveau de marée haute.

Cette fondation est presque partout encastrée dans le terrain naturel ou dans les enrochements et produits pierreux des dragages.

Elle a une épaisseur de 9 mètres sur les 5 premiers mètres à partir du fond et de 8 mètres ensuite.

Le mur a un fruit de 0<sup>m</sup>,50 à l'avant sur 1 mètre de hauteur; puis, après, il a les mêmes fruits et le même parement que le premier type.

A l'arrière, il est complètement plein, sauf un conduit qui a été réservé à la partie supérieure pour recevoir les tuyaux du gaz, des engins de manœuvre hydraulique, des eaux de la ville et des hangars

Un conduit pareil a été établi à l'arrière sur la dernière retraite du mur du premier type.

Dans le but d'éloigner le plus possible, du pied du mur, les courants qui pourraient y produire des affouillements et mettre la construction en danger, on a disposé trois contreforts formés de caissons semblables à ceux du mur courant, posés en travers. Leur fondation fait saillie de 3 mètres sur l'alignement général. En arrière, ces contreforts entrent de 13 mètres dans le remblai. Ils sont pleins jusqu'au niveau de marée basse et se terminent par trois redans. Cette disposition divise le prisme de poussée des terres, ancre fortement le mur au terre-plein et en augmente notablement la base et la résistance.

Pour calculer la stabilité des murs, on a admis les bases suivantes :

- 1<sup>o</sup> Poids des maçonneries 1,800 kilogrammes le mètre cube.
- 2<sup>o</sup> Poids des terres de remblais, 1,500 kilogrammes le mètre cube.

3<sup>o</sup> Surcharge sur le mur et le remblais, 6,000 kilogrammes par mètre superficiel.

4<sup>o</sup> Angle de glissement des terres 45°.

Voici les hauteurs, épaisseurs moyennes et coefficients de stabilité des deux types de mur pour différentes hauteurs de fondations :

Type	Hauteur totale.	Section.	Épaisseur moyenne.	Rapport entre l'épaisseur et la hauteur.	Coefficient de stabilité contre le	
					renversement.	glissement.
Type n° 1 ..	17.25	97.819	5.703	0.33	} 4.91	} 3.906
— ..	18.25	106.810	5.885	0.32		
— ..	19.25	115.819	6.047	0.31		
— ..	19.65	120.319	6.123	0.31		
— ..	20.65	129.319	6.262	0.30		
Type n° 2 ..	22.65	166.176	7.346	0.32	4.18	1.26
					3.66	1.50

La construction de ces murs de quai présentait de sérieuses difficultés, une grande partie d'entre eux devant être établis dans le fleuve à des distances de 100 mètres de la rive, à des profondeurs d'eau atteignant 8 à 12 mètres à marée basse et 14 à 16 mètres à marée haute et dans un courant dont la vitesse est de 1<sup>m</sup>,90 par seconde.

MM. Couvreur et Hersent ont eu recours à des caissons de 25 mètres de longueur uniforme enfoncés à l'aide de l'air comprimé.

On a exécuté ainsi le mur de quai par tronçons successifs de 25 mètres de longueur et on a employé pour cela un appareil composé.

1<sup>o</sup> D'un caisson métallique à air comprimé pour déblayer le sol et faire la fondation;

2<sup>o</sup> D'un batardeau en tôle de 12 mètres de hauteur ayant la forme du caisson placé immédiatement au-dessus de ce dernier, pour construire à sec la partie du mur de quai, comprise entre le sommet de la fondation et le niveau de la marée basse, sur une hauteur de 8 mètres. (Voir fig. 7, 8 et 9. Pl. CXXXVIII.)

Le caisson avait 25 mètres de longueur, 9 mètres de largeur et une hauteur variant de 2<sup>m</sup>,50 à 6 mètres suivant la profondeur qu'il devait atteindre; il se composait d'une chambre de travail placée à la partie inférieure et dans laquelle s'exécutait le déblai; le plafond de cette chambre était formé d'une tôle de 6 millimètres sur laquelle étaient assemblées des poutres transversales espacées de mètre en mètre; au-dessous, des consoles servaient à fixer les parois verticales. Le caisson était muni de 5 ouvertures donnant passage à la cheminée d'accès et à 4 cheminées pour béton.

La partie supérieure du caisson portait une cornière percée de trous pour la fixation du batardeau.

Les caissons métalliques construits sur le bord du fleuve, puis lancés à l'eau à l'aide d'un plan incliné au moment de la marée montante, ont été facilement remorqués à destination.

Les batardeaux qui surmontaient les caissons avaient en plan les mêmes dimensions que ces derniers; leur hauteur était de 14 mètres et leur poids de 160 tonnes. Leur épaisseur était de 50 centimètres, de sorte qu'ils avaient intérieurement 24 mètres de longueur et 8 mètres de largeur. A la partie inférieure, l'épaisseur du batardeau était occupée sur 1 mètre de hauteur, par une galerie qui régnait sur tout le pourtour et qui servait pour le boulonnage et le déboulonnage. Cette galerie était étanche à l'exception de sa face inférieure percée de trous pour les boulons; on pouvait y insuffler de l'air comprimé pour expulser l'eau. On y accédait par 4 cheminées surmontées de sas à air. L'étanchéité du joint était assurée par deux bandes de caoutchouc.

Du dessus du plafond de la galerie d'assemblage partaient 26 poutres verticales formant avec les cheminées l'ossature du batardeau. Le bordage en tôle fixé à ces poutres avait des épaisseurs variant de 6 à 12 millimètres; il était raidi par des cadres placés horizontalement à 0<sup>m</sup>,50 l'un de l'autre entre les montants principaux. La partie supérieure du batardeau était entretoisée parallèlement aux petits côtés par 12 grandes poutres croisées de 3 mètres de hauteur, et par deux autres de même hauteur dans le sens de la longueur. Il restait entre les

deux soutiens un espace libre de 9 mètres de hauteur rendu rigide pendant le travail par des étréssillons mobiles placés à 1<sup>m</sup>.50 l'un de l'autre. Cet étréssillonement ne pouvant être réalisé dans le sens de la longueur, on montait dès l'abord les maçonneries voisines des deux petits côtés, afin de pouvoir contrebuter ceux-ci. Des portes à clapets percées dans les parois du batardeau permettaient l'introduction des matériaux.

Le poids de l'appareil décrit ci dessus, y compris le sas, les cheminées, les étréssillons, etc., etc., était de 200 tonnes environ. Pour soulever le batardeau afin de le mettre sur le caisson, le guide pendant la construction du mur, le relever ensuite, etc., en un mot pour exécuter les manœuvres nécessaires, on se servait d'un échafaudage flottant porté par deux bateaux de 26 mètres de longueur et 5 mètres de largeur, espacés de 10 mètres l'un de l'autre.

L'échafaudage était formé de six fermes de 12 mètres de hauteur : les deux fermes extrêmes étaient entretoisées sur toute la hauteur, tandis que les quatre fermes intermédiaires étaient complètement libres pour permettre l'ascension ou la descente du batardeau. Cette double manœuvre se faisait à l'aide de 12 palans à 5 brins chacun, dont l'attache supérieure se trouvait au bout de chaque ferme et de chaque côté. Les 12 palans en question étaient actionnés par un nombre égal de treuils à noix montés sur une transmission qui entraînait régulièrement les chaînes calibrées. Ces treuils recevaient leur mouvement d'une machine à vapeur.

Grâce à cette disposition on soulevait le batardeau de 10 à 12 mètres en une heure. Afin de compenser les inégalités des chaînes, on avait disposé à l'extrémité supérieure de chaque palan un ressort à 5 disques en caoutchouc qui régularisait la répartition de la charge.

Enfin, sur les deux bateaux on avait installé toutes les machines et engins nécessaires à la construction du mur et au fonçage du caisson.

L'air comprimé était fourni par deux machines soufflantes donnant chacune 300 mètres cubes d'air à l'heure ; ces machines étaient actionnées par un moteur à vapeur d'une force de 25 chevaux placé sur le bateau du large. Ce même bateau portait deux grues pour l'élévation et l'introduction dans le batardeau des matériaux de construction (briques, moellons, pierres cassées, etc.) Ces grues étaient mues par la machine dont il a été parlé ci-dessus. Sur l'autre bateau (celui qui était près du bord du fleuve) se trouvait une machine à vapeur de même puissance que la précédente et qui mettait en mouvement : les hroyeurs à mortier, les grues qui desservaient ces hroyeurs et une pompe aspirante et foulante distribuant l'eau à des éjecteurs servant à expulser les débris de la chambre de travail.

Des foyers électriques Jablockhoff, mus par une machine installée sur le rivage, permettaient de travailler pendant la nuit.

L'ensemble des deux bateaux et de l'échafaudage était maintenu en place par 12 treuils dont les chaînes étaient fixées à une ancre de 500 kilogrammes.

Les figures 7, 8 et 9 (Pl. CXXXVIII) permettent de se rendre un compte exact de l'installation que nous venons de décrire et de comprendre la marche de l'opération :

On a commencé par draguer le sol à l'emplacement du mur de quai, on amena au-dessus les bateaux de l'échafaudage flottant contenant entre eux le batardeau mobile suspendu à ses chaînes. À l'aide des machines, on souleva ce dernier de façon à tenir sa partie inférieure à 1 mètre environ au-dessus du niveau de l'eau, puis on amena le caisson flottant et on le plaça, au moment de l'étale de haute ou de basse mer au-dessous du batardeau, on descendit celui-ci, on fit le boulonnage et on fixa la cheminée du sas à air. Pour faciliter l'assemblage du caisson et du batardeau, on refoula de l'air dans la chambre de travail ; on souleva ainsi le caisson et on le pressa fortement contre le batardeau.

Les choses étant ainsi disposées, on plaça les écrous des boulons d'assemblage dans le caisson afin de pouvoir retirer les boulons eux-mêmes à la fin du travail. On recouvrit alors le

plafond du caisson avec du béton jusqu'au dessus de ses poutres ; on commença ensuite à élever les maçonneries du mur de quai, en se réservant la possibilité de construire après coup son parement suivant la ligne voulue.

Le travail de maçonnerie fut poussé plus vite vers les extrémités que dans le milieu, afin que les petits côtés, qui ne sont pas étançonnés, ne supportassent pas de trop fortes pressions avant d'être soutenus par la maçonnerie. Quand les maçonneries voisines des grands côtés arrivèrent au niveau d'une ligne d'étréssillons, on posa à l'avant du mur un petit étréssillon et on enleva le grand. La face opposée n'étant en retraite que de 50 centimètres sur la fondation, les maçonneries y touchaient directement la paroi intérieure du batardeau. Le centre de gravité du mur était en dehors de l'axe ; on remplit alors l'intervalle entre la paroi avant et le mur avec du sable.

Quand le tranchant du caisson fut près de toucher le sol, on mit cette masse énorme de 2,000 tonnes dans l'alignement, à l'aide de treuils et de chaînes fixées aux ancrés et en la soulageant au moyen de l'air comprimé ; puis, on lâcha la pression et le caisson s'échoua.

Ici, il se présenta une difficulté tenant à ce que, malgré le dragage préalable que l'on avait fait subir au terrain, il se déposa sous le caisson un mamelon de sable, qui fit prendre à celui-ci une position plus ou moins inclinée. Pour remédier à cet accident, on profita de la première marée basse pour descendre dans la chambre de travail, au moyen de l'air comprimé et régler le terrain. Cela fait, on continua à maçonner dans l'intérieur du batardeau pour lester le caisson et l'empêcher de se soulever quand on y introduisit ensuite l'air comprimé, même à marée haute.

Cela fait, on procéda au déblaiement sous le caisson. Les déblais étant formés d'un mélange de sable vert, fin et compacte, avec de la vase, on les dilua dans une caisse de 150 litres de capacité avec de l'eau fournie par une pompe placée à l'extérieur. Au fond de cette caisse s'adaptait un tuyau de 0<sup>m</sup>.10 de diamètre, qui traversait le plafond du caisson, puis sa paroi latérale et débouchait à l'extérieur. L'extraction du sable se fit alors par le simple jeu d'un robinet sous la pression due à la position de la caisse au-dessus du sol. On chargea en même temps, de plus en plus, le batardeau et on arriva finalement à déblayer complètement la capacité du caisson. On le remplit ensuite de béton par les 4 cheminées disposées à cet effet. A ce moment, le travail de fondation était terminé. On enleva les cheminées d'air et de béton, on épuisa l'eau dans le batardeau, on nettoya le fond et on acheva le mur de quai aussi facilement qu'à l'air libre. Quand la maçonnerie fut élevée à 0<sup>m</sup>.60 environ au-dessus du niveau de l'eau de basse mer, on procéda à l'enlèvement du batardeau. Pour cela, on envoya de l'air comprimé dans la galerie d'assemblage ; 4 hommes y descendirent et enlevèrent les boulons en 6 heures. On souleva alors le batardeau au moyen des palans dont il a été question plus haut ; cette opération exigeait une demi-heure et, à marée haute, le batardeau put passer au-dessus des maçonneries et être transporté au-dessus d'un nouveau caisson pour recommencer l'opération dont nous venons d'indiquer le détail. Le nombre des ouvriers travaillant dans un batardeau a varié ; il ne s'est pas écarté beaucoup de 150. Le temps employé à la construction des premiers tronçons de murs a été de 35 à 40 jours, mais ce temps a été ensuite réduit à 25 jours, ce qui donne une moyenne de 1 mètre courant de quai par journée de travail dans chaque appareil.

En suivant la méthode de construction dont nous venons de donner une description détaillée, méthode qui, à notre connaissance, a été employée pour la première fois à Anvers, on comprend qu'il est possible de juxtaposer les blocs de fondation sans laisser entre eux le moindre intervalle, mais qu'il n'en est pas de même pour les tronçons successifs qui comprennent l'ensemble du mur de quai. En effet, pour pouvoir démonter le batardeau, il est indispensable de laisser entre chacun de ces tronçons de 25 mètres de longueur un espace d'un mètre environ (Voir fig. 9, Pl. CXXXVIII), qui est rempli ensuite par du béton coulé dans l'eau entre deux panneaux provisoires en

bois. Cet espace présente en plan trois rainures de 0<sup>m</sup>,80 de largeur sur 0<sup>m</sup>,50 de profondeur, afin d'assurer la solidarité du béton avec les murs. Le remplissage du joint et des cheminées s'est fait à l'aide de caisses s'ouvrant par le fond.

Le matériel du chantier comprenait 3 batardeaux et 3 échafaudages flottants.

Le mortier employé aux maçonneries se composait de 3 parties de chaux de Tournai, 2 parties de sable et 1 partie de trass. Le béton était formé de 3 parties de chaux, 1 partie de sable, 2 parties de trass, 3 parties de pierres cassées et 3 parties de briquillon.

La brique employée à la construction de toute la partie du mur, à l'exception du massif de fondation et de la partie supérieure du parement, était fabriquée dans une usine spécialement organisée pour cet objet, à Hemixen, sur la rive gauche de l'Escaut. La pierre de taille, dite petit granit, est un calcaire provenant de Soignies, ainsi qu'il a été déjà dit.

La nécessité de travailler la nuit, à cause de la sujétion des marées, motivait l'organisation d'un grand éclairage; on choisit l'électricité.

Dès l'année 1878, on avait installé deux machines Gramme à courants alternatifs, chacune de 16 bougies Jablockhoff et deux petites machines servant d'excitatrices.

Cet éclairage a rendu de grands services, il était suffisant pour qu'on pût travailler la nuit et maçonner sans interruption dans les batardeaux. Mais l'éclairage des chambres de travail avait toujours été un problème difficile à résoudre; on essaya divers systèmes et on finit par reconnaître que le plus simple était l'emploi des bougies. En 1881, apparurent les lampes à incandescence qui, par leur nature, étaient tout indiquées pour l'éclairage des chambres de travail. En 1882, on a donc complété les premières installations d'éclairage par l'addition de 2 batteries de 30 accumulateurs et de deux nouvelles machines Gramme (type d'atelier), dont l'une à fil fin pour charger les accumulateurs et l'autre pour l'éclairage direct des lampes.

L'éclairage devait souvent se faire dans 5 caissons à la fois; il nécessitait l'emploi de 40 lampes de 20 bougies, soit 8 lampes par chaque caisson.

Pour permettre aux lampes Swann de résister à la pression extérieure de deux atmosphères effectifs, on leur a mis des enveloppes de verre notablement plus épaisses que celle de fabrication ordinaire et on les a protégées, extérieurement, par un grillage métallique.

Pendant le jour, on employait l'une des machines électriques

à alimenter les lampes à incandescence des chambres de travail, pendant que l'autre chargeait les accumulateurs qui devaient fonctionner pendant la nuit et remplacer les machines électriques, plus spécialement affectées aux bougies Jablockhoff.

L'éclairage électrique par incandescence, malgré son prix élevé, est à recommander pour les travaux qui nous occupent.

(A suivre.)

## OUTILLAGE DES TRAVAUX PUBLICS

**Grue roulante et préparation du béton pour la construction des môles en Sunderland.** — La fig. 1 représente l'élévation d'une grue de 45 tonnes qui sert à poser d'énormes blocs de béton. Cet appareil à une portée de 19 mètres; il est posé sur une charpente composée de deux supports entre lesquels se trouve une voie de service servant au transport des matériaux sur la partie de la digue qui est achevée, ainsi que le montre la vue par bout.

La charpente en question est mobile, elle est supportée à cet effet par 12 galets. Avec cette grue, on peut construire sans la déplacer, une longueur de digue de 12<sup>m</sup>,80. On fait ensuite avancer l'appareil sur ses rails afin de procéder à la construction d'une nouvelle longueur de digue de 12<sup>m</sup>,80.

Le mouvement de translation s'opère à l'aide de la machine de la grue par une chaîne sans fin et une roue à cames. La grue elle-même peut tourner autour d'un arbre vertical de façon que l'extrémité de la volée atteigne tous les points du chantier.

Sur les deux poutres maîtresses horizontales qui constituent cette volée se meut un petit chariot à 4 roues, lequel supporte la charge à l'aide d'un levier à deux bras. C'est la machine à vapeur placée à l'autre extrémité de la volée qui commande le mouvement de ce chariot au moyen d'une chaîne sans fin.

Les blocs de béton apportés par des wagons sont saisis par les crochets, puis soulevés et rapidement transportés à leur emplacement définitif.

Les fig. 3 et 4 donnent une vue du malaxeur employé à la fabrication du béton; c'est un tambour en fonte dont l'axe de rotation est incliné de façon à transformer rapidement le mélange de sable, de pierres cassées, de ciment et d'eau en une

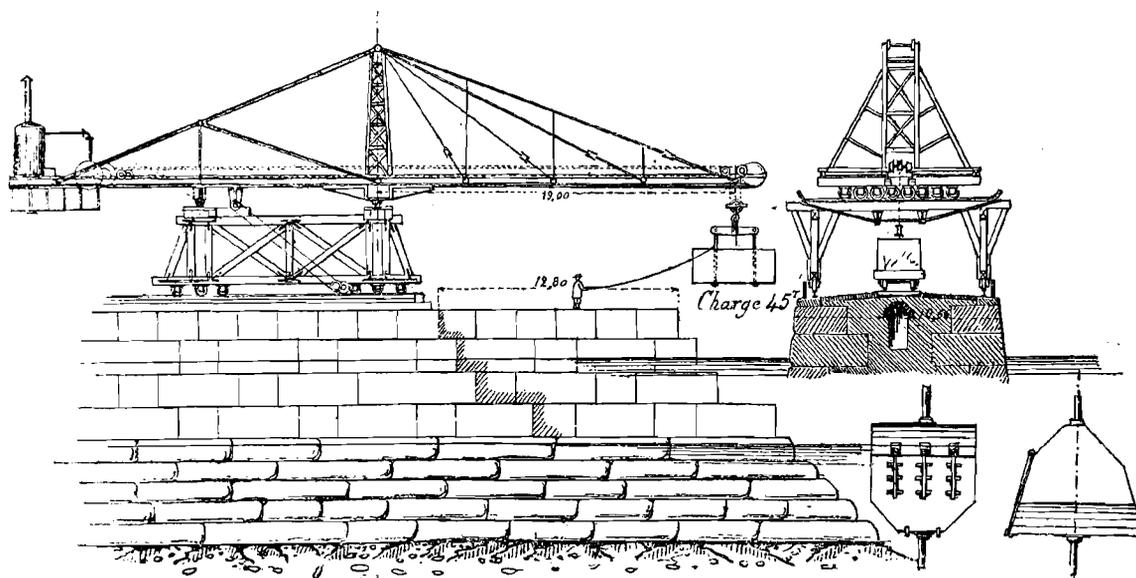


Fig. 1. — Élévation et vue par bout de la grue. — Vues du malaxeur à béton.

masse homogène; lorsque le mélange est bien intime on le coule dans les moules.

Le tambour a, comme on le voit, la forme d'un prisme droit hexagonal dont les bases sont des surfaces planes tronquées. C'est grâce à la forme particulière donnée à ce malaxeur que l'on peut effectuer rapidement le mélange des matières et obtenir, ainsi qu'on l'a fait remarquer plus haut, une masse bien homogène.

(Centralblatt des Bauverwaltung.)

## CHRONIQUE

### Chronique Française

**Procédés de M. le baron de Liebhaver pour le nettoyage des parements en maçonnerie.** — Le nettoyage des parements de maçonnerie noircis par le temps présente, surtout dans les grandes villes, des difficultés assez grandes. On ne peut pratiquer le grattage que sur les parements en pierre tendre; pour les autres pierres il faut procéder à une véritable retaille au moyen de la boucharde. Le procédé est dispendieux, il a de plus l'inconvénient d'enlever à la pierre une couche d'une épaisseur appréciable, d'épauprer les arêtes et les moulures, de laisser des noirs dans les angles rentrants, etc.

Ces divers inconvénients peuvent être évités en suivant les procédés indiqués par M. de Liebhaver, et expérimentés avec succès en 1884 pour le nettoyage des murs de quai de la Seine à Paris.

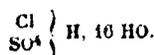
Les parois des murs de quai à Paris se recouvrent au bout de quelques années d'un enduit noir et luisant rebelle aux acides et qui doit être traité par un procédé spécial destiné à le rendre perméable. On a employé dans ce but une pâte caustique composée d'une dissolution de soude et de chaux éteinte en poudre. Ces deux matières sont mélangées successivement jusqu'à consistance mielleuse. On peut y ajouter un peu de chlorure de chaux ou de perchlorure de fer. On étend cette pâte sur la partie rebelle, on l'y laisse séjourner deux à trois heures suivant l'aspect de l'enduit, la nature de la pierre et l'état de l'atmosphère. Lorsqu'on l'enlève, le parement reste encore noir, mais il est devenu sensible aux acides.

Après cette opération préliminaire, on procède de la manière suivante sur l'ensemble de la surface à nettoyer.

Un ouvrier passe sur toute la surface, avec un large pinceau garni de gutta-percha, un mélange dit sulfochlorhydrique formant sur la pierre une espèce de colle, et presque immédiatement après, avec un injecteur à deux pointes, il dirige sur cette colle un nouveau jet de même liquide. Il se forme une pâte adhérente au mur et dont l'action uniforme se prolonge pendant deux ou trois heures environ. En arrière de l'ouvrier injecteur travaillent des laveurs qui brossent les surfaces sur lesquelles l'action de l'acide est épuisée et terminent par un jet de pompe destiné à entraîner, avec le reste de la pâte, les impuretés qui s'y sont mêlées et à laisser voir le vif de la pierre.

Les laveurs doivent suivre l'acideur à deux ou trois heures d'intervalle et être en nombre convenable pour que le travail se poursuive régulièrement et sans perte de temps.

Le mélange sulfochlorhydrique est composé d'acide sulfurique et d'acide chlorhydrique, dosés empiriquement mais correspondant assez exactement à la formule :



Cette composition peut varier légèrement avec la nature de

la pierre et l'inclinaison des surfaces; il faut se guider à cet égard par un essai préalable.

La liqueur pèse de 16 à 17 degrés.

Voici comment elle agit au point de vue chimique: au contact de la pierre, l'acide chlorhydrique forme du chlorure de calcium, lequel, en présence de l'acide sulfurique contenu dans le liquide, donne immédiatement un précipité gluant de sulfate de chaux. L'acide chlorhydrique régénéré agit de nouveau jusqu'à complète saturation de l'acide sulfurique. A ce moment, il s'est étendu de toute la différence entre les 16 équivalents d'eau de l'acide sulfurique et les deux équivalents retenus par le sulfate de chaux et est par conséquent devenu moins actif; en même temps, il se trouve répandu dans la masse du sulfate de chaux qui le maintient et le distribue également sur toute la surface de la pierre; de plus il se charge de chlorure de calcium.

Toutes ces conditions sont favorables à une action régulière, lente et prolongée, et expliquent comment l'acide, au lieu de corroder et de creuser, comme il le fait quand il est versé ou lancé inégalement, enlève une pellicule uniforme et d'épaisseur inappréciable.

Les surfaces ainsi nettoyées par les acides s'améliorent d'elles-mêmes et prennent un aspect plus agréable au bout de quelques jours.

Dans les essais faits sur le quai en amont du pont de l'Alma (rive gauche) et sur une portion du mur du quai de la Cité, le prix de revient du mètre carré a été de 0 fr. 46; le travail a été payé à forfait à l'entrepreneur 0 fr. 50 le mètre carré. Or le lavage et nettoyage au grès mouillé et à l'eau pure qui est payé 0 fr. 45 par mètre carré donne des résultats complètement insuffisants.

Pour les parties qui doivent être traitées préalablement par la chaleur ou la pâte caustique, on allouait à l'entrepreneur une plus value de 0 fr. 50, ce qui porte le prix du mètre carré à 1 fr. et à 1 fr. 20 lorsqu'il est nécessaire d'employer des échafaudages.

Les prix que l'on doit payer pour le bouchardage sur les tas des mêmes parements sont de 2 fr. et 2 fr. 55 sans échafaudages sur pierre dure de roche de Bagneux ou sur pierre dure de roche de Souppes et de 2 fr. 20 et 2 fr. 75 avec échafaudages.

Le procédé de Liebhaver permet ainsi de réaliser une économie de plus de moitié sur l'emploi de la boucharde.

(Annales des Ponts et chaussées.)

### Chronique Etrangère

**Les voies entièrement métalliques employées dans la construction des chemins de fer de l'Inde** (Exposition des inventions à Londres). — Nous reproduisons, d'après l'*Engineer*, plusieurs types de traverses et longrines métalliques employées dans l'établissement des chemins de fer de l'Inde.

La fig. 1 donne la vue perspective d'une traverse pour rails lourds à double champignon.

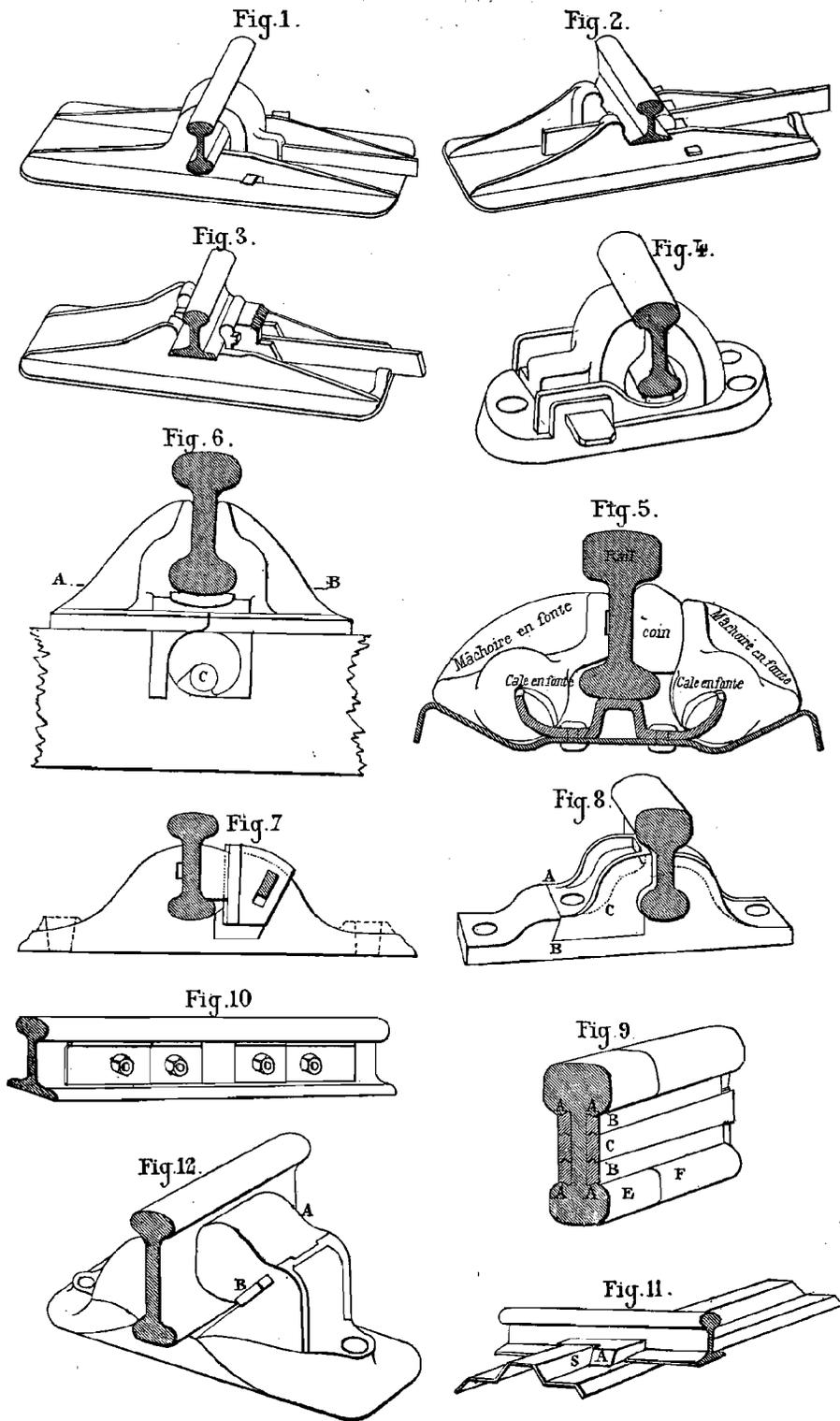
La fig. 2 donne la vue perspective d'une traverse de même genre pour rails à patin.

Enfin, la fig. 3 représente un type de traverse pour rails Vignole avec coin ou cale de serrage, et la fig. 4 un modèle de coussinet, du système Olphert.

Ces divers genres de traverses dont la base est plane, ainsi que le montrent les figures, se prêtent facilement au bourrage et peuvent être substitués sans aucune difficulté aux traverses en bois.

La voie établie par M. Mékarski, pour la traction au moyen de sa machine à air comprimé, avait été construite avec des traverses de ce modèle.

Un autre système de voie entièrement métallique, imaginé par M. Noltham, consiste dans l'emploi de longrines, représentées en coupe transversales par la fig. 5.



Le rail est posé sur le sommet d'une sorte de fer en U renversé et y est maintenu par des sortes de coussinets ou mâchoires montés sur les longrines sans le secours d'aucuns boulons, ce qui évite de percer des trous dans lesdites longrines.

On remarquera que, grâce à cette disposition, le champignon inférieur du rail repose sur une assise large; des coins en bois maintiennent le serrage du rail contre les joues des coussinets, et des clavettes ou cales en métal, de forme conique,

forcent ces coussinets à se maintenir dans leur position verticale.

Pour empêcher ces cales de se desserrer, on donne un coup de marteau sur le bord supérieur de la nervure de la longrine qui penche dans l'encoche du coussinet, ce qui produit un léger renflement de cette nervure et ce qui prévient tout mouvement des pièces assemblées, ainsi qu'il est facile de s'en rendre compte par la seule inspection du dessin.

Les coussinets ou mâchoires, ainsi que les clavettes, sont en fonte; quant aux longrines, elles sont en acier doux.

Le système permet de placer les coussinets à n'importe quel point de la longrine, ce qui est un avantage sérieux dans le cas de l'établissement de voies en courbe; de plus, le remplacement d'un coussinet peut se faire sur place, sans qu'il soit nécessaire de déplacer ni le rail, ni la longrine.

Pour maintenir l'écartement des deux files de longrines, on emploie des barres ou tirants portant à leurs extrémités une portion de longrine ayant un profil tel que cette pièce puisse s'emboîter exactement dans la longrine qui porte le rail, et que l'assemblage puisse se faire à l'aide d'une simple clavette, ce qui évite encore l'emploi des boulons.

Le seul outil nécessaire à la pose est donc un marteau.

Quant à l'assemblage des longrines, il se fait à l'aide d'une paire de mâchoires doubles dans laquelle pénètrent les deux extrémités des longrines à réunir; ces pièces sont disposées de façon à permettre le jeu nécessaire pour la dilatation. Ces longrines ont la même longueur que les rails, mais ce n'est pas là une condition indispensable, attendu que le joint des rails ne doit pas se trouver forcément au même point que celui des longrines.

Le poids par mille de longueur est de 100 tonnes pour les longrines et leurs tringles d'écartement et de 50 tonnes pour les coussinets et leurs clavettes de serrage.

La figure 6 représente le système de M. W. Hindson de Gateshead-sur-Tyne. Ce système consiste, comme on le voit, dans l'emploi de coussinets d'une forme particulière qui nécessite le percement d'une mortaise dans la traverse de bois qui les supporte.

Ce coussinet est formé de deux parties réunies inférieurement par une cheville ou charnière encastrée dans la traverse même, de sorte qu'elle sert à maintenir l'écartement de la voie.

Les deux parties du coussinet agissent sur le rail comme les deux mâchoires d'un étau et se rapprochent l'une de l'autre lorsqu'un train, en passant sur le rail, vient à exercer sur ce dernier un effort vertical du haut en bas.

La figure 7 représente une coupe transversale d'un coussinet à clavette imaginé par M. R. Robson de Low-Wortley, Leeds. Ce coussinet a une mâchoire mobile maintenue en place par une clavette. Le serrage du rail contre cette mâchoire mobile se fait à l'aide de coins en bois.

L'inventeur prétend que l'avantage que présente son système c'est que, lors même que la clavette est retirée ou arrachée par un déraillement, le rail reste intact; mais, ainsi que le fait remarquer l'auteur de l'article que nous analysons, cet avantage n'apparaît pas bien nettement.

La figure 8 représente la vue perspective d'une autre forme de coussinet due à MM. Kœling et Rigby. L'une des mâchoires du coussinet C est mobile et taillée en queue d'aronde, de sorte qu'elle fait l'office d'un coin et ne peut se déplacer. Pour plus de sûreté, on a percé ladite mâchoire d'un trou qui correspond à un trou semblable pratiqué dans l'embase du coussinet; dans ce trou on enfonce une cheville qui maintient, dans une position invariable, les deux portions du coussinet. La cheville ne peut être enfoncée qu'autant que la partie mobile se trouve parfaitement en place.

On a modifié ce système en intercalant entre la partie mobile et le rail un coin en bois, ce qui donne une plus grande flexibilité à l'ensemble.

Il est également intéressant de signaler un système d'éclissage de rails combiné en vue de supprimer entièrement les

boulons et les écrous ordinairement employés dans ce but. Ce système consiste, ainsi que le montre la figure 9, à intercaler entre les deux champignons du rail, trois clavettes, rainées sur leur tranche verticale, de façon à constituer un ensemble rigide. On s'est trouvé tout d'abord en présence d'une difficulté pratique assez sérieuse: c'était la dépense énorme qu'occasionnait la fabrication de ces clavettes rainées; mais on est parvenu à combiner une machine qui effectue ce travail dans de bonnes conditions.

Dans cette figure, la pièce centrale C est une clavette dont les deux faces latérales ont une inclinaison de 1/8 par pied, soit 1/8 par 0<sup>m</sup>,30 de longueur. On remarquera également que les champignons du rail doivent avoir une forme spéciale; ils présentent à la partie inférieure un renflement qui pénètre dans la rainure pratiquée dans les clavettes extrêmes. Toutes les pièces qui constituent cet assemblage sont laminées.

La figure 10 représente un système d'éclisses dû à M. Dixon et qui a reçu d'assez nombreuses applications. La platine d'éclisse est laminée et a un profil variable, de telle sorte qu'au milieu de sa longueur, c'est-à-dire à l'endroit où l'effort atteint sa plus grande intensité, la pièce ait également sa plus grande épaisseur.

Ce système se recommande par sa grande simplicité.

La traverse métallique de MM. J. et F. Howard (fig. 11), qui est également fort simple, se compose d'un fer profilé comme l'indique le dessin et qui pénètre dans une entaille pratiquée dans le rail.

L'assemblage de ce dernier avec la traverse se fait au moyen d'un coin ou cale A chassée au marteau.

Enfin, dans un nouveau modèle de coussinet présenté par M. Leadbeater, et représenté figure 12, nous remarquons que le coin en bois, généralement employé pour le maintien du rail, se trouve remplacé par un coin en fonte A. Une clavette en fer B permet d'effectuer un serrage énergique de ce coin contre le rail. L'une des extrémités de cette clavette est fendue; une fois qu'elle est enfoncée dans l'ouverture étroite ménagée entre le coin et le coussinet, on recourbe ces deux extrémités afin d'empêcher tout desserrage.

Dans ce système de voies, on supprime également les éclisses boulonnées employées dans les poses de voie ordinaires pour l'assemblage des rails, et on les remplace par des coussinets de joint semblables au précédent, mais ayant une longueur double. Ces coussinets de joint portent deux broches ou tenons qui pénètrent dans des trous percés dans l'âme des rails, de façon à empêcher tout déplacement du coussinet.

L'inventeur de ce système prétend réaliser une notable économie sur les frais d'établissement des voies construites avec rails à double champignon avec coussinets du modèle ordinaire et avec coins en bois. Le mode de fixation des rails a été essayé sur la Compagnie du Great Northern.

(Engineer.)

**Observations sur les expériences faites en vue de déterminer les conditions à observer pour obtenir un bon rivetage.** — Au mois de mai dernier, M. le professeur Kennedy a lu à l'Institut des Ingénieurs civils de Londres un mémoire intéressant sur de nombreuses expériences faites dans le but de déterminer la façon dont se comportent les divers assemblages par rivure. Bien que ces travaux de recherches ne soient pas encore entièrement terminés, ils offrent cependant déjà un grand intérêt parce qu'ils permettent de tirer plusieurs conclusions pratiques importantes.

Ainsi M. Kennedy indique les faits suivants :

On assemble de la tôle d'acier douce avec des rivets en acier. On mesure exactement l'épaisseur des plaques, leur longueur, leur largeur, etc., on évalue la surface de contact du rivet avec celle de la plaque, c'est-à-dire la surface de cisaillement, on fit plusieurs essais sur ces pièces ainsi assemblées et on trouva :

1° Que le métal, entre les trous de rivure, présente par unité

de section une résistance relativement plus grande contre le déchirement que la tôle primitive non percée. Ce surcroît de résistance est d'environ 20 0/0 pour les plaques de 9,5 millimètres et de 19 millimètres d'épaisseur, assemblées avec des rivets distants l'un de l'autre de 1,9 fois le diamètre du rivet.

Avec des plaques de 9,5 millimètres d'épaisseur assemblées avec des rivets distants de 2 fois leur diamètre, le surcroît de résistance est de 15 0/0; enfin l'augmentation de résistance descend à 10 0/0 et à 6,6 0/0 lorsque l'écartement des rivets est de 3,6 ou 3,9 fois leur diamètre.

Au contraire, lorsqu'il s'agit de plaques de 19 millimètres d'épaisseur assemblées avec des rivets distants les uns des autres de 2,8 fois leur diamètre, on obtient une augmentation de résistance aux efforts de traction de 7,8 0/0.

2° La grosseur des têtes et la surface d'appui ou de serrage des rivets jouent un grand rôle au point de vue de la résistance de l'assemblage, surtout dans le cas d'une rivure simple. Une augmentation de 1/3 environ du poids des rivets (augmentation de poids s'appliquant aux têtes seules) a produit un surcroît de résistance de l'assemblage d'environ 8,5 0/0. Ces résultats sont probablement dus à ce que les rivets à têtes plus fortes subissent un effort de traction relativement moins grand.

3° L'assemblage est tout aussi solide, que la couture soit parallèle ou perpendiculaire au sens du laminage de la tôle.

4° La pression exercée par le serrage de la tige du rivet contre la paroi du trou dans lequel passe cette tige, a une influence énorme sur la solidité de l'assemblage.

Pour des assemblages ordinaires, c'est-à-dire lorsqu'il s'agit de réunir des plaques de tôle avec des rivets de mêmes dimensions, cette pression ne doit pas dépasser 6,800 à 7,000 kil. par centimètre carré, une pression plus forte affaiblirait l'assemblage. Dans le calcul de la surface de contact, il faut faire entrer en ligne de compte la projection des rivets, c'est-à-dire l'épaisseur de la plaque multipliée par le diamètre du rivet.

5° Il suffit de laisser entre le bord extérieur du trou du rivet et le bord de la plaque une distance égale au diamètre de ce trou.

6° Pour obtenir un assemblage présentant la plus grande solidité possible, il faut étudier pour les rivets une répartition telle qu'on n'ait pas à craindre une déchirure des plaques en zigzag; c'est ce que l'on réalise en disposant les rivets en quinconce, de façon que le centre des têtes de ces rivets forment les sommets de triangles isocèles. La longueur du côté de ces triangles, autrement dit la distance des deux rivets d'axe en axe, est donnée par la formule :  $t = 2/3 t + 1/3 d$  dans laquelle  $t$  est la longueur de la base du triangle,  $t$  la largeur de l'un des côtés égaux et  $d$  le diamètre du rivet.

7° Lorsqu'il se produit un déplacement dans un assemblage par rivets c'est toujours sous l'influence d'une charge inférieure à la charge de rupture et dont la grandeur ne dépend nullement de celle-ci. Des expériences faites avec soin ont montré qu'il faut chercher la cause de ce déplacement dans le nombre et les dimensions des rivets. Voici les résultats de plusieurs expériences faites à ce sujet :

Diamètre des rivets.	Genre d'assemblage.	Charge de glissement des rivets. tonnes.	Observations.
10 millimètres.	Rivure simple	2,5	Rivetage à la main.
—	Rivure double.	3 à 3,5	—
—	—	7	Rivetage à la machine.
25 millimètres.	Rivure simple.	3,2	Rivetage à la main.
—	Rivure double	4,3	—
—	—	8 à 10	—

Pour connaître la charge approximative sous laquelle un assemblage commence à glisser, (quelle que soit la largeur des bandes rivées) on n'a qu'à multiplier le nombre des rivets de la bande en question avec la charge de glissement inscrite dans le tableau ci-dessus.

On a constaté également que, longtemps avant qu'il se produise des efforts de tension suffisants pour amener un allongement des bandes de fer assemblées, les rivets subissaient un cisaillement assez notable. Le déplacement apparent de l'assemblage doit être attribué uniquement à cet effort de cisaillement. Aussi, en serrant plus énergiquement l'une contre l'autre les deux tôles (ce qui s'obtient par exemple en employant le rivetage hydraulique), on diminue l'effort de cisaillement et on s'oppose par suite au glissement des parties à assembler. C'est ce qui a été constaté expérimentalement, et à ce sujet il est intéressant de reproduire les résultats d'une série d'expériences faites dans le but de connaître le déplacement de deux plaques de fer assemblées avec des chevilles en acier faites au tour, lorsqu'on soumettait ces plaques à des efforts de glissement ou de cisaillement de plus en plus grands.

Les chevilles en question qui remplaçaient les rivets avaient 25 mm de diamètre.

Charges de cisaillement en kil. par cent. carré.	447	894	1341	1783	2235	2682	3129	3576	4400
Déplacements mesurés en millim.	0,25	0,56	0,86	1,40	2	2,87	4,27	6,15	rupture.

Il est bien évident que le déplacement des deux plaques de fer n'aurait commencé à se produire que sous des efforts plus grands que ceux indiqués ci-dessus, si ces plaques au lieu d'être assemblées par de simples chevilles avaient été rivées et avaient été, par conséquent, fortement pressées l'une contre l'autre.

8° L'avantage que présente le rivetage à la machine sur un bon rivetage fait à la main, c'est que dans le premier cas on peut doubler la charge qui commence à produire le glissement des deux parties assemblées. Quant à la charge qui produit la rupture, elle est la même dans les deux cas.

9° Les expériences qui ont été faites ont permis de formuler des règles très simples qu'il faut suivre afin d'arriver à obtenir un assemblage par rivure offrant le maximum de résistance.

En admettant qu'on puisse prendre comme type une pression superficielle de 6,800 kilog. par centimètre carré et que le surcroît de résistance à la traction réalisée par le perçage des plaques, soit de 10 0/0, on obtient les valeurs suivantes pour le rapport qui doit exister d'une part entre le diamètre du trou  $d$  et l'épaisseur  $\delta$  de la tôle, et, d'autre part, entre la répartition  $t$  et le diamètre  $d$  du trou, lorsqu'il s'agit de réaliser un assemblage aussi solide que possible avec des tôles de 9 mm,5 d'épaisseur et avec un rivetage simple.

Résistance offerte à la traction par les plaques.	Résistance offerte au cisaillement des rivets.	Rapports $\frac{t}{\delta}$ et $\frac{t}{d}$		Rapport existant entre l'épaisseur de la tôle et le diamètre des rivets.
4.700 k. par cent.²	3.460 k. par cent.²	2,43	2,30	0,667
4.400 —	3.460 —	2,48	2,40	0,785
3.700 —	3.770 —	2,28	2,27	0,713
4.400 —	3.770 —	2,28	2,36	0,690

On voit qu'en moyenne le trou de rivet doit être égal à 2 fois 1/3 l'épaisseur de la tôle et que la distance d'axe en axe des rivets (répartition  $t$ ) doit être égale à 2 fois 3/8 le diamètre des trous. Enfin, la section de la tôle représentera les 71 0/0 de celle des rivets.

Si on employait des rivets de plus petite dimension que ceux dont il est question ci-dessus, l'assemblage n'aurait pas la solidité maxima; cependant avec des rivets ayant des dimensions quelconques, on se place dans les meilleures conditions possibles en calculant la distance d'axe en axe de ces rivets à l'aide de la formule :

$$t = \alpha \frac{d^2}{\delta} + d$$

dans laquelle  $d$  est le diamètre du trou,  $\delta$  l'épaisseur de la tôle,  $\alpha$  est un coefficient égal à  $\alpha = 0,56$ .

Dans le cas d'un rivetage double, le rapport  $\frac{d}{\delta}$  doit rester celui indiqué dans le tableau ci-dessus, mais par contre le rapport  $\frac{t}{d}$  doit varier de 3,6 à 3,8.

Cependant, si on voulait appliquer complètement les règles qui viennent d'être énoncées on serait conduit à donner aux rivets des dimensions incommodes; en pratique on les fait donc le plus grand possible et on obtient une grande solidité en calculant leur distance d'axe en axe ou leur répartition d'après la formule :

$$t = \beta \frac{d^2}{\delta} + d$$

dans laquelle la constante  $\beta$  a les valeurs suivantes pour des variations de  $\delta$  comprises entre 0<sup>mm</sup>,5 et 19<sup>mm</sup>.

Résistance des plaques en kil. par cent. carré.	Résistance au cisaillement des rivets en kil. par cent. carré.	Valeurs de $\beta$
4.700	3.770	1.16
4.400	3.460	1.16
4.700	8.460	1.06
4.400	3.770	1.24

Dans le cas de rivetage à double couvrejoint, il est possible d'utiliser la résistance complète des rivets au cisaillement sans augmenter outre mesure la pression. Dans ce cas, si on prend 7,000 kil. par centimètre carré comme valeur maximum de la pression, on trouve qu'on obtiendra une résistance maxima en faisant  $d = 1,8 \delta$  et  $t = 4,1 d$ .

(Schweizerische Bauzeitung.)

**Traitement antiseptique du bois.** — La question de conservation des bois et les moyens pour assurer autant que possible la durée de ces matériaux préoccupe à juste titre les ingénieurs; aussi M. Samuel Bagster Boulton, membre de la Société des Ingénieurs civils anglais, a-t-il cru utile de faire paraître à ce sujet dans le Bulletin de la Société une étude complète que nous résumons ci-dessous.

Ainsi que le fait remarquer l'auteur, la question de la conservation des bois a pris surtout une grande importance au moment où l'on a construit les voies ferrées; il fallait trouver, en effet, des moyens pratiques d'empêcher la détérioration rapide des traverses sur lesquelles on fixe les rails.

Les premiers antiseptiques employés dans ce but furent le sublimé corrosif, le sulfate de cuivre, le chlorure de zinc, puis l'huile lourde de goudron appelée créosote.

Le sublimé corrosif ou bichlorure de mercure dont on faisait déjà usage en 1705 pour préserver le bois de l'attaque des vers ou des insectes fut employé tout à tour en Allemagne et en Angleterre pour injecter les bois qui plongent dans l'eau de mer et qui sont détériorés par les vers. Mais dans ce cas particulier, les résultats ne furent pas satisfaisants; d'ailleurs, le sublimé corrosif est dangereux à manier. Lorsqu'on emploie ce produit à la conservation des bois qui doivent rester secs, on obtient de meilleurs résultats.

Le sulfate de cuivre et les autres sels de cuivre, tels que l'acétate de cuivre, ont été essayés dès l'année 1767; on les emploie encore en France, mais dans une proportion beaucoup moins grande qu'autrefois pour l'injection des traverses et des poteaux télégraphiques.

Le premier essai que l'on fit du chlorure de zinc date de 1815; cette substance possède des propriétés antiseptiques très grandes, mais elle ne produit pas beaucoup d'effet pour la préservation des bois à cause de sa grande solubilité dans l'eau. Elle a été abandonnée en France; mais on l'emploie encore en Hollande et en Allemagne.

La créosote a été essayée pour la première fois en 1756 tant en Angleterre qu'en Amérique; on injectait les bois avec des goudrons végétaux ou avec des extraits de cette substance. Ce n'est qu'en 1836 que François Moll prit un brevet pour l'injec-

tion des bois avec du goudron de houille, d'abord dans des vases clos à l'état de vapeur, puis à l'état liquide après avoir été porté à la température à laquelle ce liquide entre en ébullition.

On employait alors deux sortes de goudrons: une huile plus légère que l'eau et la créosote ou huile plus lourde que l'eau. Pour faciliter l'opération de l'injection et l'absorption de la créosote, on commençait par traiter les bois par l'huile légère, mais on reconnut que cette méthode était très coûteuse et impraticable à cause de la grande volatilité des huiles légères.

La méthode fut rendue plus pratique par John Berthell qui prit un brevet en 1836 pour le traitement des bois par un antiseptique composé d'un mélange de substances oléagineuses, bitumineuses et de sels métalliques.

Le nom de créosotage donné à l'opération n'est pas exact, attendu que dans la substance antiseptique il n'existe pas de créosote, laquelle est le produit de la distillation du bois, mais du phénol (acide carbolique) extrait du goudron de houille, et que l'on identifie, comme substance antiseptique, avec la créosote.

En 1846, Charles Payne prit un brevet pour une nouvelle méthode de préservation des bois, consistant à injecter d'abord le bois avec du sulfure de baryum ou de calcium et ensuite avec du sulfate de fer, de façon à remplir les pores du bois d'un sel insoluble de baryum.

Cette méthode qui fut expérimentée en France et en Angleterre ne donna pas de bons résultats et fut par suite abandonnée.

Ainsi donc depuis l'année 1853 on employait concurremment les méthodes ci-dessus énumérées, c'est-à-dire l'injection au sublimé corrosif, au sulfate de cuivre, au chlorure de zinc et enfin à la créosote.

Une expérience d'une quinzaine d'années démontra la supériorité de ce dernier antiseptique, aussi l'emploie-t-on aujourd'hui de préférence aux autres dans la plupart des pays. En Angleterre notamment on en fait un usage exclusif.

En France l'emploi de la créosote mit plus de temps à se généraliser et cela pour deux motifs: le premier c'est qu'il était difficile de se procurer de la créosote; et le second, c'est que l'emploi du sulfate de cuivre était regardé comme très efficace. Ce n'est qu'en 1861 ou 1867 que M. Payen ayant démontré que l'on pouvait enlever, totalement le sulfate de cuivre injecté, on changea d'opinion et on se mit à employer la créosote.

Voici maintenant quelques détails sur la production de cette matière et sur ses propriétés générales.

En distillant de la houille on obtient quatre sortes de produits: le gaz d'éclairage, les eaux ammoniacales, le goudron et le coke.

Les sous-produits de la fabrication du gaz (eaux ammoniacales et goudron) sont traités à part; on en extrait par distillation certains produits dont il est inutile de donner ici la nomenclature. Cette distillation se fait soit à feu nu, soit dans le vide, à une température variant de 180° à 170° Fahrenheit. Le liquide contenu dans la chaudière se sépare alors en plusieurs couches, de densités différentes, et on obtient finalement trois sortes de produits; savoir, des huiles légères, de l'huile de naphte impure, et des huiles lourdes. Il reste dans la chaudière de distillation de la poix ou brai qui se solidifie par le refroidissement.

Ce sont les huiles lourdes qui constituent ce que l'on appelle la créosote; ce sont des mélanges de substances liquides et à moitié solides dont les propriétés varient avec leur composition. Ces huiles lourdes peuvent encore être décomposées en huiles de volatilité différente par des opérations ultérieures.

La raison pour laquelle on n'emploie pas directement les huiles mères, c'est qu'elles contiennent des huiles légères qui ne jouent pas de rôle utile et des substances solides telles que la poix qui, en pénétrant dans les pores du bois, s'opposerait à l'introduction de l'antiseptique.

Ces huiles lourdes peuvent se diviser en trois catégories suivant les matières premières d'où elles ont été extraites : ainsi, en Angleterre on distingue les huiles provenant de la distillation des houilles du district de Newcastle, ce sont les meilleures, elles ont, en effet, une grande fixité ; les huiles extraites des houilles provenant des districts intérieurs, qui sont de moins bonne qualité, elles sont, en effet, plus volatiles que les précédentes et on les appelle huiles d'Angleterre, enfin, les huiles d'Ecosse qui étant légères et volatiles jouissent cependant d'une certaine renommée.

Pour obtenir un antiseptique de bonne qualité qui, introduit dans les pores du bois, le rende impénétrable à l'eau, on mélange quelquefois les trois sortes d'huiles ci-dessus énumérées.

Les premières applications du créosotage ont été faites pour l'injection des traverses destinées aux chemins de fer de l'Inde ; les traverses non créosotées étaient, en effet, rapidement attaquées par les insectes. Pendant de longues années on exportait les traverses toutes préparées ; on trouvait plus économique d'opérer ainsi plutôt que d'injecter sur place les bois indigènes. Ces traverses étaient toutes fournies par les ports de la Belgique.

Pendant les quatre premières années on employa du bois blanc, mais il se fendillait sous le climat des Indes et on lui substitua ensuite du bois rouge. Maintenant on choisit les bois avec le plus grand soin et on emploie les huiles d'Angleterre qui, étant plus légères, renferment moins de matières solides et ne salissent pas les traverses. Les parties les plus légères des huiles renferment, en effet, la plus grande proportion d'acide phénique, et c'est à cet acide que l'on attribue tout le pouvoir antiseptique des huiles.

M. Ch. Coisne, ingénieur belge, a entrepris de 1866 à 1870 une série d'expériences ayant pour but de déterminer exactement quelles étaient les huiles les meilleures pour l'injection des traverses. Il prit divers échantillons de créosote en Angleterre, en Ecosse, en Belgique et en France. Ces échantillons contenaient 15, 8 et 7 0/0 de goudrons acides.

Il essaya également une huile très lourde, préparée spécialement et ne contenant pas de goudrons acides. C'est avec cette huile qu'on a obtenu les résultats les plus satisfaisants.

Voici d'ailleurs comment se faisaient les essais :

On prenait plusieurs doses de chaque échantillon et on faisait tremper dans ces liquides des copeaux de bois.

Les essais furent faits : 1° avec de la créosote telle qu'elle était livrée par l'usine ; 2° avec de la créosote additionnée de goudrons acides ; 3° avec de la créosote additionnée d'huiles lourdes et portée à une température supérieure à 320° centigrades ; 4° avec de la créosote de différentes densités.

Tous les copeaux saturés ou non furent placés le 10 novembre 1866 dans des pourrissoirs et ne furent retirés que le 16 novembre 1870.

On constata que les meilleurs résultats avaient été obtenus avec les huiles lourdes ; les copeaux imbibés de goudrons acides s'étaient pourris beaucoup plus rapidement. On remarqua aussi que les copeaux qui n'étaient pas entièrement saturés s'étaient décomposés plus facilement que les autres.

D'après M. Coisne, les substances les plus avantageuses pour l'injection des bois sont les huiles vertes qui distillent à de hautes températures.

Les résultats de ces expériences reçurent en Belgique une consécration officielle. Depuis qu'elles ont été faites, on injecte en effet les traverses de chemins de fer avec de la créosote dont les 2/3 sont obtenus par la distillation à une température supérieure à 250 degrés centigrades et dont le dernier tiers distille à une température supérieure à 200 degrés.

Les résultats que nous venons de signaler sont, comme on le voit, en complète contradiction avec les idées admises jusqu'alors, c'est-à-dire que la propriété antiseptique des huiles ne serait pas due à la présence de goudrons acides et cependant on ne peut nier que ces goudrons n'empêchent le bois de se décomposer.

On peut expliquer cette contradiction apparente en observant que l'acide phénique qui est le désinfectant par excellence, et qui est contenu dans les goudrons, est volatil à la température ordinaire et soluble dans l'eau.

Il en résulte que si on l'emploie pour l'injection des traverses, il se trouve rapidement éliminé et n'a plus dès lors sur le bois d'effet utile.

C'est, en effet, ce qui paraît démontré par les expériences faites par M. Coisne, en 1867, sur des traverses injectées et en service depuis dix-huit à vingt ans. En les découpant et en analysant les antiseptiques qui y étaient encore contenus, on ne trouva pas trace de goudrons acides, mais bien de la naphthaline, huile qui ne commence à distiller qu'à 230° centigrades.

En continuant les essais sur des traverses fournies par des Compagnies anglaises, et qui étaient en service depuis seize à trente-deux ans, ainsi que sur des pieux créosotés provenant des docks Victoria, lesquels avaient été battus en 1855 et avaient ainsi séjourné dans l'eau pendant trente ans, on a pu constater les faits suivants :

1° Il ne restait dans ces bois aucune trace de goudrons acides.

2° Dans quatorze échantillons sur dix-sept examinés, on trouva encore les parties semi-solides des huiles de goudron ; dans douze de ces échantillons on constata la présence de naphthaline souvent en quantité considérable.

3° On ne trouva qu'une faible proportion d'huiles distillant à une température inférieure à 450° Fahrenheit. Dans la plupart des cas, les 60 à 75 0/0 des substances retenues entre les fibres du bois ne distillaient pas à une température inférieure à 600° Fahrenheit.

De toutes ces observations, il faut conclure que la conservation des bois doit être attribuée à la présence des parties denses et solides des huiles de goudron, les parties légères de ces huiles ayant été entraînées.

Enfin, citons encore les expériences de M. Meymott Tidy, qui, ayant injecté des bois avec de la naphthaline et les ayant ensuite chauffés à 150° Fahrenheit, constata qu'il se produisait une évaporation superficielle qui cessa au bout de quarante-huit heures ; la naphthaline qui avait pénétré entre les fibres du bois, à l'intérieur, y séjournait. On doit conclure de là que la naphthaline, qui est un antiseptique moins efficace que les phénols, présente cependant sur ces derniers l'avantage de la durée et de la fixité.

Dans les huiles vertes, qui distillent entre 550 et 250° Fahrenheit, se trouvent des corps dont on ne connaît pas encore exactement les propriétés, mais qui possèdent un grand pouvoir comme antiseptiques, à cause de leur volatilité à une très haute température.

Ainsi donc, loin de rejeter les huiles acides, il convient d'encourager l'emploi du mélange d'huiles lourdes de Londres et d'huiles plus légères provenant des autres districts d'Angleterre. Il faut exiger que la créosote employée à l'injection des traverses contienne 25 0/0 d'huiles lourdes, parce que ces huiles renferment des principes qui, en se solidifiant entre les fibres du bois, remplissent les pores de ces matériaux et qui ne peuvent se volatiliser qu'à une haute température.

L'auteur de la note que nous analysons donne ensuite quelques détails intéressants sur les différents procédés successivement employés pour l'injection des bois. Au début, on se contentait d'appliquer les antiseptiques à la surface même du bois, en badigeonnant ce bois avec une brosse ; on plaça ensuite les bois dans une série de cuves en gradins, dans lesquelles on versait le liquide froid ou chaud. En 1831, M. Bréant améliora beaucoup le procédé en employant le vide et la pression pour l'injection des traverses, qui étaient placées, à cet effet, dans un cylindre métallique hermétiquement clos.

Plus tard, on a fait des cylindres de grandes dimensions, que l'on chauffait à l'aide d'un appareil spécial. Ces cylindres étant construits en fer forgé, ne pouvaient être employés que pour l'injection d'antiseptiques n'ayant aucune action corrosive sur ce métal, tels, par exemple, que la créosote et le chlorure de

zinc. Lorsqu'on injectait les bois avec du sublimé corrosif ou avec d'autres substances corrosives, on employait des cylindres enduits intérieurement de poix ou encore des cylindres métalliques doublés de cylindres de bois.

La Compagnie du Midi s'est servi d'un appareil de créosotage entièrement en cuivre.

En France, on a beaucoup employé le procédé Boucherie qui consiste à injecter les troncs d'arbre récemment abattus en fixant à l'une de leurs extrémités un tuyau qui amène le sulfate de cuivre contenu dans un réservoir placé à 9 ou 10 mètres de hauteur. Le sulfate de cuivre, en pénétrant dans le bois, chasse devant lui la sève de l'aubier et prend sa place.

On a essayé, mais sans succès, d'exposer les bois à l'action des vapeurs d'huiles de goudron à la pression ordinaire ou sans pression; mais, outre plusieurs inconvénients, ce système en présente un qui est des plus graves. C'est que les vapeurs ne se produisent qu'à des températures fort élevées, températures auxquelles les bois commencent à se décomposer. On a donc dû renoncer à ce système.

Dans le but d'économiser la créosote, la Compagnie de l'Ouest avait essayé d'injecter les bois avec un mélange de vapeur surchauffée et de créosote. La température de ce mélange atteignait 200 à 320° Fahrenheit, on terminait ensuite l'opération en mettant les bois au contact de la créosote liquide. Mais après plusieurs essais, on constata que l'injection se faisait très irrégulièrement et que les bois étaient surtout traversés par la vapeur et dans une bien moins grande proportion par la créosote. Cette dernière substance s'accumulait au fond du cylindre. Ce procédé a donc été abandonné.

En terminant cette étude sommaire, M. Bagster Boulton fait remarquer que la condition essentielle de la réussite de l'opération, surtout pour le créosotage, est de dessécher les bois avant de les soumettre à l'injection; on les débarrasse de leur humidité, soit en les laissant empilés pendant un certain laps de temps, soit en les desséchant artificiellement.

La matière fibreuse du bois est plus lourde que l'eau, sa densité est en moyenne de 1,5, c'est donc la présence des vides plus ou moins considérables qui existent entre les fibres qui donne au bois sa légèreté; c'est grâce à eux que la densité de cette substance varie de 0,5 à 0,8, suivant la proportion d'humidité qu'ils contiennent. Or, l'absorption de l'humidité est telle, pour certaines essences de bois, que les essences dont il est question pèsent plus que l'eau. Cette eau d'absorption ne s'en va que très difficilement. Ainsi, du bois de pin empilé pendant deux ou trois ans renferme encore 15 à 20 0/0 d'eau.

On a employé plusieurs moyens pour arriver à faire disparaître cette humidité; on a soumis les bois à l'action de la vapeur surchauffée, à l'action de l'air chaud; on les a fait séjourner dans des étuves ou dans des fours; mais tous ces moyens altèrent malheureusement la qualité des bois. Si maintenant on place les bois humides dans un espace où l'on fait le vide, il n'y a que l'air qui s'échappe, l'humidité reste.

Aujourd'hui, on emploie le procédé suivant qui offre le grand avantage de ne pas altérer la qualité des bois: Au-dessous du bois à injecter, on place la créosote dont le point d'ébullition varie entre 380 et 760° Fahrenheit, puis on fait le vide, ce qui a pour effet d'abaisser le point d'ébullition à 212° Fahrenheit ou 100° centigrades, c'est à-dire au degré d'ébullition de l'eau. On évite ainsi de soumettre les bois à une température à laquelle ils se décomposeraient. En faisant le vide, non seulement la créosote se vaporise, mais encore l'air contenu dans les cellules ligneuses se trouve aspiré et entraîne avec lui l'humidité, parce que cette eau étant portée à la température de 100° centigrades, se comporte comme un gaz. Au fur et à mesure que le vide se fait entre les cellules ligneuses, il est comblé par les vapeurs de créosote et l'injection se fait ainsi régulièrement et complètement.

Grâce à ce procédé, on peut injecter des traverses, quel que soit leur degré d'humidité. L'opération est un peu plus longue que lorsqu'on emploie des bois secs, mais par contre elle est

beaucoup moins coûteuse que si on était forcé de procéder préalablement à une dessiccation dans des étuves ou dans des fours.

**Construction des murs de soutènement.** — Nous avons déjà décrit, dans un de nos derniers numéros, un système de construction mixte, en fer et briques, pour maintenir les berges escarpées.

Voici comment on a appliqué cette même méthode à la construction d'un mur de soutènement.

On s'est servi d'étais métalliques, que l'on a réunis par des murs en maçonnerie terminés par des voûtes en arc.

La hauteur du terrain à soutenir, par les murs en question, variait de 1<sup>m</sup>,90 à 2<sup>m</sup>,60.

Au niveau de la route on a installé, derrière chaque étau métallique, une plaque d'ancrage en fonte de 1 centimètre d'épaisseur, reliée à l'étau (qui est constitué par un fer à I de 0<sup>m</sup>,125 de hauteur) par un fer cornière horizontale et deux ancres consistant en deux barres de fer rond de 3 centimètres de diamètre. Toutes ces pièces métalliques sont rivées. Au pied de chaque étau, on a fixé une plaque carrée de 0<sup>m</sup>,40 de côté. Chaque fer à I fait saillie en dehors du mur de 20 centimètres environ, afin qu'on puisse y fixer les montants d'une balustrade.

Les dessins (fig. 1 et 2) permettent de se rendre un compte exact de ce mode de construction. Le mur de soutènement a 52 mètres de longueur

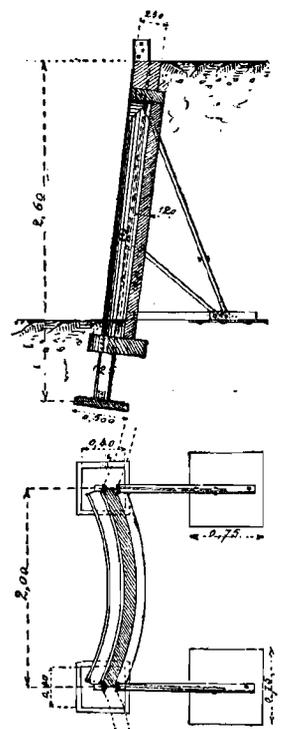


Fig. 1 et 2. — Coupe longitudinale et vue en plan du mur de soutènement en fer et briques.

(Centralblatt der Bauverwaltung.)

**Travaux maritimes : extraction de roches sous-marines et construction d'un mur de quai, dans le port de Blyth (Angleterre).** — Le port de Blyth, qui était autrefois très fréquenté par les voiliers qui font le transport des houilles du district de Northumberland, avait perdu beaucoup de son importance depuis que les bateaux à voiles ont été remplacés par des bateaux à vapeur, attendu que ces derniers n'y trouvaient pas des installations suffisantes.

Dans le but de rendre au port son ancienne prospérité, on entreprit de 1881 à 1884 des travaux importants qui présentent un certain intérêt au point de vue technique.

On a d'abord creusé un nouveau chenal d'entrée et on a été obligé de faire sauter un immense bloc de roche qui était un obstacle sérieux pour les opérations de dragage.

Ce récif présentait en plan la forme d'un segment de cercle irrégulier dont la corde se trouvait coïncider avec l'alignement de l'ancien mur de quai et il avait un cube considérable.

On commença par creuser des trous de mine dans la roche, on les remplit de substances explosibles et on enleva les débris de l'explosion au moyen de dragues.

Le forage des trous de mine se fit à la main; les ouvriers mineurs étaient placés sur des radeaux ou pontons flottants de 7<sup>m</sup>,50 de longueur sur 3<sup>m</sup>,90 de largeur, construits avec des madriers de sapin jaune recouverts d'un plancher. Les trous de mine avaient 0<sup>m</sup>,071 de diamètre, les forets étaient montés à l'extrémité de tiges rondes de 0<sup>m</sup>,03 de diamètre composées de bouts

vissés les uns avec les autres. Ces tiges étaient introduites dans des tubes de 0<sup>m</sup>,075 de diamètre que l'on descendait au fond de la rivière et que l'on enfonçait dans le sol. Cette précaution avait été prise pour empêcher le sable d'entrer dans les trous. On a pu ainsi charger directement ces trous du ponton même, sans être obligé de faire descendre un plongeur. Quatre hommes étaient employés à la manœuvre de chaque foret, l'avancement de l'outil était de 0<sup>m</sup>,30 par heure et la dépense se monta à 1 fr. 25 pour chaque 0<sup>m</sup>,30 de profondeur, soit 4 fr. 166 par mètre.

On ne travailla d'abord qu'à marée basse ce qui obligeait à des opérations de nuit, mais on s'aperçut bientôt que le travail pouvait aussi bien s'effectuer à marée haute, on supprima alors les travaux de nuit qui étaient fort coûteux et incommodes.

Les sondages permirent de constater que la couche rocheuse était tendre, on espéra alors pouvoir disloquer tout le bloc d'un seul coup avec une charge de poudre à canon, seulement comme les débris de l'explosion devaient être enlevés à la drague et que cette drague était de petites dimensions, on résolut de scinder l'opération et d'enlever d'abord une couche de roches de 2<sup>m</sup>,70 d'épaisseur et de procéder en deuxième lieu à l'approfondissement jusqu'à la cote 7<sup>m</sup>,50 au-dessous du niveau des basses eaux. On décida enfin de remplacer la poudre à canon par un explosif plus puissant.

Les trous de mine écartés les uns des autres de 2<sup>m</sup>,70, furent disposés sur plusieurs rangées distantes également de 2<sup>m</sup>,70; au centre de chaque carré formé par l'ensemble de quatre trous de mines on perça un trou supplémentaire de sorte que l'intervalle existant entre deux trous consécutifs se trouva ainsi réduit à 1<sup>m</sup>,875.

On donna aux trous percés pour l'attaque de la première assise rocheuse une profondeur de 3<sup>m</sup>,25 au-dessous du niveau des basses eaux et ceux qui servaient à désagréger l'assise inférieure furent forés jusqu'à 0<sup>m</sup>,15 au-dessous du niveau auquel on voulait descendre le fond.

On chargea les mines avec des explosifs de différentes natures. La poudre à canon employée tout d'abord ne donna pas de résultats satisfaisants; on fut obligé d'avoir recours à de la dynamite n° 1, puis à de la gélatine explosible. On essaya aussi le lithofracteur; mais on le trouva de qualité inférieure à la dynamite, et surtout à la gélatine qui produisit les effets les plus brisants.

Cette gélatine se composait de 93 parties de nitroglycérine combinées avec 7 parties de coton-poudre. Les charges étaient enfermées dans des boîtes en étain ou en fer blanc étanches de 0<sup>m</sup>,05 de diamètre fermées à la partie supérieure par des bouchons de bois qui pénétraient dans la boîte de 0<sup>m</sup>,05.

Le feu était donné par des mèches Bickford à double enveloppe en gutta-percha et par des amorces. On ne fut pas obligé de bourrer la charge, la couche d'eau qui recouvrait celle-ci produisant sur elle une pression suffisante.

Après l'explosion les fragments de roche furent enlevés avec une drague et chargés dans des chalands à trémic qui transportaient ces déblais à 3 milles en mer. Cette drague était à godets du type ordinaire; elle enlevait 90 tonnes par heure lorsqu'elle travaillait dans le limon ou dans le sable, mais dans le cas considéré, c'est-à-dire lorsqu'il s'agissait d'extraire des fragments de rochers, le rendement n'était plus que de 6 tonnes environ. On employa aussi une cuillère de Priestmann pour l'enlèvement des gros blocs dont quelques uns atteignaient le poids de 1 à 2 tonnes.

Comme le fond présentait certaines inégalités, on dut, pour le régaler, faire descendre un plongeur qui opérait au moyen de cartouches de dynamite.

On enleva un cube total de rochers de 24.500 yards cubes, soit 18.730<sup>m</sup>,25 en même temps qu'une grande quantité de limon et de sable entraînés par la rivière.

Le nombre de trous de mines auxquels on a mis le feu a dépassé 4.500; ces trous avaient 0<sup>m</sup>,071 de diamètre. On a employé 20.915 livres d'explosif, soit 9.487 kilogrammes, ce qui donne en moyenne 0 liv., 853 ou 0<sup>m</sup>,387 par yard cube de roche enlevée,

ou, en réduisant tout en unités françaises, 0<sup>m</sup>,50 environ par mètre cube de roche extraite.

Si du poids total d'explosif ci-dessus indiqué, on défalque le poids de poudre à canon, il reste pour la nitroglycérine et les autres explosifs, 0 liv., 482 par yard cube ou 0<sup>m</sup>,280 par mètre cube.

Le coût de l'extraction a été dans le premier cas, c'est-à-dire en tenant compte de la quantité totale d'explosifs employés de 1 schelling 4 pence (1 fr. 50) par yard cube, y compris les mèches et les boîtes renfermant la charge, et dans le second cas, c'est-à-dire pour la nitroglycérine et autres explosifs de 1 schelling 2 pence (1 fr. 145) par yard cube.

On a dépensé pour le forage et le chargement des mines, par yard cube, 1 schelling 9 pence, soit 2 fr. 40, ce qui donne un prix total de 3 schellings 1 penny, soit 3 fr. 85 par yard cube ou 5 francs par mètre cube environ.

Le yard cube (0<sup>m</sup>,7645) de dragage a coûté 3 schellings (3 fr. 75) y compris les frais de réparations et de remplacement des pièces, mais non compris les frais d'installation du chantier de dragage: ces prix font ressortir le mètre cube dragué à 4 fr. 90. On arrive ainsi à un total d'environ 6 schellings 1 penny, soit 7 fr. 60 par yard cube de roche enlevée ou de 5 + 4,90 = 9 fr. 90 par mètre cube de roche désagrégée extraite et transportée au large. Ce prix est élevé, mais cela tient à ce que la drague que l'on employait n'était pas assez puissante pour exécuter le travail dans de bonnes conditions et aussi à ce que l'on n'a pas suffisamment fait usage de plongeurs.

La seconde partie des travaux exécutés pour l'amélioration du port de Blyth comprenait la construction d'un nouveau quai à l'emplacement de l'ancien.

Ce quai est bordé par un mur de 214 mètres de longueur et de 10<sup>m</sup>,05 de hauteur (hauteur mesurée entre le pied du mur et le couronnement.) Le couronnement du mur est à 1<sup>m</sup>,20 au-dessus du niveau des hautes eaux. Sa paroi extérieure qui a un fruit de 1/13 est protégée par des pieux ayant la même inclinaison.

Ce mur qui est entièrement en béton a été construit à l'abri d'un batardeau; il repose sur le fond rocheux arasé comme il a été expliqué plus haut.

Les pieux qui protègent la face antérieure du mur et qui sont battus, ainsi que nous l'avons dit, avec un fruit de 1/13 ont 10<sup>m</sup>,05 de longueur et 0<sup>m</sup>,325 d'équarrissage; ils sont écartés de 2<sup>m</sup>,40 d'axe en axe. On creusa préalablement dans la roche des trous de 1<sup>m</sup>,50 de profondeur dans lesquels pénétraient les extrémités de ces pieux; on se servit pour cela de légères charges de dynamite qu'allèrent placer des plongeurs. Les pieux furent battus avec une sonnette à vapeur roulant sur une voie posée sur l'ancien quai, et dont le mouton pesant 24 quintaux (1270 kilogrammes) tombait d'une hauteur de 1<sup>m</sup>,80 à 2<sup>m</sup>,10. La pénétration à chaque coup de mouton fut de 0<sup>m</sup>,0125 au début et de 0<sup>m</sup>,003 à la fin de l'opération.

Ces pieux étaient en bois de sapin rouge non créosoté; on les garnissait de sabots fondus en coquille et armés de 4 bandes de fer servant à les fixer sur le bois au moyen de clous. Chaque sabot pesait 19<sup>k</sup>,306.

Les pieux ont pu être posés exactement à la place prévue, grâce à la composition homogène du sous-sol. Pendant que l'on battait ces pieux, on creusait le terrain en arrière, on plaça ensuite un coffrage qui devait servir de moule pour le coulage du béton; ce coffrage était fixé sur les pieux à partir de 0<sup>m</sup>,60 au-dessus du niveau des basses eaux. Le béton a été coulé à l'état liquide. Il était formé de ciment de Portland d'excellente qualité. On employa pour faire le béton, successivement de l'eau douce et de l'eau de mer et on compara les résultats obtenus; on trouva que le béton fait avec de l'eau de mer était plus résistant que celui fait avec de l'eau douce.

Quant aux pierres entrant dans la composition du béton, elles provenaient du cassage de moellons durs et de granits dans des concasseurs Blake; on obtenait ainsi des morceaux très réguliers.

Le béton était fabriqué à la main sur une plate-forme en bois.

On mélangeait d'abord les matériaux à sec et on ajoutait ensuite l'eau graduellement afin de mouiller toutes les parties de la masse.

Le béton employé dans la partie B (fig. 1) située au-dessous du niveau des basses eaux était composé de six parties de pierres cassées et de une partie de sable pour une de ciment ; celui que l'on a coulé dans la partie A située au-dessus du niveau des basses eaux se composait de sept parties de pierres cassées pour une partie de sable et une partie de ciment.

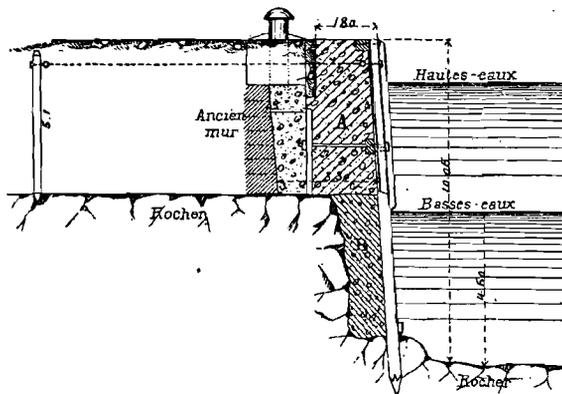


Fig. 1. — Coupe transversale du nouveau mur de quai du port de Blyth.

- A. Partie remplie en béton composé de 7 parties de pierres cassées pour 1 de ciment.  
B. Partie remplie en béton composé de 6 parties de pierres cassées pour 1 de ciment.

Quant au coulage, il se faisait, pour les parties inférieures du mur, à l'aide de boîtes à trémies ; on opérait ordinairement à marée haute parce qu'à ce moment tout autre travail était impossible, de sorte que les couches inférieures furent coulées par 8<sup>m</sup>,50 de profondeur d'eau. Les parties supérieures furent au contraire coulées à marée basse, le béton était jeté directement des brochettes qui circulaient sur l'échafaudage établi au niveau du quai. Le coulage se faisait par couches successives de 0<sup>m</sup>,60 d'épaisseur environ.

A 0<sup>m</sup>,60 au-dessus du niveau des basses eaux aboutissent les extrémités des pieux encastrés dans le béton et entre lesquels on plaça les planches du coffrage servant de moule. Les parois internes de ces planches avaient été rabotées et badigeonnées d'huile avant le coulage du béton.

On versa du béton fin dans cette partie frontale et on le poussa contre les planches à l'aide d'une truelle, de sorte qu'après l'enlèvement des planches le parement se trouva parfaitement lisse et dur.

Le prix de revient de ce béton a été de 19 schellings (23 fr. 75) pour la partie inférieure et de 12 schellings 6 pence (15 fr. 60) par yard cube pour les parties situées au-dessous : ce qui représente 31 fr. et 20 fr., 40 par mètre cube.

Les pieux principaux furent réunis entre eux par deux madriers comme le montre la fig. 1 ; de plus, des boulons jouant le rôle de tirants traversaient le béton et aboutissaient à un madrier vertical de 3 mètres de longueur. Quant aux têtes de pieux, elles sont solidement assemblées par des chaînes de 0<sup>m</sup>,031 de section à des montants verticaux ou poteaux de 5<sup>m</sup>,10 de hauteur enfoncés dans le sol rocheux et situés à 10<sup>m</sup>,50 en arrière du couronnement du mur.

Deux pieux consécutifs sont ainsi réunis à un même poteau placé à l'arrière ; le serrage des chaînes s'opère à l'aide des boulons à œillets qui servent à les fixer aux pieux.

Le couronnement du mur a été protégé contre le frottement des chaînes des navires par des fers de forme convexe fixés au moyen de clous fraisés.

On a rempli l'intervalle existant entre le corps du béton et le parement de l'ancien mur de quai avec des décombres calcai-

res que l'on a pilonné avec soin, puis on a établi des colonnes d'amarrage en fonte scellées dans des blocs de béton de 1<sup>m</sup>,80 de côté.

(Société des Ingénieurs civils anglais.)

#### Modifications apportées au matériel de sondages. —

M. Parson a apporté au matériel employé pour les sondages une amélioration qui présente certains avantages et qui mérite d'être signalée.

Dans les sondes du système ordinaire, la mèche à pointe de diamant fait corps avec la tige de rotation, de sorte qu'après avoir pratiqué un trou d'une certaine profondeur, il faut, pour nettoyer l'outil, enlever les débris, remonter toute la tige, dévisser la mèche, puis on ajoute une nouvelle longueur de tige, on revisse la mèche et on descend la sonde dans le puits afin de continuer le travail du forage. Toutes ces opérations occasionnent une perte de temps considérable, que M. Parson parvient à éviter en rendant indépendants la mèche et sa tige. La mèche peut dès lors être remontée et descendue à volonté. L'Engineer du 12 juin 1885 entre dans le détail de ce système dont nous nous bornons pour aujourd'hui à signaler le principe, une description complète nécessitant, pour être intelligible, la reproduction des dessins contenus dans le journal précité.

#### Nouveau mode de construction des lignes télégraphiques souterraines. —

M. Pérody, de Genève, a imaginé une méthode nouvelle de construction des lignes souterraines qui présente des avantages sérieux au double point de vue de l'économie des frais d'établissement et des facilités de surveillance et d'entretien.

Ce système, qui est d'une application pratique dans le cas des installations d'éclairage électrique, consiste à enfermer le conducteur ou les conducteurs dans une sorte de tuyau formé par la juxtaposition de deux fers zorcés ronds et à maintenir ce ou ces conducteurs par des disques en porcelaine placés à un mètre de distance les uns des autres. Ces disques sont percés de trous dans lesquels passent les conducteurs isolés simplement par une enveloppe de gutta-percha.

On peut enfermer dans cette sorte de conduite 12 à 13 câbles composés chacun de 50 fils, lorsqu'il s'agit de lignes téléphoniques, et de 100 à 150 fils lorsqu'on veut construire une ligne télégraphique.

Le tuyau contenant les conducteurs est enterré dans le sol et se trouve ainsi à l'abri des influences atmosphériques.

(Bulletin international des Téléphones.)

#### L'exposition des Ponts et Chaussées belges à Anvers.

— L'Administration des Ponts et Chaussées belges possède à Anvers une exposition intéressante qui contient surtout des documents fort importants sur les travaux projetés pour l'amélioration des cours de l'Escaut et de la Meuse. Il nous faut dire qu'une partie de ces projets est déjà en voie d'exécution.

On remarque d'abord dans la salle d'exposition les marégraphes qui enregistrent journallement les hauteurs des eaux de l'Escaut à diverses stations. Les appareils placés dans ces stations sont reliés par un fil électrique avec les marégraphes en question. Ces derniers sont installés, en temps ordinaire, dans le bureau de l'ingénieur à Anvers.

Nous signalerons également aux ingénieurs qui iront visiter l'exposition les documents relatifs à l'exécution de deux canaux à grande section sur l'un desquels on a construit un élévateur hydraulique de grandes dimensions. Il convient également d'appeler l'attention sur un système d'écluses tout à fait nouveau, com biné de façon à économiser une partie du volume d'eau nécessaire pour une écluse.

Il va sans dire que les nouveaux travaux d'agrandissement du port d'Anvers occupent une place importante dans l'exposition du ministère des travaux publics. Nous commençons la publication d'une étude complète et détaillée de ces remarquables travaux en utilisant les notes qui nous ont été données par leur auteur, M. Hersent.

**Matériaux de construction**

**Etude sur les chaux hydrauliques. (Suite.)**

(Voir les nos 67 et 68.)

Le § 3 du premier chapitre traite des réactifs et fournit les renseignements nécessaires pour contrôler les produits qui doivent servir à constater la présence ou à produire la précipitation de certains éléments. On y considère : l'eau distillée, l'acide chlorhydrique, l'acide azotique, l'acide sulfurique, l'acide sulfhydrique, le sulfhydrate d'ammoniaque, l'ammoniaque, la potasse et la soude, le phosphate de soude, le chlorure de baryum et l'eau de baryte, le nitrate et le sulfate d'argent, l'acide tartrique et citrique.

Le chapitre II présente quelques considérations sur l'analyse qualitative employée fort rarement par l'ingénieur, comme le fait du reste remarquer M. Durand-Claye.

L'auteur, après avoir recommandé d'une façon générale de n'employer à la fois qu'une très petite quantité de l'échantillon soumis à l'essai, afin d'obtenir des phénomènes plus nets, donne quelques indications sommaires sur les essais par voie sèche, au tube et au chalumeau; le chapitre se termine par des notions sur l'analyse qualitative par voie humide.

Le chapitre III comprend l'analyse des matériaux de construction.

*Analyse des calcaires.* — Ainsi que nous l'avons déjà dit, l'analyse des calcaires a une très grande importance, car, notamment en ce qui concerne la chaux, elle fournit à l'ingénieur le moyen le plus sûr de se rendre compte des résultats qu'on peut obtenir et de la valeur du produit que peut fournir un fabricant et, à celui-ci, les données nécessaires pour conduire convenablement sa fabrication et obtenir une chaux régulière ou du moins comprise entre des limites déterminées qui dépendent des calcaires mis en œuvre.

On détermine le résidu insoluble dans les acides ; il se compose du sable siliceux et de l'argile ; lorsqu'il y a un excès de silice, celle-ci est également insoluble ; on dose ensuite ensemble l'alumine et le peroxyde de fer, puis la chaux, la magnésie, et enfin l'eau et l'acide carbonique, qui constituent la *perte au feu*.

Dans le résidu insoluble, il est bon de séparer par lévigation le sable siliceux de l'argile.

Le sable siliceux peut, en effet, entrer dans les combinaisons qui se forment pendant la cuisson et concourir à la formation du silicate de chaux, mais il peut aussi ne jouer aucun rôle dans les combinaisons, et alors sa présence ne fait qu'amalgamer les mortiers ; la détermination de la proportion de sable siliceux est donc très importante. En réalité, on ne pourra calculer l'indice réel d'un calcaire renfermant du sable siliceux sans connaître la proportion de ce sable, qui se combine pendant la cuisson, c'est pourquoi il est convenable de ne pas en tenir compte dans la détermination de l'indice ; on est ainsi assuré d'obtenir un minimum.

Si I est l'indice d'un calcaire, on obtiendra assurément une pierre à I d'indice, mais si on vient à réduire la pierre cuite en poudre par le procédé ordinaire (de Villeneuve), hydratation, effusement et blutage, la poudre n'offrira plus un indice de I,

mais bien de  $I \times k$ ,  $k$  étant un coefficient toujours plus petit que l'unité variant avec I, la cuisson, l'effusement et la grosseur des mailles de la toile finisseuse des blutoirs. Dans la fabrication, on doit s'efforcer de faire tendre  $k$  vers l'unité, et les différentes phases du travail seront d'autant mieux conduites que  $k$  sera plus grand ; toutefois il ne s'agit pas seulement, pour obtenir une bonne chaux en rapport avec le calcaire qu'on possède, de faire tendre vers zéro la différence  $(1-k)$  ; on pourrait, en effet, arriver facilement à  $(1-k) = 0$ , par des moutures successives des grappiers ou en faisant du tout venant, mais il pourrait arriver alors que le produit, tout en fournissant un excellent indice, soit d'une qualité absolument mauvaise et présente de sérieux dangers ; aussi n'est-ce que par des procédés spéciaux qu'on peut obtenir une poudre absolument sûre au minimum de  $(1-k)$ , c'est-à-dire au maximum d'énergie.

Pour faire le choix du combustible avec lequel on devra cuire le calcaire analysé, il faut nécessairement établir les proportions relatives de silice et d'alumine ; de plus, la séparation de ces deux éléments est très intéressante au point de vue des résultats qu'on peut attendre du produit, en ce qui concerne la prise et la résistance ultérieure.

*Perte au feu; acide carbonique; eau hygrométrique et de combinaison, etc.* — La perte au feu est très utile à déterminer, car, possédant un fragment de chaux cuite provenant d'un calcaire dont on connaît la densité et la *perte au feu*, il sera toujours possible de reconnaître si la cuisson est complète ou d'en fixer le degré.

Si on a, par exemple, à déterminer le degré de cuisson d'une pierre cuite provenant d'un calcaire pesant D kilos le décimètre cube ; on prendra un fragment gros comme le poing de la pierre à essayer, on le pèsera exactement, soit  $p$  sous poids ; on le plongera ensuite dans une dissolution de gomme arabique assez liquide, puis, après l'avoir retiré, on le laissera sécher, après quoi au moyen d'une balance ordinaire on déterminera la perte de poids  $p'$  que subit le fragment lorsqu'on le plonge dans l'essence de térébenthine dont on connaît la densité  $d$  ; la perte pour cent subie pendant la cuisson sera exprimée par :

$$P = 100 \left( 1 - \frac{pd}{p'}D \right)$$

en prenant pour unité de poids le kilogramme.

Si F représente la cuisson absolue,  
 $(F - P) = \delta$

représentera la différence entre le pour cent correspondant à la cuisson absolue et le pour cent correspondant à la cuisson courante ;  $\delta$  peut varier de 0 à F lorsque P varie de F à 0 ; la cuisson est d'autant plus grande que  $\delta$  est plus petit.

A chaque valeur de P correspond un certain aspect de la pierre (faciès) qui, en pratique, sert à diriger la cuisson. Par une suite d'expériences comparatives, on détermine la valeur de P qui correspond au maximum d'énergie du produit et la cuisson qui donne P est dite : *cuisson normale*.

Nous donnons ci-après, comme exemple, l'analyse générale de la carrière de Malain (Côte-d'Or), qu'on aperçoit à gauche en venant de Paris, à la sortie du grand souterrain de Blaisy dont elle commande la tête Est ; elle fut découverte lors de l'exécution du souterrain précité et a fourni à peu près toute la chaux *en pierre* employée lors de la construction des nombreux et remarquables ouvrages d'art compris dans la section de Blaisy à Dijon.

DÉSIGNATIONS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Sable siliceux.....	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	0.60	0.35	"	"	"	"	"
Résidu insoluble.....	7.00	10.15	10.30	12.30	15.70	13.80	14.20	14.25	14.70	14.75	16.35	15.50	16.45	14.90	14.35	12.45	14.85	6.40
Alumine et peroxyde de fer.....	0.75	0.90	0.65	1.00	1.10	0.80	0.85	0.75	0.60	1.05	1.00	0.80	0.90	0.80	0.80	0.70	0.75	0.45
Chaux.....	50.05	48.05	48.30	46.30	44.75	46.30	45.75	45.35	45.05	45.15	43.55	44.20	41.60	45.10	43.55	46.80	45.15	51.05
Magnésie.....	0.30	0.30	0.34	0.25	0.20	0.25	0.40	0.40	0.30	0.15	0.55	0.40	0.40	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45
Perte au feu.....	41.30	40.60	40.45	39.55	38.25	38.85	38.80	39.25	39.35	39.90	38.25	38.50	37.40	38.75	38.90	39.90	38.90	41.65
Indice.....	0.17	0.24	0.23	0.29	0.38	0.30	0.34	0.57	0.35	0.35	0.39	0.38	0.35	0.33	0.33	0.28	0.35	0.13

NOTA. — Toutes ces analyses ont été faites au Laboratoire de l'Ecole des Ponts et Chaussées en 1884-1885.

Elle est ouverte dans les marnes du Fuller's earth dont les propriétés hydrauliques ont été signalées par M. Guillebot de Nerville, lorsqu'il fut chargé du service minéralogique dans la Côte-d'Or. Convenablement traitées elles fournissent, en effet, une chaux digne de fixer l'attention des ingénieurs des régions du Centre et de l'Est, par sa prise, son énergie et sa résistance progressive à l'eau comme à l'air et aussi par la grande économie qu'elle permet de réaliser dans la fabrication des mortiers. La carrière de Malain ne présente aucune stratification ; cependant l'examen du tableau conduit immédiatement à rejeter d'une façon absolue la partie supérieure afférente à l'analyse n° 18 et à limiter l'exploitation à la base, à la partie qui correspond à l'analyse n° 3 et qu'on reconnaît facilement par la présence des *ostrea acuminata*, qui existent en grand nombre à ce niveau et contribuent assurément à l'abaissement notable de l'indice d'hydraulicité (coquilles calcaires).

Ainsi limitée, la carrière ne comprend donc plus que les calcaires afférents aux analyses de 4 à 17 ; elle offre encore une puissance de 10 mètres sur 300 mètres de front exploité successivement ; nous verrons plus loin comment on arrive à la répartition la plus rationnelle en vue d'obtenir une chaux régulière.

(A suivre).

H. BONNAMY.

## Bibliographie

### Traité pratique d'électricité appliquée à l'exploitation des chemins de fer. (Suite.)

#### CHAP. VII. — APPAREILS ÉLECTRIQUES DE CORRESPONDANCE DES POSTES D'AIGILLEURS.

La concentration des leviers de manœuvre et des signaux en des points donnés (système d'enclenchement des signaux et des aiguilles, ou système Saxby et Farmer) conduit à établir une correspondance rapide entre les agents du poste de manœuvre et ceux placés sur les voies, au moyen d'appareils électriques combinés.

Ces appareils sont de deux systèmes à la Compagnie du Nord, 1° l'appareil à guichets ou à tableau, 2° l'appareil Guggemos.

Le traité donne la description très détaillée de l'appareil à guichets, ainsi que de l'appareil Guggemos, qui est à cadran ; alors que le premier renferme à chaque poste un tableau contenant les indications venues dont chacune est inscrite sur un voyant qui se découvre simultanément dans les deux postes, de manière à indiquer la correspondance transmise. De son côté, l'appareil à cadran comprend, dans les postes terminus, deux cadrans semblables contenant les mêmes indications et, par le mouvement d'une aiguille qui se met en marche selon que l'on presse un bouton correspondant à l'ordre à transmettre et s'arrête en face de ce bouton, mouvement qui se répète à l'autre poste, ce dernier prend connaissance de l'ordre donné ; c'est, en somme, une sorte de télégraphe à cadran.

On peut encore employer des sonneries à relais, autant de sonneries que l'on a d'indications à transmettre ; chaque sonnerie exigeant un fil spécial, ce système est, par suite, trop coûteux.

Des perfectionnements à l'appareil à guichets, qui, lui aussi, employait autant de fils que de signaux, ont été apportés dans la Compagnie de l'Est par MM. Dumont et Cabaret, assistés par M. Desruelles, constructeur.

Le nombre des fils n'est plus que le double de la racine carrée du nombre des signaux ; ainsi, pour 25 signaux, il suffit de 10 fils ; le traité détaille l'installation d'un appareil à 16 voyants et par conséquent à  $2 \times \sqrt{16}$  ou 8 fils.

Le PLM, de son côté, emploie l'appareil Jousselin qui n'exige qu'un seul fil ; c'est un système analogue au système Guggemos

ou au télégraphe à cadran ; le traité donne aussi les figures et descriptions nécessaires à l'intelligence de l'appareil et à son fonctionnement, en passant en revue le récepteur, le transmetteur et les croquis de montage des postes.

#### CHAP. VIII. — UNIFICATION DE L'HEURE PAR L'ÉLECTRICITÉ.

L'unification de l'heure est un problème dont on cherche la solution par divers moyens applicables, d'ailleurs, suivant le but que l'on se propose, c'est-à-dire suivant que l'on veut unifier l'heure dans un périmètre donné d'un rayon relativement peu considérable, ou l'unifier sur une ligne et sur des parcours très longs.

L'unification de l'heure est obtenue dans les villes à l'aide de l'air comprimé, par le système dit des horloges pneumatiques, système en vigueur à Paris et dont la description a fait l'objet d'une conférence très instructive à la Société des Ingénieurs de France (novembre 1881). Ce système, toutefois, ne paraît pas applicable à la deuxième phase de l'opération, c'est-à-dire à l'unification à grande distance, par le motif que, lors de la transmission de l'air comprimé à 10 kilomètres et au-delà, il y a des pertes de pression dans les transmetteurs et, par suite, qu'on ne peut s'éloigner, au-delà d'une certaine limite, hors du centre de compression ; aussi l'unification de l'heure sur les voies ferrées doit-elle être plutôt résolue par l'électricité.

L'indication de l'heure peut se transmettre par dépêches, et la téléphonie à grande distance permettra peut-être, plus tard, d'apporter dans cette indication plus de rapidité encore ; en pratique, on fait circuler un agent, muni d'un chronomètre parfaitement réglé, pour donner l'heure à certains moments. Mais ce que l'on a cherché jusqu'à ce jour, c'est à avoir une horloge très régulière, s'en servir comme d'un centre horaire et, par son intermédiaire, envoyer un courant électrique dont l'action mette d'autres horloges en concordance avec la première ; autrement dit, on a cherché à régler automatiquement l'unification de l'heure et à des distances importantes.

Les efforts tentés dans cette direction n'ont abouti, jusqu'à ce jour, qu'à obtenir plus ou moins complètement ce que l'on appelle la remise à l'heure électrique, en envoyant un courant d'une durée de quelques secondes dans toutes les horloges que l'on veut faire concorder.

L'arrêt par la fourchette, système Lepaute, est celui qui, à l'essai, a donné les meilleurs résultats ; le traité en indique le fonctionnement.

Actuellement on songerait à l'appliquer sinon au réglage général de tout un réseau, du moins à la création de centres horaires établis en des points choisis de façon à pouvoir indiquer l'heure par télégraphie ou téléphonie sur des points peu éloignés, ou encore à la façon ordinaire, et ainsi faciliter la question de l'unification.

Cette question reste donc à l'étude et appelle encore toute l'attention des électriciens et des constructeurs d'horlogerie.

(A suivre.)

**Correspondance.** — Le Congrès géographique qui se tient en ce moment à Bergerac a mis à son ordre du jour la question du Canal des Deux-Mers. Nous rendrons compte de ce qui se sera dit à ce sujet.

Le Directeur-Gérant : EDOUARD CAHEN.

Paris. — Imprimerie Schiller, 10 et 11, faubourg Montmartre.

# Les Annales des Travaux Publics

REVUE UNIVERSELLE DE L'OUTILLAGE DES TRAVAUX PUBLICS ET DES PROCÉDÉS DU GÉNIE CIVIL

Paraissant du 1<sup>er</sup> au 10 de chaque mois

L'ABONNEMENT D'UN AN

Paris . . . . . 20 fr.  
Départements . . . . . 24 fr.  
Etranger . . . . . 28 fr.

Publiées par le JOURNAL DES TRAVAUX PUBLICS

35, RUE LE PELETIER, A PARIS

L'ANNONCE D'UN AN

Une page entière . . . . . 1000 fr.  
Une demi-page . . . . . 500 fr.  
Un quart de page . . . . . 300 fr.

Les abonnements sont reçus à Paris au bureau du Journal des Travaux Publics, 35, rue Le Peletier, et, dans les départements, chez tous les libraires.

N° 70

Octobre 1885

6<sup>e</sup> Année

## SOMMAIRE

ETUDES DIVERSES. — Détermination précise de la stabilité des murs de soutènement et de la poussée des terres (suite, 4 fig.). — Le nouveau pont d'Anvers (suite, pl. CXXXIX). — Consolidation des terrains ébouleux par masses (suite, pl. CXL).

Outillage des travaux publics : Types de pompes à sable et de dragues à godets (3 fig.).

CHRONIQUE FRANÇAISE. — Exposition d'Anvers. — Emploi des résidus de pétrole pour le chauffage des machines. — Le canal des Deux-Mers au Congrès géographique de Bergerac.

CHRONIQUE ÉTRANGÈRE. — Les travaux publics à l'exposition internationale des inventions de Londres. — Méthode employée en Russie pour l'essai des rails. — Voie en acier (3 fig.). — Le chemin de fer funiculaire de la ville de Kansas (2 fig.). — Port en eau profonde et docks de Tilbury (1 fig.). — Echafaudage pour la construction des cheminées d'usine (1 fig.). Transbordement de la houille (4 fig.).

MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION. — Les chaux hydrauliques (suite).

BIBLIOGRAPHIE. — Traité pratique d'électricité appliquée à l'exploitation des chemins de fer (suite).

### Détermination précise de la stabilité des murs de soutènement et de la poussée des terres

(Suite.)

La valeur de  $y'$  dans la recherche du maximum précédent est déjà un peu compliquée; on pourrait cependant trouver  $y''$  et s'assurer que  $y''$  sera négatif, tant que  $\varphi$  et  $\omega$  seront réels, mais ce calcul serait plutôt une question d'exercice et de curiosité algébriques qu'une question de nécessité; la dérivée  $y'$  peut s'écrire sous la forme

$$y' = \frac{\cos \alpha}{\cos(\alpha + \omega) \operatorname{tg}(\alpha + \varphi)} + \frac{\sin \alpha \sin(\alpha + \omega)}{\cos^2(\alpha + \omega) \operatorname{tang}(\alpha + \varphi)} - \frac{\sin \alpha}{\cos^2(\alpha + \varphi) \cos(\alpha + \omega) \operatorname{tg}^2(\alpha + \varphi)}$$

$y''$  sera égal à la somme algébrique des dérivées des trois termes qui composent la valeur de  $y'$ .

Le premier de ces termes peut se différencier sous la forme de facteurs trigonométriques du premier degré.

Le second revient à  $\frac{\sin \alpha \operatorname{tg}(\alpha + \omega)}{\cos(\alpha + \omega) \operatorname{tg}(\alpha + \varphi)}$  et par suite se différenciera également.

Le troisième revient à  $-\frac{\sin \alpha}{\cos(\alpha + \omega) \sin^2(\alpha + \varphi)}$ , mais  $\frac{1}{\sin^2(\alpha + \varphi)} = \operatorname{cosec}^2(\alpha + \varphi)$

et par suite ce terme revient à  $-\frac{\sin \alpha \operatorname{cosec}(\alpha + \varphi) \operatorname{cosec}(\alpha + \varphi)}{\cos(\alpha + \omega)}$

expression qu'il faudra traiter à l'aide des facteurs trigonométriques  $\sin \alpha$ ,  $\operatorname{cosec}(\alpha + \varphi)$  et  $\cos(\alpha + \omega)$ ; on pourrait d'ailleurs se contenter de l'expression  $-\frac{\sin \alpha}{\cos(\alpha + \omega) \sin(\alpha + \varphi) \sin(\alpha + \varphi)}$  où le

dénominateur aurait les trois facteurs du premier degré et appliquer à ce dénominateur la règle de différenciation d'un produit.

Après tous ces calculs élémentaires, mais très longs, on parviendrait à une formule qui donnerait pour  $y''$  une valeur négative, en prenant pour  $\operatorname{tang} \alpha$  la valeur qui rend  $y'$  nul et en faisant varier  $\varphi$  et  $\omega$  entre leurs limites 0 et 90°.

Arrivons maintenant aux dernières pages de la théorie de A. Gobin, alors qu'il considère le talus en question comme remplacé par une surface quelconque mais définie; ici nous entrons évidemment de plus en plus dans les conditions hypothétiques; aussi passerons nous rapidement sur ces questions.

Si le talus sous l'angle  $\omega$  est remplacé par la courbe AF (fig. 46), rapportons cette courbe aux axes Ay et Ax et soit  $y=f(x)$  l'équation de la courbe, soit ABF le prisme de plus grande poussée à déterminer.

L'équation de la ligne BF est

$$y = x \cot \alpha - h,$$

les coordonnées du point F' commun à la droite BF et à la courbe  $y=f(x)$  se trouveraient en résolvant les deux équations

$$y = x \cot \alpha - h \quad \text{et} \quad y = f(x)$$

d'autre part

$$AF' = h \operatorname{tang} \alpha, \quad A'F' = A'F \cot \alpha;$$

la surface AF'F sera égale à  $\int y dx$  (prise entre  $x=0$  et  $x=h \operatorname{tang} \alpha + y \cot \alpha$ ) diminuée du triangle A'F'F qui est  $\frac{y}{2} \cot \alpha$ ;

on aura, par suite, l'expression de la surface BAF' et par suite le poids P du prisme; en posant comme à l'habitude les équations d'équilibre, on aura  $Q=f(P)=F(\alpha)$  et il n'y aura plus qu'à chercher le maximum de la valeur de Q.

On le déterminera par points en construisant la courbe  $y=F(\alpha)$ , si on ne peut le déterminer algébriquement.

Si la courbe AF n'est pas définie, on la remplacera par une courbe définie algébriquement et s'en rapprochant autant que possible.

Quant à la poussée, elle ne passera plus au  $\frac{1}{3}$  de la hauteur, parce que le moment de la poussée différentielle ne sera plus de même forme que précédemment; pour trouver le point d'application, on cherchera toujours cette poussée différentielle, et la somme des moments des poussées différentielles, divisée par la poussée totale, donnera la distance du point d'application au point B. Les calculs seront analogues à ceux déjà exécutés.

Pour en finir avec ces exercices théoriques, considérons un mur ayant un fruit intérieur (fig. 47); on déterminera d'abord la section du prisme ABV qui augmente la stabilité du mur; on transportera l'origine de la courbe en V et on rentrera dans le cas précédent, en considérant BV comme la paroi soumise à l'action du massif situé à droite; on fera  $BV=h$ ; on cherchera la valeur de  $\alpha$  pour le maximum du prisme BVF.

Un massif pourrait se présenter sous forme d'un terre-plein

surmonté d'une hauteur de terre, régulière, conservant ou non au terrain son homogénéité.

Dans le deuxième cas, il n'y a pas d'assimilation possible avec le cas d'un talus quelconque.

Dans le premier cas il pourrait y avoir assimilation; alors la

tables; par exemple si un mur est adossé à un terre-plein ou à un massif, sous talus quelconque, argileux et dans lesquels existe un banc de suintement BF (fig. 49); sous l'action des eaux, ce banc de suintement provoque la formation d'un plan de glissement qui rompra l'équilibre des terres et le mur aurait

alors à supporter la poussée due au massif ABF' mis en mouvement.

Un mur calculé d'après cette théorie pourrait demander des dimensions telles qu'il n'y faudrait pas songer en pratique; mais la solution économique, seule admissible, consiste à détruire l'influence du plan BF par des drainages, de manière à ramener les choses dans un état voisin de l'ordinaire.

Les *Annales* donnent actuellement des études très détaillées à ce sujet et basées sur des travaux exécutés avec succès dans des terrains de ce genre.

Nous venons d'en terminer avec A. Gobin, au sujet de la théorie, et il ne nous restait plus, pour achever l'analyse de son livre, qu'à donner un coup d'œil à ses applications et principalement à ses expériences.

Mais auparavant, puisque notre but a été de faire un travail d'unification sur la matière, il convient de compléter la théorie par l'exa-

men de certaines lacunes, de certains cas particuliers qui ne se trouvent pas traités dans l'ouvrage en question.

(A suivre).

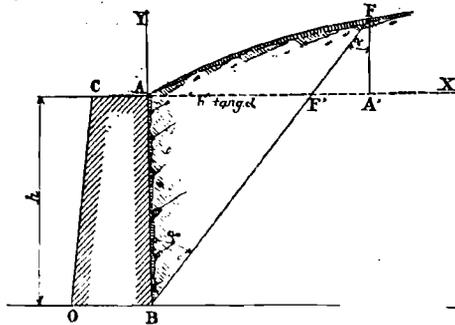


Fig. 45.

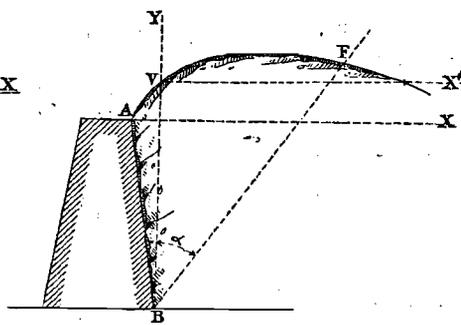


Fig. 47.

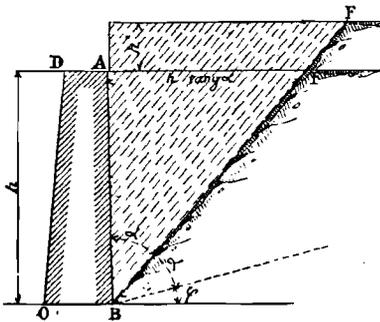


Fig. 48.

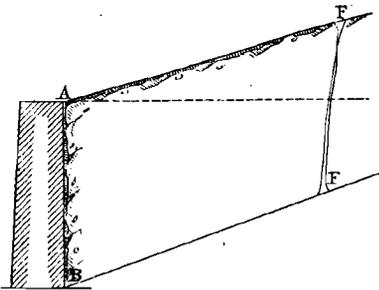


Fig. 49.

courbe AF est définie par l'équation  $y=h'$ , la surface du prisme de poussée sera

$$S = h \operatorname{tang} \alpha \left( \frac{h}{2} + h' + \frac{h'^2}{2h} \right)$$

et

$$P = dh \operatorname{tang} \alpha \left( \frac{h}{2} + h' + \frac{h'^2}{2h} \right)$$

Si on considérait la partie AF comme une simple surcharge, la valeur de P serait  $dh \operatorname{tang} \alpha \left( \frac{h}{2} + h' \right)$ . (Fig. 48).

Ainsi la valeur de P sera un peu moins considérable et la poussée un peu moins grande, si on suppose le plan bissecteur de l'angle  $(90^\circ - \alpha)$  arrêté à la hauteur du couronnement du mur et si l'on ne considère, comme dans un liquide, que la pression uniforme répartie sur AF'; mais cette dernière considération ne peut être adoptée que dans le cas d'une surcharge indépendante du massif et ne peut l'être dans le cas d'une forme donnant dans un massif homogène la possibilité d'assimiler la partie supérieure à une surcharge; car un massif surchargé et sa surcharge ne font pas un seul et même corps, comme le massif homogène de la forme précitée; aussi l'assimilation n'est-elle qu'apparente et il convient, dans le cas d'une surcharge non distincte, de considérer le massif comme homogène et délimité à sa partie supérieure par la relation simple  $y=h'$ , par suite d'employer pour P la valeur  $dh \operatorname{tang} \alpha \left( \frac{h}{2} + h' + \frac{h'^2}{2h} \right)$ , avec toutes ses conséquences.

Kaïn, pour en terminer avec les divers cas examinés par A. Gobin il nous reste encore à dire un mot des murs qui auraient à supporter des pressions tellement grandes que leurs dimensions calculées, d'après la théorie, ne seraient pas accep-

## Le nouveau port d'Anvers

(SUITE)

### Planche CXXXIX.

*Digue de raccordement.* — La digue qui raccorde la rive de l'Escaut avec la ligne des quais en amont de ces derniers a une longueur de 650 mètres.

Sa largeur est de 4 mètres en couronne et sa hauteur au-dessus du zéro est de 6<sup>m</sup>.50.

Les talus sont inclinés à 2 mètres de base pour 1 mètre de hauteur du côté de terre et à 1 mètre et demi de base pour 1 mètre de hauteur du côté du fleuve.

La digue a été construite avec les déblais provenant des dragages exécutés dans le fleuve pour élargir son chenal et pour porter sa profondeur à 8 mètres.

Les figures 10 et 11, planche CXXXIX, donnent les coupes en travers de ces digues.

Le noyau a été formé d'un remblai en sable recouvert d'une couche d'argile d'alluvion (*Schorre*) très employée dans les travaux de digues en Belgique pour défendre le sable contre les corrosions de l'eau.

Le talus placé du côté du fleuve est revêtu, en outre, d'un

perré en moellons smillés posés à sec sur la couche d'argile. Le pied de ce perré est défendu par des enrochements.

Pour fonder la partie de cette digue sous l'eau, on a eu recours à l'emploi de plate-formes en fascines d'osier, chargées de pierres, dont les Hollandais font un grand usage dans les nombreux travaux d'endiguement qu'ils exécutent.

Cette digue qui a été construite dès le début des travaux a subi aujourd'hui l'épreuve du temps; elle a tassé un peu plus sur les fascinages que dans les parties où elle repose directement sur le sol. On l'a rechargée, on a réparé le perré, et on peut la considérer maintenant comme définitivement assise.

*Bassins de batelage.* — Les bassins de batelage creusés à 2 mètres au-dessous du niveau de marée basse parallèlement à l'Escaut dans les terrains occupés autrefois par la Citadelle du Sud (voir le plan général *fig. 1, pl. CXXXVIII, n° 69*), comprend trois parties : celle du milieu qui est la plus grande a 266<sup>m</sup>,50 de longueur et 60 mètres de largeur ; les deux autres ont respectivement 246 mètres et 225 mètres de longueur sur une largeur uniforme de 50 mètres. Soit une longueur totale de 737<sup>m</sup>,50 pour le bassin et une superficie de 41,397 mètres.

Les 3 bassins partiels, placés à la suite les uns des autres, sont séparés par des passes de 20 mètres de largeur, qui, tout en laissant un passage suffisant aux navires, permettent la construction de ponts tournants pour relier les deux rives.

Les murs du bassin reposent au niveau du fond sur une couche de béton de 1 mètre d'épaisseur et 5 mètres de largeur, encaissée entre deux files de pieux et palplanches ; le parement a un fruit de 1<sup>m</sup>,40 et la face arrière est formée de 4 redans de 2 mètres de hauteur et de 0<sup>m</sup>,50 de largeur, la hauteur est de 8<sup>m</sup>,35 jusqu'au dessus, y compris le couronnement qui est en pierre dite petit granit : le parement jusqu'à 3<sup>m</sup>,50 de hauteur est maçonné en moellons piqués et le reste de la maçonnerie est en briques.

Le cube des maçonneries entrant dans ce mur au-dessus de sa fondation est d'environ 24 mètres cubes par mètre courant, y compris les contreforts. L'épaisseur moyenne est de 2<sup>m</sup>,874, représentant environ les 34 0/0 de la hauteur.

Les coefficients de stabilité sont pour la résistance au renversement de 3,75 et au glissement de 3,32.

La figure 12, planche CXXXIX, donne la coupe du mur de quai.

La construction du bassin de batelage comportait environ 500,000 mètres cubes de déblai ; 1,200 mètres cubes de bois pour pieux, palplanches et chapeaux ; 10,000 mètres cubes de béton ; 40,500 mètres cubes de maçonnerie de briques ; 2,000 mètres cubes de maçonnerie de moellons piqués ; et 1,000 mètres cubes de maçonnerie de pierres de taille.

Les fouilles ont été faites à l'abri d'un batardeau en terre construit à travers le chenal de l'ancienne écluse servant à alimenter les fossés de la citadelle du sud. Ce batardeau a dû, par moments, résister à une charge de 8 mètres de hauteur d'eau.

L'exécution des déblais n'a pas présenté de difficultés. Plusieurs moyens ont été mis en œuvre : la brouette ordinaire, les wagons et locomotives, les petits wagonnets et voies Decauville remorqués sur plans inclinés ou élevés par des grues.

Deux pompes centrifuges débitant chacune 6,000 litres par minute ont suffi pour les épaissements.

Le battage des pieux et palplanches du coffrage du mur a d'abord été exécuté par des sonnettes à vapeur montées sur des chariots qu'on faisait avancer au fur et à mesure de la marche du travail, en aidant le battage avec injection d'eau, puis simplement par injection, (ce système a déjà été décrit à propos des travaux du port de Calais). On employait pour cela une lance analogue à celle d'une pompe à incendie, alimentée par l'eau d'un réservoir placé à 8 mètres de hauteur au-dessus du niveau du fond de la fouille. Ce réservoir recevait l'eau enlevée par les pompes d'épuisement.

Les pieux espacés de 3 mètres étaient réunis par un chapeau et les palplanches étaient clouées contre la face intérieure de

ce dernier. La fouille de 1 mètre entre les deux files de palplanches était faite à la main avant le coulage du béton.

La fabrication du béton a été faite avec bétonnières à plans inclinés montées sur chariots roulant sur les deux lignes de chapeaux des pieux ; les mélanges opérés sur la plate-forme supérieure du chariot étaient achevés par le passage sur les plans inclinés successifs ; à la sortie des bétonnières il ne restait qu'à le répartir et à le pilonner.

Au-dessus du béton et quand la prise a été assurée, on a commencé la construction du mur en briques, en ayant soin d'enduire de mortier la face arrière pour éviter les filtrations d'eau. En outre, en faisant le remblai, on a mis contre les maçonneries une couche de terre de schorre (argile d'alluvion) pour isoler le mur de quai du remblai en sable qui se faisait en arrière.

Le service d'approvisionnement des matériaux, mortiers, pierres cassées, briquillons, briques, s'est fait à l'aide du matériel Decauville, à voies de 0<sup>m</sup>,40 et wagons de 250.

Les mortiers ont été faits à l'aide de broyeurs mécaniques à cuve tournante ; la chaux, le sable et le trass en morceaux étaient broyés et mélangés par ces machines.

L'écluse qui établit la communication de l'Escaut avec le bassin de batelage est située au milieu de la longueur de ce dernier ; entre la tête aval de l'écluse et la ligne des quais on a creusé un chenal de 50 mètres de largeur, bordé de quais et destiné à recevoir les navires qui voudront entrer dans le bassin.

L'écluse elle-même se compose de 3 parties distinctes (Voir *fig. 13 et 14, pl. CXXXIX*).

1° La chambre des portes d'amont, dont le seuil est à 0<sup>m</sup>,30 en contre haut du fond du bassin, a une largeur libre de 13 mètres. Toute cette construction repose sur une fondation de 2<sup>m</sup>,50 d'épaisseur ; les bajoyers de cette chambre portent un pont tournant pour donner passage à une route de voitures et à deux voix ferrées.

La tête amont de l'écluse a été fondée sur le béton avec coffrage en pieux et palplanches sans difficultés. Les épaissements des fouilles étaient faits par deux pompes centrifuges débitant chacune 380 mètres cubes à l'heure ; les pieux et les palplanches ont été enfoncés en se servant du procédé que nous avons déjà indiqué à l'occasion des travaux du port de Calais, c'est-à-dire en injectant de l'eau tout autour des pieux en même temps qu'on exerçait sur ces derniers une légère pression.

2° Le sas de l'écluse, de 75 mètres de longueur et de 25 mètres de largeur, est bordé de quais analogues à ceux du bassin de batelage, mais avec des parements en pierre de taille. Cette seconde partie de l'écluse repose sur un radier général en béton de 1 mètre d'épaisseur ; les fondations ont été faites à l'abri d'un batardeau en terre.

3° Enfin la chambre des portes d'aval qui contient comme la chambre des portes d'amont deux paires de portes d'èbe et de flot est établie sur un radier placé à 2 mètres au-dessous du niveau de basse mer ; les bajoyers servent de point d'appui à un pont tournant pour voitures et voies ferrées.

Cette chambre est construite, partie dans le fleuve, partie dans les terres, ce qui a nécessité des dispositions spéciales pour l'établissement des fondations.

Au lieu de construire un batardeau pour l'exécution de la tête aval, ce à quoi il ne fallait pas songer à cause du courant et de la charge d'eau à soutenir (au maximum 14 mètres et au minimum 9 mètres), on a fait, avec l'ouvrage entier, une partie du batardeau devant servir à isoler de l'Escaut tout ce qui était à construire en arrière. Dans ce but, on a construit toute cette tête sur un caisson métallique foncé à l'air comprimé et le raccordement, des batardeaux en terre C et D, avec le remblai situé en arrière, a complété l'ensemble. (Voir *fig. 15*.)

Ce caisson a été descendu jusqu'à 6<sup>m</sup>,50 au-dessous de marée basse, pour reposer sur un sol formé de sable vert homogène reconnu solide pendant le travail de fonçage des deux caissons, sur lesquels reposent les murs en retour de la tête, faits précé-

demment. On a d'abord dragué l'emplacement assez uniformément, pour que le caisson y portât bien également.

Ce caisson avait en plan la dimension de la fondation de l'écluse (40 mètres de longueur sur 23 de largeur, soit 920 mètres de surface). (Fig. 28 à 31, pl. CXXXIX.) Il a été construit d'après les mêmes principes que les immenses caissons du bassin de radoub de Toulon (voir le n° 1 des *Annales*) et que ceux du bassin de radoub de l'arsenal de Saigon (n° 67, pl. CXXXIII et CXXXIV), imaginés par M. Hersent. La partie supérieure, de 11 mètres de hauteur, est une caisse unique destinée à contenir toute la maçonnerie de l'écluse. La partie inférieure est divisée en 5 compartiments ou chambres de travail indépendantes l'une de l'autre et mesurant 8 mètres de largeur, 23 mètres de longueur et 2 mètres de hauteur. Ces chambres sont destinées à l'emploi de l'air comprimé pour le dressement du sol et le nettoyage; elles ont été ensuite remplies de béton pour former le radier général. A chacune d'elles correspondait une cheminée pour la descente des ouvriers, et deux autres, plus petites, pour le passage du béton.

Ce caisson, construit en tôle et cornières, a en tout 13 mètres de hauteur et pèse 400 tonnes. Il comporte des poutres longitudinales et transversales, qui raidissent le plafond de séparation des parties inférieure et supérieure; les tôles des grandes parois longitudinales, qui avaient pendant le travail un appui continu sur la maçonnerie, étaient minces (4<sup>mm</sup>); celles des deux bouts, qui servaient de batardeau, étaient plus fortes (7<sup>mm</sup>); elles étaient maintenues par des poutrelles de bois verticales qui reposaient par le bas contre la maçonnerie, et au-dessus sur une forte poutre en fer étayée qui donnait la résistance utile contre la pression de l'eau. Dans le but de faciliter la mise à flot du caisson, on l'a construit dans une enceinte faite pour cela, près de l'Escaut, à un niveau tel qu'en y faisant entrer l'eau de la marée le caisson flotta; après l'enlèvement d'un côté de l'enceinte, on a pu amener le caisson en place à flot.

On a alors commencé la pose du béton sur le plafond très régulièrement, afin de garantir celui-ci contre la sous-pression et de soulager les poutres en les encastrant; puis on a élevé les maçonneries des bajoyers le long des parois longitudinales, jusqu'à ce que le caisson touchât le fond et ne se relevât plus à marée haute. A ce point, les maçonneries de briques du radier étaient à hauteur pour recevoir la pierre de taille, seulement au droit des poutres principales, et ce dans le but de les consolider et de ne leur permettre aucune flexion, tandis qu'il restait encore des cases à remplir en maçonnerie entre ces poutres.

On a laissé entrer l'eau dans la partie supérieure après avoir mis le caisson exactement en place; puis on a commencé à souffler de l'air comprimé dans les chambres de travail, pour faire le nettoyage et le dressement du fond; car, pendant la construction des maçonneries de lestage, un des angles de la fouille avait été creusé, et celui opposé avait été relevé par l'effet des courants. Bien qu'on ait constaté, au moment de l'échouage, un certain gauchissement, ni le caisson, ni les maçonneries faites n'ont subi aucune détérioration. Le déblai a été expulsé par les mêmes appareils que ceux dont nous avons parlé dans la description du caisson de mur de quai; cette opération faite, on a rempli entièrement de béton les chambres de travail.

Les batardeaux C et D (fig. 15) étant faits, on a démonté la paroi en fer du côté de l'amont, on a fermé les vannes pratiquées dans la paroi extérieure, et toute communication avec l'Escaut étant interrompue, on a épuisé à l'intérieur des maçonneries et l'on a terminé les parements en pierre de taille du radier et des bajoyers à l'abri de ce batardeau.

### 3° Sas.

Profitant de l'épuisement fait pour la tête aval de l'écluse, on a fait la fouille, battu la file de pieux et palplanches, puis posé le béton et commencé la construction des murs du sas jusqu'à la rencontre du batardeau AB.

Lorsque le pont tournant établi sur la tête amont a été monté, on a immédiatement posé la voie d'accès aux divers points du chantier sur ce pont et l'on a enlevé le batardeau, ce qui a

permis d'achever les murs du sas en les raccordant avec ceux de la tête amont.

Les trois paires de portes ont été, pendant ce temps, construites et montées à l'abri du batardeau formé par la paroi du caisson de la tête aval et des remblais raccordant ce caisson au terrain primitif.

Il est entré dans la construction de cette écluse :

Béton.....	8.000 mètr. cub.
Maçonnerie de briques.....	10.000 »
Maçonnerie de moellons, piqués et pierre de taille.....	2.500 »
Fers pour caisson, ponts et portes.....	800 tonnes.

Commencée le 1<sup>er</sup> septembre 1878, elle a été achevée le 1<sup>er</sup> avril 1880, en 13 mois de travail effectif.

Nous donnons (fig. 16 à 27, pl. CXXXIX) les dessins relatifs aux portes d'écluses. Ces dessins qui représentent les élévations, coupes transversales et horizontales des portes, ainsi que les détails des différentes parties de ces constructions, permettent de se rendre un compte exact de cette partie de l'ouvrage.

Ces portes sont en fer à doubles parois étanches.

Chaque vantail mesure 7<sup>m</sup>,51 de largeur et 8<sup>m</sup>,22 de hauteur pour les portes de flot, et 6<sup>m</sup>,60 pour les portes d'èbe.

Les membrures horizontales qui composent l'ossature ont 0<sup>m</sup>,70 de hauteur au milieu.

La face du vantail s'appuyant sur le busc est plane, tandis que la face opposée est bombée.

L'étanchéité des portes est assurée à l'aide de trois bordages en bois placés au bas des vantaux, au poteau tourillon et au poteau busqué. Enfin, nous ferons remarquer que ces portes ont été calculées de façon à pouvoir résister à la pression due à toute la hauteur d'eau agissant sur l'une de leurs faces, l'autre étant à sec.

La manœuvre, qui n'exige que le concours de deux hommes, se fait à l'aide de leviers, donnant le mouvement à un pignon à axe vertical. Ce pignon engrène avec une crémaillère droite en fer, dont l'une des extrémités est attachée à chaque vantail. Comme on le voit, c'est une disposition d'une grande simplicité.

(A suivre.)

## Consolidation des terrains éboulés par masses

(Suite)

(Planche CXL).

### REMBLAI DE MARCILHAC

Dans le principe, sur les points douteux, on s'était contenté de drainages ordinaires; c'est ainsi que sous le remblai faisant suite à la tranchée de Cheylons on avait établi un système de drains, d'un mètre cinquante de profondeur moyenne, reposant sur un béton de 0<sup>m</sup>,30 d'épaisseur, que sous le remblai de la Valette on avait disposé des séries de saignées remplies de pierre sèche sur 1 mètre de hauteur moyenne, et que la même mesure préventive avait été appliquée aux abords du n° 96, entre cet ouvrage et le point kilométrique 86.

Mais toutes ces mesures, qui auraient pu suffire dans le cas d'une assiette solide, n'étaient pas en rapport avec l'importance du mouvement qui allait se révéler; également les moyens partiels de consolidation des ouvrages atteints par la rupture d'équilibre des sous-sols devaient rester impuissants.

Pour le remblai de Marcilhac, dès le mois de janvier 1872, on établit (fig. 22, pl. CXL) un système de piquetage destiné à contrôler les allures du mouvement; ce système comprenait une ligne d'opération rattachée à des points sûrs et une série de profils en travers piquetés dont 2 sont représentés, figures 23 et 24, avec les variations des piquets du 25 janvier au 2 juillet; ces figures, en raison de la petitesse de l'échelle,

ne comportent pas toutes les variations intermédiaires observées, mais elles suffisent pour donner l'idée du procédé et faire voir que, le mouvement de translation longitudinale perdant de son intensité au fur et à mesure que l'on s'éloignait de la masse du remblai, on pouvait aussi sur ces profils se rendre compte, à l'aide des piquets extrêmes, des limites de ce mouvement. Le quadrillage, avec ses annotations très complètes, donnait, en même temps que les boursofflements du terrain, la direction générale du mouvement qui se trouvait sensiblement normal à l'axe du chemin de fer, les piquets déviant presque uniformément du côté du Puy.

(A suivre.)

OUTILLAGE DES TRAVAUX PUBLICS

Types de pompes à sable et de dragues à godets employées en Hollande.

Dans nos précédents articles sur la construction du canal maritime d'Amsterdam à la mer du Nord, nous avons annoncé que nous donnerions une description des appareils employés pour l'extraction des déblais. Ces appareils consistaient en des

motrice ainsi que la chaudière étaient placées dans l'intérieur du bateau; cette machine servait non seulement à actionner la pompe, mais elle fournissait encore toute la force nécessaire aux manœuvres de la charpente métallique qui portait cette pompe et le tuyau d'aspiration; elle avait 70 chevaux de force mais elle fonctionnait rarement à plus de 55 chevaux.

Le bateau, la machine à vapeur, la chaudière et la pompe ont coûté..... Fr. 125.000

Chaque appareil dragueur était desservi par 2 chalands dont le prix était ensemble de..... 50.000

Les chalands étaient remorqués par un bateau à vapeur coûtant 50,000 fr.

Comme le même remorqueur desservait deux pompes, il convient de ne le compter que pour 25,000 fr. dans l'estimation du matériel d'un chantier de dragage, soit..... 25.000

Total.... Fr. 200.000

Le personnel se composait d'un capitaine, d'un chef de drague, d'un chauffeur et de 4 matelots; chaque chaland portait deux hommes et le remorqueur 5, soit 2 hommes 1/2 par chantier de dragage: en résumé, le personnel attaché à chaque drague se composait de 13 hommes 1/2. La dépense en combustible a été de 1 tonne 1/2 par jour.

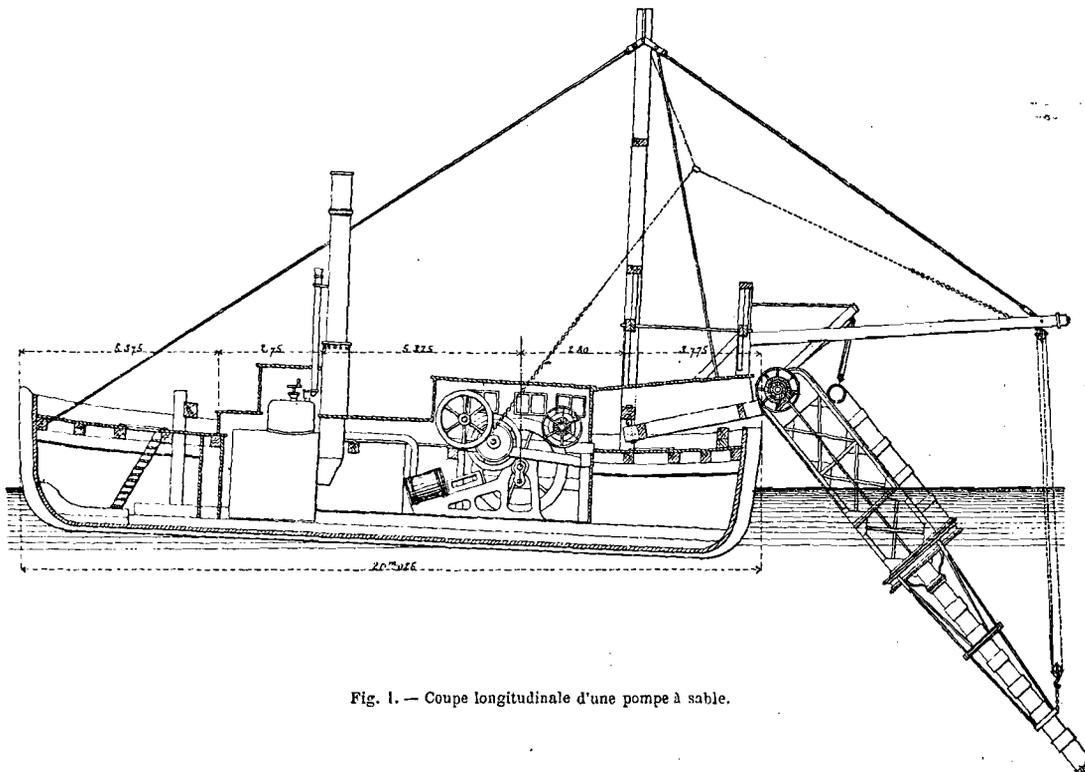


Fig. 1. — Coupe longitudinale d'une pompe à sable.

pompes à sable et des dragues à godets. Voici les utiles et intéressants renseignements que nous trouvons à ce sujet dans les Bulletins de la Société des Ingénieurs civils anglais :

1° Pompes à sable.

Ces pompes centrifuges (système Husson) étaient mues par la vapeur et munies de conduites d'aspiration et de refoulement de 0<sup>m</sup>,45 de diamètre, soutenues par une charpente métallique à jour, ainsi que le montrent les figures 1, 2 et 3.

Ces appareils étaient suspendus à des pièces de bois fixées à l'extrémité d'un bateau dont ils suivaient ainsi tous les mouvements. Des cordages convenablement disposés permettaient de baisser ou d'élever la pompe suivant les besoins. La machine

Lorsque les pompes à sable fonctionnaient, le tuyau d'aspiration avait une tendance à s'enfoncer dans le sable, mais on le maintenait à la profondeur convenable par une chaîne de façon que l'orifice se trouvât à 0<sup>m</sup>,90 ou à 1<sup>m</sup>,20 au-dessous de la surface du sol. Chaque machine enlevait environ 1,300 tonnes de sable par journée de travail. Les machines à vapeur marchaient à la vitesse de 60 tours par minute et les pompes à la vitesse de 180 tours.

Nous donnerons plus loin le prix de revient des dragages exécutés au moyen des pompes à sable. Ce prix, comprenant l'élévation des déblais et leur déchargement dans les chalands, n'a pas dépassé 0 fr. 06 par tonne, mais comme il n'a pas été

possible de travailler plus de 150 jours par année, il en est résulté que le prix de revient réel du dragage était beaucoup plus élevé que celui indiqué ci-dessus. Les frais de réparation n'ont pas été considérables. L'entreprise a employé 12 pompes à sable jusqu'au 1<sup>er</sup> janvier 1877, époque à laquelle la Compagnie du canal exécuta elle-même les dragages en employant concurremment avec les pompes à sable quelques dragues ordinaires à godets. L'une de ces dragues avait été louée aux commissaires de la Tyne. On se servit surtout des dragues à godets pour enlever certaines parties de sable mélangées avec de la vase très diluée dont les pompes ne pouvaient s'emparer.

A ces renseignements, nous ajouterons ceux fournis à la Société des Ingénieurs civils de Londres par MM. Lengley et Lavalley, lors de la discussion du mémoire relatif au canal d'Amsterdam à la mer du Nord.

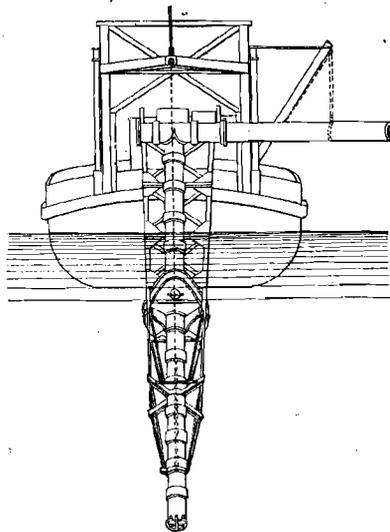


Fig. 3. — Vue par bout de la pompe à sable.

M. Lengley, qui a eu l'occasion d'employer des appareils du genre de ceux qui nous occupent, dit que pour obtenir de bons résultats avec les pompes à sable, il faut mélanger l'eau et le sable dans la proportion de 5 à 1. Ces pompes peuvent aspirer des pierres et des morceaux de ferrailles pesant jusqu'à 1<sup>er</sup>, 1/2. La drague qu'il a employée mesurait 18<sup>m</sup>,30 de long et 6<sup>m</sup>,10 de large. Le tuyau d'aspiration avait 0<sup>m</sup>,30 de diamètre et 7<sup>m</sup>,60 de longueur; il était en caoutchouc garni de fer à l'intérieur afin de maintenir sa forme; il se terminait par un tube en cuivre muni d'une grille et soutenu au niveau nécessaire par une corde qu'un homme posté à l'extrémité de la drague abaissait ou élevait suivant les besoins. La couleur des matières draguées permettait de se rendre un compte exact du niveau auquel il est nécessaire de maintenir l'extrémité du tube d'aspiration pour que le travail se fit convenablement. La pompe était placée au milieu du bateau dragueur et amenait le sable verticalement pour le déverser dans une auge ouverte. La roue à ailettes de la pompe avait 0<sup>m</sup>,60 de diamètre et faisait 350 tours par minute. Il y avait 4 ailettes, l'une d'elles vint à se briser pendant la marche, et on remarqua une amélioration dans le rendement de la machine; cette dernière fonctionna encore mieux avec deux ailes seulement. Elle élevait 460 tonnes de sable, gravier ou pierres en une heure: la moyenne était de 230 tonnes, la profondeur du dragage variait de 2 à 8 mètres. La pompe était actionnée par une machine de 10 chevaux de force. Le sable fin et mobile était aspiré avec la plus grande facilité. Quand on rencontrait un fond caillouteux, il fallait régler avec beaucoup de soin la position du tuyau d'aspiration.

La drague complète a coûté 50,000 fr. On employa concurremment des dragues à godets pour l'enlèvement des sables

mêlés de cailloux; ces dragues donnaient de bons résultats pour ce genre de travail.

Avec les pompes à sable, la tonne draguée est revenue à 0 fr. 212, y compris le transport des déblais à 3 kilomètres.

M. Lavalley fait remarquer qu'il a employé des dragues à longs tuyaux flottants pour enlever des sables lourds et grossiers et que le prix du dragage est revenu à 0 fr. 156 la tonne.

Le prix de revient du dragage doit donc rassurer l'opinion publique contre le danger de l'ensablement qui pourrait se produire dans le port de la mer du Nord.

### 2<sup>e</sup> Dragues à godets.

Nous avons dit qu'on avait employé aussi des dragues à godets; au début, on versait les déblais dans des chalands que l'on déchargeait à la brouette; mais on ne tarda pas à substituer à cette méthode longue et coûteuse un système plus avantageux. Au sortir des godets, les déblais étaient reçus dans un cylindre vertical et mélangés à de l'eau; on formait ainsi une boue liquide que l'on refoulait au moyen de pompes centrifuges dans des tuyaux en bois de 0<sup>m</sup>,38 de diamètre, réunis entre eux par des joints en cuir et soutenus à la surface de l'eau par des flotteurs. La conduite, dont la longueur maxima a été de 90 mètres, aboutissait à l'endroit du déchargement. La pompe faisait 230 tours par minute; elle était fixée sur la drague

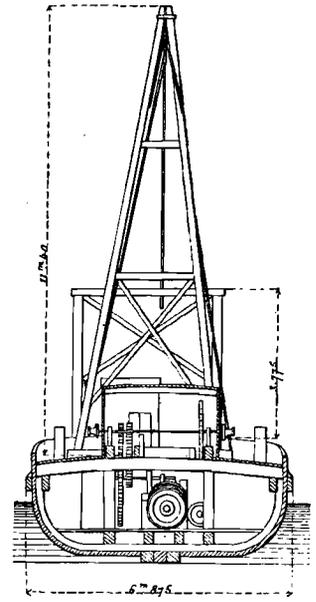


Fig. 2. — Coupe transversale du chaland.

au niveau de l'eau. Les produits du dragage n'ont pas été élevés à plus de 2<sup>m</sup>,40 au-dessus du niveau de l'eau. Sur les 12 dragues employées aux travaux de creusement du canal, 6 avaient été munies des pompes dont il vient d'être parlé. Les deux dragues les plus puissantes débitaient facilement 1,700 tonnes ou 1,100 mètres cubes de déblai par journée de 12 heures.

Le mémoire auquel nous empruntons les détails relatifs aux travaux du canal d'Amsterdam à la mer du Nord contient quelques chiffres intéressants sur le prix de revient des dragages au moyen des dragues à godets et des pompes à sable; les voici :

La drague à godets et les 3 barques à vapeur transportant les produits du dragage à 3,200 mètres de distance ont coûté 40,000 livres sterling (1 million), savoir: la drague, 25,000 liv. et les 3 barques, 15,000 liv. Avec ce matériel, on a pu draguer 417,380 yards cubes pendant un an, ce qui porte à 23 pence (2 fr. 30) le prix du matériel par yard cube dragué, soit 3 fr. par mètre cube et par an.

Les 12 pompes à sable, desservies par 28 chalands et 5 barques à vapeur transportant les déblais à 3,200 mètres de distance, comme ci-dessus, ont coûté 86,000 livres, soit 2 millions 150,000 fr., se décomposant en 1,500,000 fr. pour les pompes et 650,000 fr. pour les bateaux de transport. Avec ce matériel, on a dragué 1,159,720 yards cubes dans le courant d'une année, ce qui fait ressortir le prix du matériel à 17.80 pences par yard cube dragué, soit 2 fr. 33 par mètre cube dragué et par an.

Quant au prix du dragage, il s'établit comme suit :

**Drague à godets.**

Prix du dragage.....	3.191 (pence par yard cube.)
Frais de transport.....	2.837
Total.....	6.028
A ajouter pour intérêts et dépréciation du matériel, les 10 0/0 du prix d'acquisition de ce matériel, soit les 10 0/0 de 23 pence.....	2.300
Total.....	8.328 (pence par yard cube.)
Ce qui représente.....	1,09 (francs par mètre cube.)

**Pompe à sable.**

Prix du dragage.....	2.404 (pence par yard cube.)
Frais de transport.....	3.050
Total.....	5.454
A ajouter pour intérêts et dépréciation du matériel, les 10 0/0 du prix d'acquisition de ce matériel, soit les 10 0/0 de 17,80 pence.....	1.780
Total.....	7.234 (pence par yard cube.)
Ce qui représente.....	0,946 (francs par mètre cube.)

Les prix établis ci-dessus ne comprennent pas les frais de surveillance générale, les risques d'assurance ni l'amortissement du matériel et les bénéfices.

En résumé, on voit que le prix du dragage exécuté avec les dragues à godets a été supérieur au prix du dragage fait avec des pompes à sable.

**L'outillage des travaux publics à l'Exposition internationale des inventions de Londres.** — MM. Amos et Smith de Hull ont exposé un modèle d'excavateur (système Parker) destiné aux chemins de fer, aux docks et propre à l'enlèvement d'une grande quantité de déblais.

Cet engin se compose essentiellement d'un godet de grandes dimensions placé à l'extrémité d'un châssis métallique. Ce godet est suspendu en outre par des chaînes à l'extrémité d'une double volée, c'est-à-dire d'une volée composée de deux montants placés à un écartement suffisant pour laisser passer entre eux le godet et son support.

La machine motrice et le mécanisme est monté, comme dans tous les modèles d'excavateurs, sur un truck roulant sur des rails.

Au sommet du godet se trouvent, implantées sur un axe horizontal, des dents de herse auxquelles on peut imprimer un mouvement de rotation à l'aide des chaînes dont il est parlé ci-dessus. Ces dents servent ainsi à piocher ou désagréger le sol et le déblai tombe ensuite dans la cuiller. Il est repris là par une chaîne à godets qui l'élève au sommet du châssis métallique qui supporte la cuiller et il tombe dans un couloir d'évacuation.

Cet instrument est donc, à proprement parler, un laboureur mécanique combiné avec un élévateur de déblais.

Le truck roule sur une voie ayant la largeur normale, ce qui dispense de construire un chemin de roulement spécial, et ce qui permet de transporter l'appareil en un point quelconque du chantier.

Nous signalerons aussi un modèle de grue construit par MM. Appleby frères qui se recommande par son bas prix et qui peut servir à la manutention de colis pesant au maximum deux tonnes.

L'engin se compose d'un montant vertical portant à une certaine distance de sa base et à son extrémité supérieure un treuil.

Un autre treuil, placé à la partie inférieure, est actionné par un engrenage à manivelle et la corde qui s'enroule sur le tambour de ce treuil inférieur passe sur une poulie à gorge de grandes dimensions placée sur l'axe du treuil supérieur. Enfin, sur le tambour de ce dernier, s'enroule une chaîne qui passe sur la poulie fixée à l'extrémité de la volée et dont l'extrémité est munie d'un crochet pour y attacher les fardeaux.

Lorsqu'il s'agit de soulever de petites charges, il suffit de tirer à la main sur la corde qui s'enroule d'une part sur le tambour du treuil inférieur et d'autre part sur la poulie de grand diamètre placée à l'extrémité supérieure de l'arbre vertical.

Lorsqu'au contraire il s'agit de fardeaux plus lourds on agit sur le treuil inférieur à l'aide des engrenages dont il est armé.

Le montant vertical de la grue qui consiste en une colonne

en fonte de large base, se fixe aisément sur le plancher à l'aide de boulons de fondation.

La volée de la grue peut tourner autour de l'axe vertical de la colonne-support.

(Engineer.)

**CHRONIQUE****Chronique Française**

**Exposition d'Anvers.** — Nous sommes heureux de constater le brillant succès remporté par les constructeurs français qui ont exposé dans la classe des travaux publics à l'Exposition universelle d'Anvers.

Les maisons Cail et C<sup>o</sup>, Eiffel et C<sup>o</sup> et Le Brun, de Creil (Oise), ont obtenu chacune un diplôme d'honneur, alors que les maisons similaires belges, à l'exception unique de la Société J. Cockerill, n'ont obtenu que des médailles d'or.

Nous pensons que ce résultat, tout à l'honneur de l'industrie française, mérite d'être signalé aux lecteurs des *Annales des Travaux Publics*.

**Emploi des résidus de pétrole pour le chauffage des machines.** — M. d'Allest, ingénieur en chef des ateliers de la Compagnie Fraissinet, vient de faire sur l'un des steamers de cette Compagnie l'*Aude*, à Marseille, un essai des plus intéressants ayant pour but le remplacement de la houille par les résidus du pétrole dans le chauffage des machines.

Grâce aux appareils imaginés par M. d'Allest, on obtient la combustion rapide et facile par un très grand état de division, des huiles minérales et de leurs résidus difficilement combustibles quand elles sont en masse. Le steamer l'*Aude* a été muni de deux brûleurs par foyer. Ces brûleurs sont formés de deux buses coniques, emboîtées l'une dans l'autre. La vapeur pénètre dans la buse extérieure et sort de l'appareil sous forme de nappe cylindrique ayant de un à deux millimètres d'épaisseur. Le pétrole arrive, sous forme de nappe circulaire très mince, dans la buse centrale, et rencontre à sa sortie le jet de vapeur qui le pulvérise et le projette dans le foyer, sous forme de poussière très fine. Il devient alors facilement inflammable et il suffit de présenter devant l'orifice du brûleur un corps en ignition quelconque pour obtenir immédiatement une flamme très intense.

Les essais ont duré cinq heures ; pendant ce laps de temps, les brûleurs ont fonctionné avec la plus grande régularité ; la pression de la chaudière s'est maintenue au maximum. En pleine manœuvre, on a ordonné le ralentissement de la marche ; il a suffi alors d'éteindre quelques-uns des brûleurs par la simple fermeture du robinet d'arrivée du pétrole. Pour éteindre complètement les feux, il n'y a eu qu'à opérer la fermeture complète des robinets des quatre brûleurs. On a constaté ainsi une grande facilité de conduite pour le feu et une diminution de main-d'œuvre considérable comparativement à celle que nécessite l'alimentation des foyers avec de la houille.

Voici maintenant quelques chiffres qui donnent les prix de revient de ce mode de chauffage : la chaudière de l'*Aude* est tubulaire, à retour de flamme et du type ordinaire des chaudières marines ; elle a deux foyers et présente une surface de chauffe totale de 54 mètres carrés. La consommation moyenne a été, pendant l'expérience, de 115 kilogram. de pétrole par heure. La consommation du charbon aurait été, dans les mêmes conditions, de 201 kilogram. Le pétrole a présenté un rendement de 74 0/0 supérieur à celui du charbon.

Il est évident que ces essais présentent un grand intérêt, aujourd'hui que, grâce à l'exploitation très active des puissants gisements du Caucase (voir notre n<sup>o</sup> 63), on peut espérer voir diminuer dans une grande proportion les prix actuels du pétrole.

**Le Canal des Deux-Mers au Congrès géographique de Bergerac (1).** — Ainsi que nous l'annonçons dans notre dernier numéro, le Congrès géographique de Bergerac avait inscrit à son programme l'étude du projet du *Canal des Deux-Mers*.

En raison de l'importance de cette question, le Congrès a tenu une séance publique au théâtre en présence d'un nombreux auditoire.

La question du Canal des Deux-Mers devait primitivement être traitée seulement par M. Manier, professeur à l'université d'Oxford, membre du Congrès, mais la Société d'Etudes de travaux français, qui a repris l'ancien projet Duclerc-Lepinay et qui, après l'avoir étudié complètement sur de nouvelles bases, a déposé une demande en concession, a jugé utile de se faire représenter. Aussi M. Manier s'est-il borné à rappeler qu'il avait autrefois conçu l'idée d'un canal entre l'Océan et la Méditerranée afin d'empêcher les inondations, de donner le moyen d'arroser toute la vallée et de submerger les parties les plus basses, de doter la France d'une force hydraulique sans égale au monde, et de créer enfin, pour dérober notre marine aux canons ennemis, une voie profonde qui deviendrait le passage de tout le commerce de l'Europe et de l'Inde.

M. Manier a avoué que son projet primitif, qui consistait à creuser un canal à niveau réunissant les deux mers, était tout à fait impraticable puisqu'il aurait fallu ouvrir des tranchées de 200 mètres de profondeur. Aussi avait-il pensé que l'emploi des ascenseurs hydrauliques imaginés et appliqués en Angleterre pourrait fournir le moyen de donner à son idée une forme plus pratique.

MM. Ferdinand Cahen et Dumont, qui se présentaient au nom de la Société d'Etudes de travaux français, l'un comme secrétaire du Conseil, l'autre en sa qualité d'ingénieur, apportaient non pas une idée, mais un projet mûrement étudié et ont montré au Congrès les avantages que le pays trouverait dans l'exécution immédiate d'une œuvre éminemment française. Ces avantages peuvent se résumer comme suit :

1° Augmentation de la valeur de notre matériel naval, résultant de la possibilité de faire passer rapidement et avec toute sécurité de l'Océan dans la Méditerranée et vice versa suivant les besoins du moment, une flotte entière.

2° Annulation de Gibraltar qui a détruit notre suprématie dans le Levant.

3° Addition de 900 kilomètres à nos côtes maritimes, par la création d'un canal de 450 kilomètres de long, ce qui contribuerait à développer, dans les départements traversés, le goût des choses de la mer et nous procurerait, par suite, des marins pour notre marine militaire et marchande.

4° Création de ports intérieurs et d'arsenaux à l'abri des ennemis.

5° Possibilité d'irriguer une grande étendue de terrains, avantage incalculable pour une contrée envahie par le phylloxera qui, à défaut de vignes, pourra alors se livrer, avec profit, à toutes les cultures.

6° Création de forces motrices considérables, ce qui provoquera l'installation de nombreuses usines.

En ce qui concerne la question technique, on peut affirmer que le nouveau projet présenté par la Société d'Etudes de travaux français n'offre aucun obstacle.

Ce projet, qui diffère totalement de celui de M. Duclerc, et qui répond victorieusement à toutes les objections adressées à celui-ci, ne comporte que 16 écluses, au lieu de 62, et permet d'effectuer le trajet de mer à mer en 58 heures.

Le Canal des Deux-Mers, qui déboucherait d'une part à Narbonne et de l'autre à Arcachon ou à Bordeaux, aurait une longueur totale de 432 kilomètres ; sa profondeur, qui a été fixée à 7<sup>m</sup>,60, pourrait être facilement portée à 9<sup>m</sup>,20 ; sa largeur en couronne serait de 61 mètres dans les parties à double voie, et de 44 mètres dans celles à simple voie.

L'alimentation du Canal, qui semblait préoccuper M. Manier, est largement assurée, ainsi que l'ont reconnu les commissions qui ont examiné le projet. Grâce aux dispositions prises pour diminuer les pertes d'eau aux écluses, on a pu réduire à 9 mètres cubes par seconde le volume d'eau nécessaire à l'alimentation du bief principal. Ces 9 mètres cubes peuvent être facilement pris dans la Garonne qui, au point où se fera la prise, débite, aux plus basses eaux, 40 mètres cubes d'eau par seconde. Les besoins de Toulouse ne sont que de 12 mètres cubes ; on voit donc que, de ce côté, il n'y a nulle crainte à avoir.

Un autre point, qui a vivement intéressé les membres du Congrès, c'est le mode d'exploitation adopté. La circulation des trains de bateaux a été réglée par un tracé graphique, comme l'est la circulation des trains sur une voie ferrée. On a admis la vitesse de 11 kilomètres tant de jour que de nuit ; des exemples, pris sur les grands canaux maritimes, montrent que cette vitesse est tout à fait pratique. La nuit, la route serait éclairée par des feux électriques portés par les trains de bateaux ou par les locomotives qui les remorqueraient. C'est en effet ce mode de traction qui, après un mûr examen, a été reconnu comme le plus satisfaisant à tous égards. Il ne s'agit pas là d'une idée en l'air : le système de touage par locomotives circulant sur les voies ferrées établies sur les chemins de halage a été étudié avec le plus grand soin par M. Forquenot. Le train de bateaux étant tiré en avant par deux locomotives, une sur chaque berge, et étant maintenu dans une position stable par deux trucks circulant à l'arrière sur les voies ferrées, il ne peut se produire aucune fausse manœuvre ; les berges étant partout perreyées, on ne peut craindre aucune détérioration provenant des remous. Enfin, avantage considérable, les navires aussitôt entrés dans le canal éteignent leurs feux et peuvent utiliser le temps du trajet à faire dans leurs machines les réparations nécessaires.

Enfin, si comme le projet l'a prévu, on emploie des élévateurs hydrauliques à sas mobile, on pourra diminuer de moitié le nombre des écluses.

La question technique est ainsi complètement élucidée, la question financière ne l'est pas moins. Les adversaires du projet prétendaient que les dépenses d'exécution seraient plus élevées que celles prévues au projet. La Société d'études des travaux français a levé cette objection en demandant à deux entrepreneurs bien connus par les grands travaux qu'ils ont exécutés, M. Bord, entrepreneur du port de Saint-Nazaire, et M. Hersent, qui vient de terminer le port d'Anvers, une soumission ferme. Ces messieurs se sont engagés à exécuter le Canal, dans les conditions du projet, pour une somme de 489,850,000 francs, y compris une somme à valoir de 62,500,000 francs.

En ce qui concerne les dépenses d'acquisitions des terrains, on s'est fondé sur les évaluations du projet de M. Duclerc, évaluations qui se basaient elles-mêmes sur les renseignements pris chez tous les notaires. Ces évaluations, qui avaient été majorées de 20 0/0, l'ont été encore de 24 0/0, au total 44 0/0. On peut donc affirmer que de ce chef, on ne pourra avoir, lors de l'exécution, que d'agréables surprises.

En somme, le Canal pourra être sûrement exécuté pour une somme totale de 545 millions, non compris les dépenses nécessaires pour les débouquements de Narbonne et de Bordeaux ou d'Arcachon, dépenses qui incombent naturellement à l'Etat, mais que la Société d'études des travaux français s'offre à supporter moyennant une augmentation de subvention.

La question des recettes n'est pas moins clairement élucidée ; il résulte des chiffres fournis par M. Ferdinand Cahen que ces recettes atteindront pour la navigation seule 45 millions par an au bout de la dixième année. Elles s'élèveront à 60 millions avec les recettes d'irrigation, de submersion et du domaine, car la Société demande également la concession des 6,000 hectares des lagunes de Narbonne qu'elle se propose de colmater avec ses déblais.

Le Congrès de géographie de Bergerac a été vivement frappé de cet exposé des travaux de la Société d'études et le public

(1) Voir l'article publié à ce sujet dans notre n° 55, pl. CX (juillet 1884).

éclairé qui assistait à la séance a témoigné, par de fréquents applaudissements, sa satisfaction d'apprendre qu'une œuvre aussi utile au pays entier, et en particulier à la région du Midi, était prête à être enfin exécutée.

M. Manier, qui ne connaissait pas le projet, a fait quelques objections que notre impartialité nous oblige à reproduire, mais qui n'ont aucune portée. Il a insisté sur la nécessité de faire aboutir le canal à Bordeaux ; c'est, en effet, ce qui a été prévu par la Société d'études. Le débouquement à Arcachon n'est qu'une variante étudiée à un moment où les Bordelais ne voulaient pas entendre parler du Canal des Deux-Mers. Mais aujourd'hui, les opinions ont changé, Bordeaux désire le Canal et rien ne s'oppose à ce que le débouquement du Canal se fasse dans le port de Bordeaux.

M. Manier est partisan du Canal, mais il ne veut pas que l'on prenne pour l'alimenter toute l'eau de la Garonne. Cette objection tombe d'elle-même, puisque l'on ne prend dans cette rivière que 9 mètres cubes sur les 40 mètres qu'elle débite à l'époque des plus basses eaux.

M. Manier, qui est un agréable causeur, n'a donc pu fournir d'objections sérieuses au projet que M. Ferdinand Cahen a développé devant le Congrès, et il reste acquis par tout le monde que cette œuvre d'intérêt national doit être exécutée dans le plus bref délai possible.

### Chronique Etrangère

**Les travaux publics à l'Exposition internationale des inventions à Londres.** — L'Exposition internationale d'inventions a été ouverte à Londres le 1<sup>er</sup> mai 1885 et qui sera fermée le 1<sup>er</sup> novembre prochain, comprend toutes les inventions et perfectionnements qui se sont produits depuis 1862 dans les arts et dans les industries mécaniques.

On a divisé les différents groupes en deux parties : dans la première division se trouvent les appareils, les applications, les procédés et les produits inventés ou employés depuis 1862. C'est une sorte de revue qui présente le plus grand intérêt pour les spécialistes.

Les organisateurs de cette exposition ont eu la bonne idée de publier dans le catalogue en tête de chaque groupe une revue descriptive des appareils imaginés depuis 1862 et des grands travaux exécutés dans chaque spécialité. La rédaction de ces notices a été confiée aux ingénieurs anglais les plus éminents.

Nous croyons donc intéressant de reproduire dans les *Annales* la notice relative au groupe des travaux publics.

**1<sup>o</sup> Routes et chemins.** — On remarque tout peu de changements dans le mode de confection des chaussées macadamisées. Mais l'emploi général des rouleaux à traction de chevaux ou à traction mécanique a rendu les routes meilleures.

Dans les chaussées pavées on s'est préoccupé davantage de la substructure; on a employé le béton pour leur donner une assiette uniforme et résistante. L'emploi des pavés de granit pour les chaussées à lourde circulation s'est fort étendu, ainsi que le pavage en asphalte, à Londres et à Paris. Grâce à l'adoption de fondations solides en béton, on a essayé avec succès divers systèmes de pavés en bois de sapin posés debout. Mais le nettoyage mécanique des chaussées a fait peu de progrès.

**2<sup>o</sup> Chemins de fer.** — Pour les chemins de fer, l'amélioration la plus importante a été l'emploi des rails en acier. Le 2 mai 1862 on posa au pont de Chalk-Tarm sur le London et N.-O. Railway des rails en acier pour les comparer aux rails en fer; enleva ces rails en août 1865. Dans cet intervalle de trois années, ils avaient supporté le passage de 9,550.000 machines, trucks, etc., représentant un poids de 95 1/2 millions de tonnes. Ce poids roulant avait usé 16 faces de rails en fer tandis que les rails en acier n'avaient subi qu'une usure de 1/4 de pouce. Il fut ainsi démontré que même au prix de £ 15 la tonne, ces rails présentaient encore une économie considérable sur les

rails en fer. Le procédé Bessemer a donné une grande extension à l'usage des rails en acier; les commandes de rails en acier Bessemer peuvent être évaluées aujourd'hui à 4 millions de tonnes par année pour l'univers entier.

De gigantesques travaux ont été la conséquence naturelle de l'extension des voies ferrées. C'est en 1858 que l'on a commencé le percement du mont Cenis dont le tunnel a 7 1/2 milles de longueur et qui traverse des couches de roches très dures. Dans les cinq premières années l'avance obtenue ne dépassait pas 1,655 pieds (0<sup>m</sup>,4965) par jour du côté de Modane. Mais avec la foreuse à air comprimé de M. Sommeiller, on obtint une avance de 3,086 pieds (1<sup>m</sup>,1058) en 1863, puis de 6,095 pieds (1<sup>m</sup>,8235) en 1870; tandis qu'à Bardonnèche l'avance qui était de 2,148 pieds (0<sup>m</sup>,6444) lorsqu'on travaillait à la pioche atteignit 3,411 pieds (1<sup>m</sup>,0233) en 1862, lorsqu'on travailla à la machine et s'éleva à 7,989 pieds (2<sup>m</sup>,3967) en 1870. Ce tunnel a été terminé en 1871 après quatorze ans de travaux.

Le tunnel du Saint-Gothard qui a 9 1/4 milles de longueur a été commencé en septembre 1872 et livré à l'exploitation le 1<sup>er</sup> janvier 1882, il a donc été exécuté en neuf ans et deux mois. L'avance qui au début n'était que de 6,63 pieds (1<sup>m</sup>,989) par jour était arrivée ensuite à 10,11 pieds (3<sup>m</sup>,033) par suite de l'adoption de la foreuse Ferroux. Les deux attaques, distantes de 9 1/4 de milles l'une de l'autre se sont rencontrées avec une simple déviation verticale de 4 pouces (0<sup>m</sup>,10) et une déviation horizontale de 8 pouces (0<sup>m</sup>,20), après sept ans et demi de travail. C'est à l'emploi des foreuses perfectionnées, de la dynamite et des locomotives à air comprimé que sont dus ces grands progrès.

Dans le tunnel de l'Arlberg qui a 6 3/8 milles de longueur et qui sert à relier le réseau Suisse avec le réseau Autrichien, l'avance a été de 10 pieds (3 mètres) par jour; l'attaque étant faite avec des foreuses semblables à celles employées au Saint-Gothard; elle a atteint 15 pieds 1/2 (4<sup>m</sup>,65) à l'autre attaque où l'on se servait des foreuses hydrauliques de Brandt.

En Angleterre, le tunnel de la Severne, qui a 7,942 yards (7,161 mètres) de longueur et qui se trouve à 96 pieds (28<sup>m</sup>,80) de profondeur au dessous du niveau de la haute mer dans une partie de sa longueur se construit rapidement. Le volume énorme des eaux souterraines a causé de grandes difficultés et a même entraîné quelques arrêts dans les travaux.

Le tunnel de la Mersey, de 3,820 yards (3,492 mètres) de longueur dont 1,300 yards (1,183<sup>m</sup>,50) sous la rivière, est creusé dans le grès rouge. Il est aujourd'hui complètement achevé. A l'attaque sud on a employé une foreuse inventée par le colonel Beaumont et le capitaine Fischer. Dans cette machine, la tête de la foreuse qui a 7 pieds (2<sup>m</sup>,10) de diamètre est munie de disques ou de couteaux en fonte trempée; elle tourne contre la face du rocher grâce à l'action de l'air comprimé. La machine s'avance de 3/8 pouce (0<sup>m</sup>,0094) à chaque révolution et perce ainsi un trou de 4<sup>m</sup>,50 (15 pieds) en 24 heures.

**3<sup>o</sup> Outillage des travaux publics.** — De grands progrès ont été faits dans la construction des excavateurs; l'excavateur Milroy employé d'abord dans les travaux de la Compagnie Glasgow Union Railway au pont de la Clyde, enlevait avec des godets de 8 pieds (2<sup>m</sup>,40) de diamètre, en 10 heures, 70 yards cubes (53<sup>m</sup>,51) de sable à 50 pieds (15 mètres) de profondeur.

Dans le creusement des ports et des chenaux, un dragueur américain, employé au port de Boston, fonctionnant dans des sables compactes enlevait 1,200 yards cubes (917<sup>m</sup>,415) par jour. Ce n'est que depuis 10 ou 12 ans que les terrassiers à vapeur ont pris une forme pratique. On les emploie beaucoup aujourd'hui dans les travaux de terrassement considérables et ils fonctionnent efficacement dans l'argile dure et même dans les tranchées de calcaires; ils creusent et chargent sur wagons de 200 à 600 yards cubes (229<sup>m</sup>,35 à 458<sup>m</sup>,70) par jour, en procurant sur le travail à bras une économie de 3 à 1,8 deniers (0 f. 315 à 0 f. 1890) par yard cube. (0<sup>m</sup>,7645) soit 0 fr. 412 à 0 fr. 247 par mètre cube.

(A suivre.)

### Méthodes employées en Russie pour l'essai des rails.

— Les ingénieurs ne sont pas tous d'accord sur les méthodes les plus efficaces à employer pour essayer les rails. Faut-il avoir recours au procédé habituel qui consiste à laisser tomber sur le rail à essayer un poids déterminé d'une hauteur également déterminée? Est-il préférable de soumettre le rail aux épreuves dites statiques? La conférence tenue à Munich en 1884, après avoir examiné les différentes méthodes connues, s'est prononcée en faveur de celle qui consiste à soumettre le rail, les bandages des roues et les essieux à l'action d'un poids tombant d'une certaine hauteur, et elle a chargé une commission d'étudier un appareil type pouvant servir à ces épreuves.

Mais, d'un autre côté, elle n'a pas résolu la seconde question qui était inscrite à son ordre du jour, savoir de déterminer les conditions que doivent remplir les métaux employés à la fabrication des rails et des bandages de roues pour que l'usure de ces organes fût réduite à son minimum.

Il est hors de doute que la durée d'un rail dépend des propriétés chimiques et mécaniques des matières qui entrent dans sa composition. Cependant, malgré les nombreuses expériences faites par l'ingénieur américain Dudley, et les non moins nombreux essais faits dans le même but en Suisse, en France, en Finlande et en Allemagne, on ne connaît pas encore exactement la proportion en centièmes de carbone de manganèse et de silicium, de phosphore, de chrome, de cuivre et de soufre qui influe sur la résistance du métal et sur sa durée.

Puisqu'il existe des doutes sur ces divers points, il est absolument indispensable qu'on tienne dans tous les pays intéressés une statistique basée sur un programme uniforme qui permettra de connaître au bout d'un certain temps les conditions que doivent remplir les métaux pour résister à l'usure, à la rupture, etc., en un mot, pour pouvoir être avantageusement employés à la confection des rails, des bandages de roues, des essieux, etc., et autres pièces de ce genre.

Les chemins de fer russes, établis il y a quelques années avec une grande rapidité, ont leurs voies en rails de fer provenant des usines anglaises, belges et autres.

Il y a quelque temps, le Gouvernement Russe s'efforça de faire prospérer l'industrie métallurgique nationale en lui commandant des rails en acier à un prix rémunérateur.

Actuellement, les commandes de rails d'acier pour les voies à construire ou pour les voies existantes à réfectionner sont réparties entre plusieurs usines russes, et une commission permanente instituée au Ministère des chemins de fer est chargée de surveiller la fabrication et de procéder aux réceptions. En outre, chaque usine est soumise à une inspection spéciale.

Le cahier des charges pour la fabrication des rails est en vigueur depuis l'année 1878, — nous donnerons plus loin les clauses et conditions essentielles de ces cahiers de charges. Mais ce qu'il importe de remarquer d'une façon générale, c'est que les épreuves, faites avec un appareil spécial construit d'après les plans de la commission de réception, consistent à soumettre les rails à la fois à l'action d'un poids tombant d'une certaine hauteur et à les faire fléchir à l'état de repos. L'essai considéré comme le plus important est celui au choc avec refroidissement de la pièce soumise à cet essai.

Le nombre des déchirements subis par les rails d'acier étant de plus en plus grand, par suite de la rupture ou de l'usure de ces rails, la Société technique russe de Saint-Petersbourg a été amenée à faire des essais sur les rails ayant déjà servi, afin de déterminer les causes qui influent sur leur existence et, comme conséquence, de modifier s'il y avait lieu les clauses et conditions des cahiers des charges.

Presque toutes les Compagnies de chemins de fer russes ont envoyé à la Société des échantillons de rails, de bandages, etc., ainsi que des renseignements statistiques sur le service de chacun d'eux, et elles ont indiqué en même temps leur provenance.

Les essais de la Société technique russe, qui, au début, avaient un caractère privé, furent revêtus d'une sanction offi-

cielle. Ils sont longs et minutieux, et les résultats définitifs ne seront connus qu'à la fin de cette année. En 1886, on continuera les expériences sur des échantillons provenant exclusivement des aciéries russes.

Voici maintenant quelles sont les principales dispositions du cahier des charges établi en 1878 pour la réception et les épreuves des rails en acier et en fer.

La livraison entière doit d'abord être examinée superficiellement; ce premier examen ayant pour but de faire connaître si les rails ont bien les dimensions prescrites et de mettre de côté toutes les pièces défectueuses. Les rails ayant satisfait à cette inspection sont divisés en lots de 1,000 rails chacun; dans chaque lot, l'inspecteur du Gouvernement prélève trois rails et en fait couper les extrémités, de manière à obtenir des échantillons de 1<sup>m</sup> 83 de longueur. L'un de ces échantillons est soumis à une compression, les deux autres sont essayés au choc.

Deux des échantillons au moins doivent être refroidis avant de subir l'épreuve à — 15° Réaumur. A cet effet, on les plonge dans un mélange réfrigérant contenu dans des caisses de bois de 2<sup>m</sup> 84 de longueur, de 0<sup>m</sup> 91 de largeur et de 0<sup>m</sup> 60 de hauteur, remplies d'un mélange de deux parties de glace pour une partie de sel. On mesure la température du rail en plongeant un thermomètre dans une cavité pratiquée dans le champignon, et remplie de mercure.

Quant à l'épreuve elle-même, elle se fait comme suit :

1<sup>o</sup> *Epreuve par flexion.* — On prend un échantillon et on le pose sur deux supports distants de 1<sup>m</sup> 067, on exerce sur le milieu de cet échantillon une pression déterminée (A) pendant cinq minutes, et on observe la flexion, qui ne doit pas être inférieure à 3 millimètres. On enlève la charge et on mesure de nouveau la flèche, qui ne doit pas dépasser 2 millimètres. On répète les mêmes expériences deux fois de suite, et la flèche conservée définitivement par l'échantillon soumis à l'essai ne doit pas dépasser le chiffre ci-dessus indiqué de 2 millimètres.

2<sup>o</sup> *Epreuve par flexion avec poids additionnel.* — Les échantillons qui ont subi avec succès l'épreuve précédente sont soumis à une deuxième épreuve avec une charge plus forte (B), qu'ils doivent supporter pendant cinq minutes sans se rompre.

3<sup>o</sup> *Epreuve du choc.* — Les deux morceaux de rails qui n'ont pas été soumis aux épreuves de flexion sont posés, comme les précédents, sur deux supports et on fait tomber sur leur milieu un mouton de 419 kilogrammes. On recommence l'expérience deux fois de suite. Le poids tombe d'une hauteur H, qui varie. Le rail peut ployer sous le choc, mais il ne doit pas se rompre ni se fissurer extérieurement.

4<sup>o</sup> *Epreuve de résistance.* — Enfin, pour apprécier la qualité du métal, on soumet tous les échantillons qui ont résisté aux épreuves décrites ci-dessus au choc d'un mouton tombant de hauteurs H + 1, H + 2..., etc., jusqu'à ce qu'on arrive à la rupture de la pièce.

L'appareil qui sert à ces essais est construit sur les plans donnés par la commission. La nature des fondations et tous les détails d'exécution sont rigoureusement déterminés.

Le tableau ci-dessous donne la valeur des charges A et B, et les hauteurs de chute H du mouton pour les essais à la flexion et au choc des rails en acier et en fer.

	POIDS EXPRIMÉS EN		CHARGE A en tonnes.	CHARGE B en tonnes.	HAUTEURS DE CHUTE H exprimées en	
	liv. russes par pied courant.	kilogr. par mètre courant.			pièds.	mètres.
	Rails en acier.	17 18 1/3 20 21 2/3 24 24 20	23 25 27 29 32 27	9,00 11,06 13,10 15,15 17,20 9,00	13,92 16,38 19,66 22,52 25,39 11,47	4,75 5,65 6,50 7,50 8,50 4,00
Rails en fer.	20 24 26	27 32 35	11,06 13,10 15,15	13,51 16,38 20,07	4,55 5,25 6,00	1,39 1,60 1,83

Si plus du tiers des échantillons ne subissent pas avec succès les différentes épreuves ci-dessus décrites, le lot entier des 1,000 rails soumis à l'examen est refusé. Si le tiers ou moins du tiers de ces échantillons sont reconnus mauvais, on subdivise le lot de 1,000 rails en petits lots de 250 à 300 pièces, que l'on examine séparément et que l'on reçoit si deux rails au moins pris au hasard dans chaque lot satisfont aux épreuves.

L'administration des Chemins de fer de l'État, d'accord avec la commission impériale de la Société technique, a proposé de modifier comme suit le cahier des charges relatif à la fourniture des rails :

1° On a demandé de réduire de 2 millimètres à 1 millimètre la flèche définitive que doit conserver le rail lorsqu'il a subi les épreuves par flexion sous les charges (A) indiquées au tableau.

2° On a proposé de supprimer la seconde épreuve par flexion sous les charges (B) indiquées au tableau.

3° Enfin, on a demandé de supprimer l'opération consistant à plonger les rails dans un mélange réfrigérant lorsque la température extérieure, au moment des épreuves, sera inférieure à  $-10^{\circ}$  Réaumur.

Voici le programme des diverses expériences que la commission technique compte faire pour déterminer avec précision les qualités à exiger des aciers employés à la fabrication des rails :

1° Renseignements que doivent recueillir et fournir les diverses administrations de chemins de fer :

Type du rail. — Usine qui a fourni ce rail. — Poids par pied courant avant la pose. — Charge par essieu des locomotives qui parcourent la voie expérimentée. — Valeur de la charge brute à laquelle est soumise le rail. — Poids du rail lors de son remplacement. — Motifs qui ont déterminé ce remplacement. (S'il est brisé, on indiquera la date à laquelle s'est produit l'accident, l'endroit de la ligne où a eu lieu le bris du rail ; on dira si cette fracture s'est produite sur une traverse ou entre deux traverses ; on indiquera l'emplacement occupé sur la voie par le rail, c'est-à-dire s'il était dans une partie en alignement ou en courbe, et, dans ce cas, quel était le rayon de cette courbe ; on dira si le rail était intérieur ou extérieur ; s'il était sur une partie en palier ou en déclivité ; quelle était la nature du sol et du ballast. Enfin, on indiquera quelle a été la durée de service du rail.)

2° Epreuves exécutées par la commission dans les usines :

Flexion du rail sous l'influence de charges permanentes et sous l'influence de poids tombant de hauteurs déterminées. — Influence de la température.

3° Epreuves de laboratoire :

Résistances à la traction, à la compression. — Mesure de l'extension et de la contraction. — Epreuves de torsion. — Limite d'élasticité. — Résistance au cisaillement, etc.

4° Epreuves chimiques :

Analyse quantitative pour déterminer la proportion pour 100 de carbone de manganèse, de silice, de phosphore et de soufre contenu dans l'acier.

Les résultats de ces diverses épreuves seront résumées par la commission dans des tableaux graphiques.

(Bulletin de la Société des Ingénieurs et Architectes de Vienne.)

**Voie en acier employée sur le North-Western.** — La voie imaginée par M. Webb et destinée à remplacer les voies ordinaires sur traverses en bois peut s'exécuter en fer ou en acier ; elle comprend des traverses en forme d'auge sur lesquelles sont rivés les coussinets qui soutiennent les rails.

Ces coussinets, qui constituent la partie la plus intéressante du système, sont composés de bouts de barres d'acier qui ont été d'abord laminées de façon à avoir une section rectangulaire, puis coupées et refoulées dans un mandrin de façon à leur donner le profil voulu et à faire venir à leur partie postérieure une nervure longitudinale.

Chaque coussinet se compose de deux mâchoires à cornière et d'une fourrure intercalée entre ces mâchoires et la traverse et qui préserve cette dernière contre toute détérioration qui

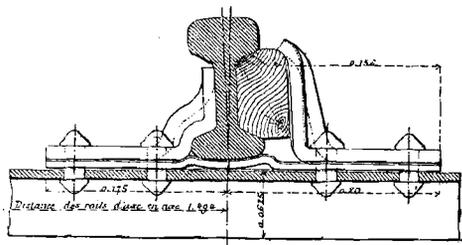


Fig. 1. — Coupe longitudinale.

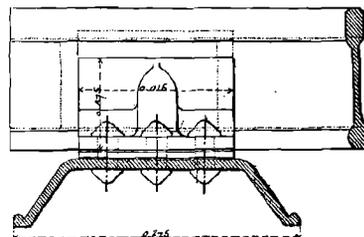


Fig. 2. — Coupe transversale.

pourrait provenir du rail. On intercale aussi entre la traverse et le coussinet un gros carton ou des morceaux de toiles grossières trempées préalablement dans du goudron ou dans du bitume afin d'empêcher l'humidité de pénétrer dans les joints et d'éviter tout glissement des diverses pièces de l'assemblage.

Ce système de voie entièrement métallique se recommande par la modicité de son prix de revient, par la simplicité des méthodes de fabrication des diverses pièces qui le composent. Il a été expérimenté en Angleterre en mai 1880 et les 32,714 traverses de ce modèle qui ont été placées sur diverses sections sont encore dans un parfait état de conservation.

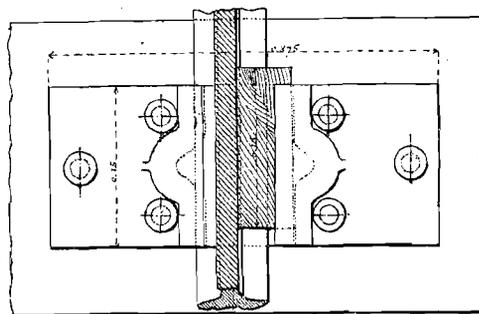


Fig. 3. — Plan d'un coussinet.

Ajoutons que la réfection d'une voie peut se faire sans difficulté et que la dépense de premier établissement est inférieure à celle de la voie du type actuel. Le poids d'une traverse avec ses coussinets est de 184 livres, se décomposant comme suit : 136 livres pour la traverse de 2<sup>m</sup>.70 de longueur et 48 livres pour les deux coussinets et leur fourrure.

Les figures 1, 2 et 3 donnent une coupe longitudinale, une coupe transversale et le plan d'une traverse et d'un coussinet.

(Société des Ingénieurs civils anglais.)

**Le chemin de fer funiculaire de la ville de Kansas (Amérique).** — Le chemin funiculaire de la ville de Kansas se compose d'une voie ferrée sur laquelle circulent les véhicules ; au milieu des rails se trouve un câble sans fin tournant sur des

poulies placées à l'extrémité du plan incliné et mis en mouvement par une machine à vapeur. Les véhicules sont armés d'un grappin à l'aide duquel on saisit le câble. L'établissement de ce chemin de fer a présenté de sérieuses difficultés, quant au choix de l'emplacement, et a occasionné une dépense assez forte. Comme il passe dans la ville, il a fallu procéder à des travaux de terrassement importants. Cette voie a pour but de relier la ville proprement dite avec la cour de la gare du chemin de fer et avec les usines établies dans le voisinage de cette gare. Les fig. 1 et 2 en donnent une élévation et une vue en plan; la déclivité de la voie est de 18,3/100 et la différence de niveau entre le point culminant et le tablier du pont à une travée qui constitue le point le plus bas est de 57<sup>m</sup>,3.

La voie est supportée par une charpente métallique divisée en 11 travées qui ont respectivement les longueurs suivantes en commençant par le pied de la rampe :

19<sup>m</sup>,5; 55<sup>m</sup>,5; 20<sup>m</sup>,1; 8<sup>m</sup>,7; 13<sup>m</sup>,5; 13<sup>m</sup>,8; 13<sup>m</sup>,1; 13<sup>m</sup>,8; 13<sup>m</sup>,80; 13<sup>m</sup>,1 et 13<sup>m</sup>,1.

A la suite de la dernière travée, le câble s'engage dans un souterrain en béton construit au-dessous de la rue.

Le câble moteur a un diamètre de 0<sup>m</sup>,031; il est en fer de Suède et présente à la traction une résistance de 30 tonnes. La longueur totale des deux câbles est de 13,200 mètres et on estime qu'il faudra les remplacer tous les dix-huit mois. Leur poids est d'environ 56 tonnes.

Malgré le profil très accidenté de la voie et les déclivités très grandes de ce profil, le poids propre du câble suffit pour le maintenir sur les poulies, sauf en deux ou trois points du parcours où il a été nécessaire d'employer des poulies de pression qui abaissent le câble au niveau nécessaire.

Voici la liste des divers chemins funiculaires existants; on voit que celui du Kansas possède la plus forte déclivité :

Chemin de fer funiculaire de la rue Clay à San Francisco.	Déclivité : 16	: 100
— de la rue California à San Francisco.	— 18	: 100
— de la rue Suter à San Francisco.	— 8,7	: 100
— de la rue Geary à San Francisco.	— 9,8	: 106
— de la ville de Kansas.	— 48,3	: 100
— de la rue de l'Etat à Chicago, presque entièrement en palier.		

Le bâtiment qui contient les machines est construit en briques; il a deux étages et occupe une surface de 27 × 43<sup>m</sup>,2.

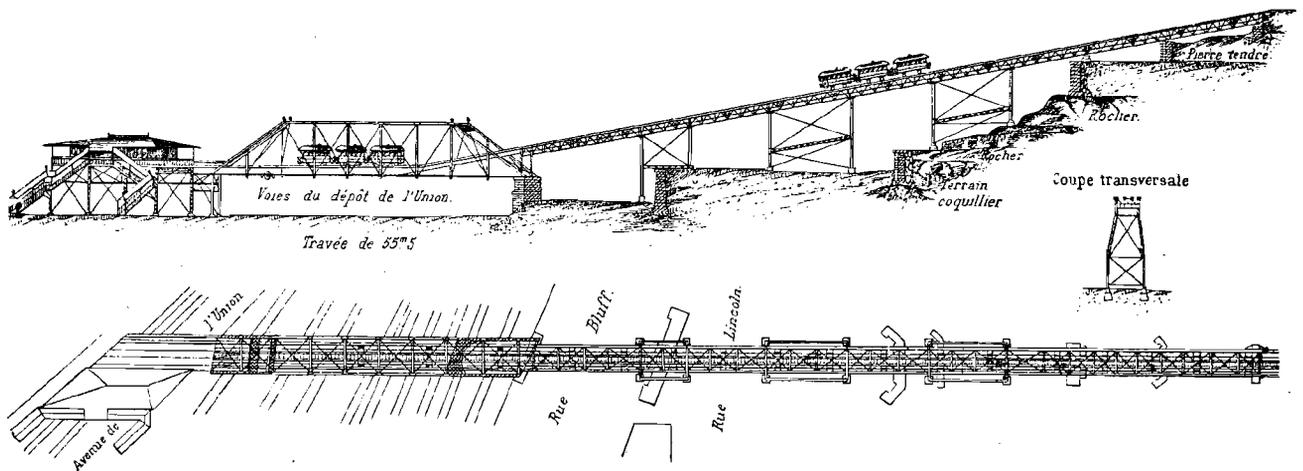


Fig. 1 et 2. — Plan et élévation longitudinale du chemin de fer funiculaire du Kansas.

Le chemin de fer funiculaire est muni d'un double câble, de sorte qu'en cas de réparation ou de remplacement il n'y ait aucune interruption dans la circulation. En réalité, on a un double mécanisme sur tout le parcours afin qu'en cas d'accident on puisse immédiatement faire le remplacement devenu nécessaire. Il y a ainsi deux poulies motrices, situées côte à côte dans la même fosse; le bâtiment des machines contient deux moteurs indépendants. C'est le seul exemple que l'on puisse citer aux Etats-Unis d'une installation double.

La première difficulté qui se présente dans la construction de ce plan incliné, ce fut l'établissement des fondations des piles de la charpente métallique. Ces piles reposaient en effet sur un terrain très abrupt; on constata, au début des travaux, qu'il se produisait un glissement de la couche calcaire qui recouvre le coteau. On mit cette couche à découvert, au pied de la pente et on trouva un filon de talc et de schiste noir ayant une épaisseur de 5<sup>m</sup>,40, lequel glissait et entraînait dans son mouvement la couche de calcaire dont il est question.

On arrêta ces mouvements de terrain en nettoyant avec soin la couche calcaire et en remplissant les crevasses et les fissures qu'elle présentait avec un coulis de ciment liquide. On parvint ainsi à empêcher l'eau de s'introduire dans ce terrain et à écarter la principale cause des mouvements qui se produisaient; en fait ces mouvements cessèrent aussitôt après l'accomplissement de ce travail.

Les égouts existants ont été aussi un obstacle sérieux; on résolut la difficulté en construisant sur presque toute la longueur de la voie un collecteur dans lequel on fit se déverser les égouts des rues traversées par le chemin de fer.

Les chaudières sont de la force de 600 chevaux-vapeur et peuvent parer à toute éventualité.

Le grappin, au lieu d'être placé au milieu du véhicule, comme dans les modèles ordinaires est fixé à l'une des extrémités, ce qui économise de la place et permet ainsi de loger un plus grand nombre de voyageurs. Ce grappin se compose de trois parties : la manivelle, l'arbre et les mâchoires. L'arbre qui met en mouvement la mâchoire du grappin est en acier laminé et la mâchoire est en acier fondu avec garniture de bronze afin de réduire au minimum l'usure du câble.

(*Railroad Gazette.*)

#### Port en eau profonde et docks de Tilbury sur la Tamise.

— Le projet de création de ce port et des docks qui y sont annexés date de l'année 1881, les travaux d'exécution ont commencé en 1882. Il nous paraît intéressant de donner une description générale du port, des docks et des divers aménagements qu'ils comportent. La figure 1 reproduit d'ailleurs une vue d'ensemble de ces établissements.

On voit que l'entrée du port, qui se trouve en face de Gravesend, a une longueur de 100 yards, soit 91 mètres environ. On accède d'abord dans un avant-port, vaste bassin à flot au bord duquel les paquebots peuvent accoster afin de débarquer leurs passagers qui trouvent asile dans un hôtel bâti à cet effet et que l'on aperçoit sur le plan.

L'avant-port est mis en communication avec les bassins des docks au moyen d'une écluse de 24 mètres de largeur, dont les murs ont été construits, en béton de ciment Portland avec revêtement en briques bleues pour les parties situées au-dessous



sens opposé. Dès que les chaînes sont de nouveau tendues, on fixe les deux pièces supérieures, les pièces inférieures redevenant libres et peuvent être rehaussées à leur tour et ainsi de suite.

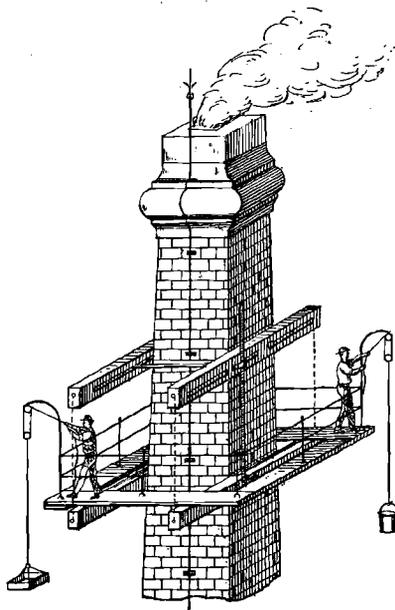


Fig. 1. — Echafaudage pour la construction et la réparation des cheminées d'usine.

Avec ce grimpeur, on gagne beaucoup de temps; l'appareil présente, d'ailleurs, toute la sécurité désirable.

(Engineer.)

**Engins employés en Angleterre pour le transbordement de la houille.** — Nous avons déjà décrit un certain nombre d'engins employés pour le déchargement des houilles des wagons, qui les amènent au port, dans les navires qui doivent les emporter à l'étranger. Des engins de ce genre existent dans les ports de Cardiff, Swansea, Newport, Sunderland, Hartlepool, etc., etc.; ils sont mus, soit par la force hydraulique, soit par la vapeur.

Les exemples d'installations destinées à opérer le transbordement des chalands naviguant dans les canaux, dans les navires, sont moins nombreux, c'est ce qui nous engage à reproduire la description des systèmes de ce genre qui fonctionnent en Angleterre, sur les rivières Aire et Calder (Yorkshire). Ces rivières constituent, avec le petit canal de Goole à Knottingley, une voie de communication entre les bassins de la Mersey à Liverpool, et du Humber à Hull.

Les marchandises (houille, minerai, etc.) sont amenées au lieu de transbordement dans des chalands assemblés les uns aux autres, de façon à former des trains.

Ces chalands sont en tôle, de forme rectangulaire, à coins arrondis. Ils mesurent 6<sup>m</sup>,10 de longueur et 4<sup>m</sup>,90 de largeur. Quand ils sont vides, leur tirant d'eau est de 0<sup>m</sup>,30; quand ils sont chargés, ce tirant d'eau atteint une hauteur de 1<sup>m</sup>,60, y compris une hauteur de bord de 0<sup>m</sup>,50. (Fig. 1.)

Chaque chaland peut contenir un poids de 40 tonnes de houille, et il pèse lui-même 8 tonnes.

Les parois verticales des extrémités du chaland affectent en plan une forme cylindrique, de sorte que le milieu de cette paroi fait saillie d'environ 15 centimètres par rapport aux encoignures.

Au milieu et aux deux extrémités se trouvent des barres d'entretoisement qui maintiennent les parois latérales, ainsi que le montre la figure 2.

Les bateaux sont réunis les uns aux autres, de façon à former un train analogue à un convoi de wagons et articulé de

manière à passer facilement dans les courbes et les sinuosités du cours d'eau.

A l'avant de chaque chaland, et dans son axe, se trouve un rondin de bois, *a*, de 25 centimètres de diamètre, placé verticalement et engagé dans une cannelure ou rainure ménagée à l'arrière du chaland qui le précède.

L'accouplement se fait alors au moyen d'une chaîne, qui s'enroule autour de la partie du pieu *a*, qui fait saillie au-dessus du bord du bateau.

Un assemblage, dit de secours, existe aux points *b* : il consiste en des chaînes ayant une longueur suffisante pour permettre aux bateaux d'exécuter leurs mouvements réciproques. Enfin, en *cc* sont des tampons tout à fait analogues à ceux des

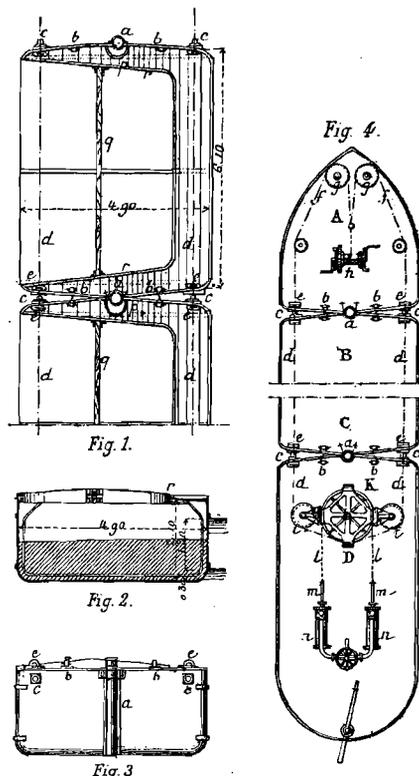


Fig. 1. — Vue en plan d'un chaland.  
Fig. 2. — Coupe transversale.  
Fig. 3. — Vue par bout d'un chaland.  
Fig. 4. — Vue en plan d'un train de chalands.

wagons, c'est-à-dire des tampons à ressorts, mais d'une construction plus grossière. Ces tampons sont situés au niveau du plan d'eau, quand le chaland est chargé et bute contre des planches ou tablettes en bois fixées au bateau qui précède.

Un train se compose généralement de 10 à 12 chalands; celui qui est en tête a un avant pointu, afin de pouvoir fendre l'eau plus facilement. (Fig. 4.)

Ce chaland de tête *A* ne porte aucune marchandise, mais il contient un réservoir que l'on remplit d'eau, de façon à donner au bateau le tirant d'eau nécessaire. Le train est mis en mouvement par un bateau à vapeur à hélice *D*, placé à l'arrière.

Ce bateau pousse le train; en opérant de cette façon, on n'a pas à vaincre la force retardatrice que donnerait le remous formé par le mouvement de l'hélice, au cas où il existerait un remorqueur en tête.

Le convoi a une longueur totale de 70 à 80 mètres; il est gouverné à l'aide d'un câble métallique *a*, qui passe dans des anneaux en fonte *ee* placés sur les chalands, de chaque côté de ceux-ci; à la proue, le câble est attaché à une chaîne *f* qui passe des deux côtés sur une poulie horizontale *g*, les deux extrémités de ce câble s'enroulent sur un treuil *h* placé sur le pont. Ce treuil a pour but de régler la tension du câble. A l'ar-

rievée, le câble passe sur deux poulies-guides *ii*, il s'enroule deux fois sur une grande poulie horizontale *k* fixée sur le bateau moteur; enfin en dessous, et sur la même poulie *k*, s'enroule un autre câble court *ll*, dont les extrémités aboutissent à deux tiges de piston *mm* ayant une course égale à environ les  $\frac{3}{4}$  de leur longueur dans deux cylindres horizontaux et parallèles *m* logés sur le pont. Ces pistons sont manœuvrés à l'aide de la vapeur fournie par la chaudière placée dans la cale du bateau D. Suivant que l'un ou l'autre de ces pistons marche en avant ou en arrière, la poulie *k* se meut à droite ou à gauche et la tête du train est ainsi dirigée dans un sens ou dans l'autre. La tension du câble maintient de plus la rigidité nécessaire pour que le train forme un tout indéformable et n'ait pas un mouvement de tangage trop accentué. En *p*, on voit une pompe à main servant à l'épuisement des eaux d'infiltration.

Les trains circulant à vide se composent de 16 chalands au moins, qui sont, alors, non plus poussés comme les trains circulant à charge, par le bateau D, mais remorqués par ce bateau.

Pour que des trains composés, ainsi que nous venons de l'expliquer, puissent circuler sans inconvénient, il est absolument nécessaire que le régime du cours d'eau soit tranquille et qu'il n'y ait pas de fortes crues.

L'équipage se compose de 4 hommes, dont un au gouvernail et deux mécaniciens: un de jour et un de nuit.

Pour faciliter la circulation des hommes sur le train, les chalands sont munis d'un pont en tôle qui ne gêne en rien le déchargement des houilles.

En effet, ce déchargement s'effectue par une ouverture longitudinale placée d'un côté du bateau, ainsi que le montrent les figures 1 et 2.

Parallèlement à l'axe longitudinal du train, on peut disposer une longrine *q*, maintenue à ses deux extrémités dans des sabots de fonte. Cette longrine sert de support à une bêche qui protège les marchandises susceptibles d'être avariées par l'eau de pluie.

Les chalands ont un chargement maximum de 40 tonnes, correspondant à la force de l'appareil de levage installé dans la rade du port de Goole.

Cet appareil soulève les chalands verticalement, jusqu'à la hauteur du plan de déchargement des navires; puis, quand le chaland est arrivé au niveau voulu, on lui imprime un mouvement de bascule qui détermine le déversement de la marchandise.

Le mécanisme de cet appareil est supporté par un échafaudage en bois, bien étré sillonné et construit en dehors de l'allignement du quai.

La charpente se compose essentiellement de 4 piliers d'angle. Une cage en fer laminé est suspendue à deux tiges de piston de 12 centimètres de diamètre: ces pistons se meuvent dans des cylindres hydrauliques fixés à la partie supérieure de l'échafaudage.

Ces cylindres hydrauliques, de 30 et de 38 centimètres de diamètre, placés verticalement, reçoivent de l'eau, sous pression de 50 atmosphères, fournie par un accumulateur à poids du modèle ordinaire. En ouvrant les soupapes d'introduction, l'eau soulève les deux pistons et ces derniers montent lentement et uniformément.

Le mouvement est facilité par deux contre-poids, qui sont suspendus à des chaînes passant sur les poulies et venant s'attacher à la cage de l'ascenseur. En équilibrant le poids de cette cage, on voit que l'effort à faire se réduit à celui correspondant à l'ascension du chaland seul et de son chargement.

Sur le châssis inférieur de la cage se trouve un berceau, composé de 4 poutres en fer à section de V, doublé de pièces de bois. Chaque chaland est amené dans le berceau par voie de flottaison, puis la cage est soulevée, et le chaland amené au niveau du plan incliné servant au déchargement.

C'est à ce moment que s'effectue le mouvement de bascule du berceau sur lequel repose le chaland. Cette manœuvre se fait à l'aide d'engrenages recevant leur mouvement d'une ma-

chine spéciale, actionnée comme les précédentes par l'eau sous pression.

Le poids mort du châssis mobile ou berceau, qui porte le chaland, est équilibré par un contrepoids, de sorte que la machine n'a qu'à produire l'effet juste nécessaire pour faire basculer le chaland. Lorsque le débarquement a eu lieu, le berceau revient de lui-même à sa position primitive, le chaland descend alors et reprend sa flottaison.

Pour toutes ces opérations, il ne faut qu'un personnel très restreint, savoir: un mécanicien posté au sommet de la plate-forme de l'échafaudage, chargé de la manœuvre des soupapes, etc., et un ouvrier, au bas de l'échafaudage, pour accrocher et décrocher les chalands.

On décharge ainsi 4 chalands par heure et on peut même aller jusqu'à 5 chalands, ce qui représente un poids de 200 tonnes.

(Centralblatt der Bauverwaltung.)

## Matériaux de construction

### Etude sur les chaux hydrauliques. (Suite.)

Le paragraphe 2 du troisième chapitre de la chimie appliquée, comprend l'analyse des chaux et ciments. C'est là une partie assurément très intéressante pour le fabricant, mais elle est beaucoup moins importante pour le constructeur, attendu qu'on n'a pas encore pu et qu'on ne pourra probablement jamais, en raison de causes multiples, établir une relation rigoureuse entre la prise et l'énergie d'une pâte ou d'un mortier et l'analyse de la poudre. Cette impossibilité s'explique très facilement si l'on tient compte des variations qu'on rencontre dans les proportions des éléments hydraulisants qui constituent les divers calcaires, et si l'on remarque que la valeur d'une chaux fournie par un calcaire donné ne dépend pas du rapport  $\frac{A}{C} = i$  de l'argile à la chaux, mais des combinaisons formées pendant la cuisson.

Comme dans les calcaires, le rapport  $\frac{A}{C}$  indique à peu près les résultats qu'on peut obtenir par une fabrication bien conduite, mais sa détermination dans les poudres ne prouve pas que ces résultats soient atteints.

Supposons que sans chauffer un fragment de calcaire on arrive à lui enlever son acide carbonique, son eau hygrométrique et de combinaison, on obtiendra une pierre, qui, réduite en poudre, présentera à l'analyse une composition sensiblement analogue à celle de la chaux cuite provenant du même calcaire mais n'offrant qu'une prise très médiocre qu'on peut attribuer à l'action pouzzolanique de la silice insoluble qui ne se trouve pas combinée avec l'alumine.

Connaissant l'indice d'hydraulicité d'un calcaire  $\left(\frac{A}{C} = i\right)$  on peut, en usant d'un artifice, reproduire très simplement l'expérience ci-dessus: après avoir réduit préalablement en poudre une certaine quantité de calcaire considéré on dissout par l'acide azotique ou chlorydrique, on lave et on sèche le résidu qui est ensuite réduit en poudre et pesé; soit *p* le poids de la poudre; on la mélange intimement avec un poids  $\frac{C}{A} \times p$  ou  $\frac{p}{i}$  de chaux grasse et on procède à des expériences de prise et de résistance sur cette chaux obtenue par voie humide et où, par conséquent, la silice n'a pu jouer le rôle d'acide vis-à-vis la chaux et l'alumine.

Une chaux mal cuite pourra fournir une analyse excellente et donner lieu, dans l'emploi, à de très mauvais résultats en raison de son peu d'énergie et même de son défaut presque absolu de prise; le danger sera bien plus grand encore si on emploie la mouture pour la réduction en poudre. Si la chaux est trop cuite, l'analyse pourra également fournir de très bons résultats, mais elle n'indiquera pas s'il existait des composés

très basiques susceptibles de fuser après l'emploi ; la mouture présente encore ici un très grand danger, car, les fragments vitrifiés à la surface n'étant pas en état de fuser lors de l'hydratation, restent en morceaux ; mais le noyau est fusible et, si on vient à briser sous les meules l'enveloppe vitrifiée et qu'on mélange, sans autres précautions, la poudre ainsi obtenue dans la chaux réduite en poudre par simple hydratation, on s'expose à des mécomptes que l'analyse ne peut révéler.

On peut se rendre compte de la cuisson d'une chaux par la teneur de la chaux cuite en acide carbonique. Lorsque, comme nous l'avons dit, la cuisson normale est déterminée, on peut facilement établir la teneur normale en acide carbonique ou, du moins, les limites extrêmes de cette teneur, et on a de la sorte deux procédés de vérification.

A ce point de vue, lorsqu'on connaît les limites entre lesquelles varie la proportion d'acide carbonique, la détermination de ce dernier est très intéressante, même pour le constructeur ; mais ici il y a lieu de faire une remarque très importante : l'échantillon soumis à l'essai doit être pris immédiatement après sa sortie du tas d'effusement ; dès lors, connaissant les limites extrêmes L et l de la teneur normale, il sera facile, en quelques minutes, de dire si la chaux est convenablement cuite ; au contraire, si la chaux avait déjà subi le contact de l'air humide, on trouverait généralement une quantité trop forte qui pourrait ne pas provenir d'une insuffisance de cuisson mais indiquerait bien plutôt que le produit est plus ou moins avarié ; si, dans ce cas, L' est la teneur trouvée, la différence L' — L mesurera en quelque sorte le degré d'avarie de la chaux soumise à l'essai.

Si l'analyse d'une chaux en poudre ne présente pas un grand intérêt pour le constructeur, ainsi que nous l'avons dit, elle est d'une grande utilité pour le fabricant.

En effet, la condition nécessaire pour attirer l'attention des constructeurs et mériter leur confiance, est de fournir un produit régulièrement bon, ou, du moins, comme nous le verrons, un produit ne descendant jamais au-dessous d'une qualité donnée qui permet encore à l'ingénieur de l'employer avec la certitude qu'il en obtiendra de bons résultats et que sa responsabilité ne sera pas compromise.

On a dit des usines cotées de l'Ardèche : que la valeur de leurs produits était due à une espèce de triage opéré sur les chaux avant leur livraison, que les produits mauvais ou douteux étaient vendus à des maisons de second ordre et employés dans un rayon assez restreint. Cette manière de faire peut exister, mais non sur une aussi vaste échelle qu'on semble le croire, car, si dans le courant d'une campagne, il se présente quelques fournées mauvaises et douteuses, il n'est guère possible d'admettre que la quantité de chaux inférieure en qualité au minimum fixé soit assez grande pour approvisionner d'une façon régulière des entrepôts un peu importants.

Pour être sûr du produit qu'il livre, il faut évidemment que le fabricant puisse en reconnaître la qualité avant sa sortie de l'usine et n'attende pas que des déceptions, éprouvées sur les chantiers, viennent lui révéler l'infériorité de sa chaux et jeter le discrédit sur sa maison ; mais si le fabricant honnête veut faire de bonnes affaires, il faut avant tout qu'il évite les fournées mauvaises ou douteuses par des précautions judicieuses qui doivent être considérées comme faisant partie de la fabrication courante.

Le contrôle permanent n'est plus alors qu'un surcroît de précaution et un moyen rapide de vérifier, d'une façon constante, la fabrication qu'on ne peut, à chaque instant, suivre dans toutes ses phases.

Nous pensons donc que la renommée des Usines de l'Ardèche et la confiance que leur accorde le monde des travaux sont bien plutôt dues à la valeur des calcaires, à la facilité de fabrication, aux méthodes et procédés employés, à la situation remarquablement favorable qu'elles occupent presque toutes, et notamment à leur importance au moment où commencèrent en France les grands travaux.

Mais quelle que soit la valeur de la chaux du Teil, etc., il y a lieu de s'étonner de son immense rayon de vente ; ce monopole, assurément, ne s'est jamais vu dans une autre industrie : le Creusot, par exemple, est loin d'être au fer et à l'acier ce que la seule maison de MM. Pavin de Lafarge est à la chaux, malgré l'opposition du Portland.

En approfondissant la question, on trouve que la raison de ce monopole est fort simple :

Avant la période des grands travaux, l'industrie de la chaux hydraulique était relativement peu répandue en France ; chaque région avait son fournisseur et il n'existait que trois ou quatre grandes usines « classiques » sachant faire de la bonne chaux.

Dans la plupart des fabriques, on travaillait le calcaire sans bases pratiques, sans données théoriques. Rien n'était plus facile : un gisement constitué par un certain nombre de bancs dont on ignorait l'analyse, un four de 2 à 4 mètres de hauteur, un hangar, suffisaient et ne coûtaient pas cher ; on s'agrandissait peu à peu suivant les besoins et on continuait ainsi, pendant une année, à introduire du calcaire au four, à cuire plus ou moins et à livrer aux clients la chaux en pierre dite hydraulique, qui, le plus souvent, était mise en œuvre plusieurs jours après sa sortie du four. Quel était le gaz qui se dégageait pendant la cuisson ? A quoi était due l'indisposition des chauffonniers travaillant sur la plate-forme des fours ? Qu'est-ce qui constituait l'hydraulicité ? Le fabricant ne s'occupait guère de cet a b c du métier.

Le procédé de la réduction en poudre (permettant d'employer une chaux, provenant d'un calcaire donné, à son maximum d'hydraulicité) se généralisant, la fabrication devint un peu plus compliquée et les causes de malfaçon furent augmentées de ce fait dans une large proportion ; à l'ancienne installation on adjoignit un ou deux blutoirs primitifs et on se mit à fabriquer la chaux en sacs pour satisfaire aux prescriptions des devis.

Pendant ce laps de temps, la chaux du Teil attirait l'attention de plusieurs ingénieurs de la région du Midi où l'on construisait alors des canaux et des chemins de fer. Les études de l'illustre Vicat sur la décomposition des mortiers à la mer placèrent ce produit à la tête des produits hydrauliques ; de sorte qu'en quelques années, probablement de recherches, d'études, de travail opiniâtre, guidé par des hommes éminents, les déceptions, les données pratiques recueillies sur les chantiers, soutenu par l'assurance du succès, on apprit à fabriquer suivant les règles de l'art ; l'usine se développa rapidement, les perfectionnements se succédèrent, les fournitures furent importantes ainsi que les bénéfices et, lorsque s'ouvrit la période des grands travaux, on était à même de livrer en grande quantité un produit offrant toute garantie.

Tel était, en France, l'état de l'industrie de la chaux à l'époque où fut donné le premier coup de pioche pour commencer l'exécution du programme de M. de Freycinet, y compris les fortifications. A ce moment, il était évidemment impossible que le Teil puisse fournir à peu près à la moitié du pays et précisément dans les régions où la défense des frontières devenait très impérieuse. On eut recours à une quantité d'usines qui durent forcer leur production, ce qui était loin de permettre d'apporter des améliorations et de se livrer à des études en vue d'apprendre à fabriquer convenablement ; les constructeurs obtinrent déceptions sur déceptions, et, finalement, lorsque le ralentissement dans les travaux survint, chacun avait assez des chaux douteuses, et la plupart des constructeurs font venir de l'Ardèche un produit sur lequel ils peuvent compter.

Cette manière de faire assez logique pour le moment, d'après ce que nous venons de dire, ne peut pas toujours durer ; il faut admettre, en effet, que la leçon servira et que, dans l'Est comme au Centre, on pourra construire avec sécurité pour le présent et l'avenir sans qu'il soit nécessaire de faire venir les chaux de 4 ou 500 kilomètres.

Il est vrai de dire que dans l'état actuel de la question, on ne possède pas des données fixes et certaines pour reconnaître la

valeur d'une chaux, surtout en ce qui concerne la fabrication, qui a une si grande influence sur la qualité des mortiers ; on s'est beaucoup occupé de la théorie de la prise qui est encore assez obscure et de peu d'utilité, mais trop peu des moyens sûrs et pratiques pour reconnaître la qualité d'un produit hydraulique.

En général aujourd'hui on dédaigne les expériences de laboratoire et on s'en rapporte aux résultats obtenus sur les chantiers. Cette manière de voir n'est pas justifiée, car, à moins de circonstances exceptionnelles, il faut qu'une chaux soit bien mauvaise pour qu'on constate son infériorité sur les chantiers.

Si on l'emploie en fondation, sous l'eau ou sous terre, elle est soustraite à la vue, et le plus souvent ce n'est qu'à la suite d'instructions spéciales qu'on en observe l'allure.

A l'air, un mortier présente ordinairement une prise convenable ; au bout de quelques jours il résiste au bout ferré de la canne de l'observateur, mais on ne sait pas ce qu'il adviendra dans l'avenir et s'il est plus résistant qu'un mortier fait avec une autre chaux.

Si l'on a observé les mortiers pendant la construction, les constatations cessent lorsque l'ouvrage passe au service de l'entretien, et si une désagrégation vient compromettre la sécurité ou nécessite une dépense, ce n'est généralement pas le constructeur qui le constate, aussi est-il rare que la question chaux soit mise en jeu et qu'on en recherche la provenance.

D'un autre côté, sur les chantiers, la chaux est soumise à des causes nombreuses d'avarie et ordinairement l'entrepreneur ne jette pas les produits avariés, le sable a une influence considérable sur la qualité des mortiers ; enfin il peut y avoir substitution, etc...

Des expériences suivies permettent bien mieux de se rendre compte d'une façon certaine de la valeur d'une chaux : mais il faut qu'elles soient faites avec méthode.

Généralement, lorsqu'on veut choisir une chaux, on procède à des expériences comparatives, quelquefois sur un seul échantillon des produits à examiner ; l'un d'eux étant adopté, les expériences sont abandonnées et, si l'usine admise fait des fournitures d'une qualité inférieure à l'échantillon envoyé, elles pourront passer inaperçues ou être révélées par une déception ; ces deux hypothèses sont à redouter, c'est pourquoi il est bon de les éviter en organisant, lorsque l'ouvrage en vaut la peine, un contrôle auquel, pendant le cours du travail, on consacrerait à peine une heure par jour.

Mais, en définitive, le moyen le plus sûr et le plus rationnel pour apprécier une chaux serait le contrôle à l'usine même exécuté par un agent connaissant à fond la fabrication et les conditions auxquelles doit satisfaire une chaux pour être réputée bonne.

Il paraît que cette innovation présenterait en pratique de nombreuses difficultés, si on la rendait officielle ; le contrôle de l'Artillerie et le Service municipal de Paris en offrent cependant des exemples !

Quoiqu'il en soit, tout en restant facultative, la vérification à l'usine peut encore présenter un très vif intérêt, car, si pendant une campagne, un certain nombre d'hommes compétents, Ingénieurs, Officiers du Génie, Conducteurs, Agents-voyers, Architectes, etc., etc., viennent se rendre compte par eux-mêmes de la valeur du produit avec les appareils et instruments qu'ils doivent trouver à l'usine, si les résultats concordent, on aura certainement en très peu de temps une idée très précise de

l'allure des pâtes et des mortiers faits avec la chaux contrôlée.

Cette allure pourrait encore donner lieu à différentes appréciations de la part des contrôleurs, car nous verrons, lorsque nous parlerons de la prise et de la résistance des pâtes et des mortiers, qu'une chaux d'une allure donnée peut être considérée comme bonne par certains constructeurs et comme médiocre par d'autres ; mais pour lever toute difficulté et tomber d'accord, il suffirait simplement d'établir graphiquement et dans les mêmes conditions, l'allure moyenne d'une chaux bien connue comme celle du Teil par exemple, pour servir de terme de comparaison.

Mais revenons à l'analyse des chaux qui comprend, suivant M. Ch.-L. Durand Claye la détermination du sable siliceux, de la silice combinée, de l'alumine, du peroxyde de fer, de la chaux, de la magnésie, de l'acide sulfurique, de l'acide carbonique, de l'eau et des alcalis, et voyons quel parti le fabricant peut en tirer.

Un fragment de calcaire introduit dans le four perd en partie ou en totalité son eau et son acide carbonique ; mais les rapports respectifs des différents éléments ne varient pas. Groupant ensemble le sable siliceux, la silice, l'alumine et le peroxyde de fer, appelons A le poids de ces quatre éléments réunis, C celui de la chaux, M celui de la magnésie, renfermés dans un poids donné de calcaire. Après la cuisson, si on procède à l'analyse de la pierre, on trouvera un poids A' pour la somme des poids des quatre éléments groupés, un poids C' de chaux et un poids M' de magnésie ; mais on remarquera que :

$$A' = A \cdot m, C' = C \cdot m \text{ et } M' = M \cdot m.$$

Ceci posé, appelons *éléments fixes* ceux dont les poids sont désignés par A, C et M ou A', C' et M' et proposons-nous de déterminer le poids de chaque élément pour 0/0 d'élément fixe ; on aura :

$$\begin{aligned} \text{Pour 0/0 des 4 éléments} &= \frac{100 A}{A + C + M} \\ \text{Pour 0/0 de chaux} &= \frac{100 C}{A + C + M} \\ \text{Pour 0/0 de magnésie} &= \frac{100 M}{A + C + M} \end{aligned}$$

De même, possédant l'analyse de la pierre cuite, on pourra également déterminer le pour 0/0 des éléments fixes, on aura :

$$\begin{aligned} \text{Pour 0/0 des 4 éléments} &= \frac{100 A'}{A' + C' + M'} = \frac{100 m A}{m(A + C + M)} = \frac{100 A}{A + C + M} \\ \text{Pour 0/0 de chaux} &= \frac{100 C'}{A' + C' + M'} = \frac{100 m C}{m(A + C + M)} = \frac{100 C}{A + C + M} \\ \text{Pour 0/0 de magnésie} &= \frac{100 M'}{A' + C' + M'} = \frac{100 m M}{m(A + C + M)} = \frac{100 M}{A + C + M} \end{aligned}$$

le pour 0/0 est donc le même dans la pierre cuite que dans le calcaire et par conséquent, possédant l'analyse générale et l'analyse d'un fragment cuit, il sera toujours facile de reconnaître le calcaire d'où il provient.

En pratique, on ne peut évidemment s'occuper d'une pierre unique, puisqu'il s'agit, étant donné le gisement exploité, d'obtenir une chaux devant au moins satisfaire à des conditions déterminées ; l'important est de savoir d'une façon permanente si la répartition est convenablement faite et, dans le cas contraire, de reconnaître par où elle pêche.

Au moyen de l'analyse générale, on établit le tableau suivant qui indique le pour 0/0 des éléments fixes des 14 calcaires exploités :

ÉLÉMENTS FIXES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Sable siliceux, silice, alumine et peroxyde de fer.....	22.00	27.21	25.23	25.86	23.88	24.59	24.69	27.54	24.80	27.48	21.77	28.09	25.63	27.49
Chaux.....	77.58	72.47	74.28	73.99	75.72	74.75	74.65	71.82	74.55	71.87	77.48	71.01	73.64	73.77
Magnésie.....	0.42	0.32	0.49	0.25	0.40	0.66	0.66	0.64	0.65	0.65	0.75	0.90	0.73	0.74
	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

on en déduit le minimum, la moyenne et le maximum du pour 0/0 des éléments fixes.

	MINIMUM	MOYENNE	MAXIMUM
Sable siliceux, silice, alumine et peroxyde de fer.....	21.77	25.30	28.09
Chaux.....	77.48	74.11	71.01
Magnésie.....	0.75	0.59	0.90

Nous avons vu que l'indice d'une poudre était égal à l'indice du calcaire d'origine multiplié par une quantité plus petite que l'unité qui varie avec plusieurs circonstances; les analyses de vérification ne doivent donc pas être faites sur la poudre marchande mais sur la chaux à l'effusement.

On prendra à l'intérieur d'un tas d'effusement une certaine quantité de chaux avec ses grappiers, le tout sera mécaniquement réduit en poudre et intimement mélangé, on fera l'analyse de cette poudre et on en établira le pour 0/0 des éléments fixes; la comparaison raisonnée avec les deux tableaux permettra de se rendre compte de la marche des opérations qui précèdent le blutage.

En examinant à un moment donné un poids  $P$  de chaux à l'effusement, on y trouve :

1° Un poids  $a$  de poudre fusée susceptible de passer par la toile finisseuse.

- 2° —  $b$  d'incuits. }  
 3° —  $c$  de surcuits. } Infusables.  
 4° —  $d$  d'argileux. }  
 5° —  $e$  de parties fusables non encore fusées.  
 6° —  $f$  de parties fusées non réduites en poudre.  
 7° —  $g$  de cendre, de scories et de charbon.

$P$

Les incuits, les surcuits, les argileux, constituent les infusables proprement dits, les incuits qui doivent exister en très petite quantité sont faciles à éliminer, et il ne reste sur la toile finisseuse que les surcuits, les argileux, les parties non fusées, scories, charbons, etc., qui constituent les grappiers.

Soit  $P$  un poids donné de chaux à l'effusement,  $t$  le temps d'effusement, c'est-à-dire le temps compris entre l'hydratation et le blutage,  $I$  l'indice moyen du calcaire employé,  $i = (I \times k)$  l'indice et  $p$  le poids de la poudre obtenue en blutant à la toile n°  $N$ ,  $P - p$  représentera le déchet dont une partie est utilisable si  $I$  est convenable, l'idéal d'une fabrication serait d'obtenir  $P - p = 0$  de même que nous avons vu, à propos de l'indice, qu'il fallait obtenir  $1 - k = 0$ ; ces deux conditions sont du reste corrélatives, car du moment qu'on aura  $P - p = 0$ , on aura aussi  $1 - k = 0$  ou  $i = I$ . C'est le cas du *toutvenant* qu'on fabrique en petit lorsque, comme nous l'avons vu il y a un instant, on réduit en poudre la chaux à l'effusement pour faire les analyses de vérifications.

Ce procédé de fabrication qui, en définitive, n'est autre que celui des ciments, offre une double cause d'économie : l'utilisation complète des déchets et l'augmentation du poids du mètre cube de poudre; mais, pour la catégorie des chaux, il ne peut guère être admis, car, en examinant les différents produits qui constituent la chaux à l'effusement, on reconnaît qu'on ne pourrait en grand obtenir  $P - p = 0$  ou  $i = I$ , sans s'exposer à livrer un produit lourd susceptible d'expansion ou très maigre et même le plus souvent présentant ces deux inconvénients à la fois.

Nous verrons plus tard comment, pour les chaux à forts indices, on est amené à adopter le procédé du *toutvenant* si on ne veut pas se résoudre à les traiter comme des ciments.

Les poids  $e$  et  $f$  de la décomposition précédente sont afférents à des parties riches en argile ou qui n'ont pas eu assez d'eau pour tomber en poudre rapidement. Ces poids diminuent lorsque  $t$  augmente, par suite  $a$  grandit avec  $t$  sensiblement de la même quantité que  $e$  et  $f$  diminuent; il faut donc chercher à

annuler  $e$  et  $f$  pour obtenir sans danger le maximum de  $p$  et par suite le minimum de  $(P - p)$ .

La pratique prouve surabondamment que  $p$  est fonction de  $t$ , et des analyses exécutées sur de la poudre provenant de la même chaux à l'effusement, mais à deux ou trois jours d'intervalle, prouvent aussi que  $t$  grandit avec  $t$ .

$e$  et  $f$  étant à peu près annulés en faisant  $t$  assez grand en tenant compte de l'eau introduite à l'hydratation et les incuits étant éliminés, il ne reste que les surcuits et les argileux, qu'on peut alors réduire en poudre à la façon des ciments et les reincorporer en proportions définies à la fleur de chaux; si  $I$  est convenable et si l'opération est bien conduite, ils donneront (ce qui est du reste conforme à la théorie) un surcroît de qualité facile à mettre en évidence.

On pourrait donc théoriquement obtenir  $i = I$ , mais pratiquement, pour des raisons que nous exposerons plus loin, un bon produit (chaux) présentera toujours un indice  $i$  inférieur à  $I$ .

D'après ce qui précède, on comprendra facilement que le poids  $p$  pour une certaine valeur de  $t$  varie avec le côté  $n$  du carré des mailles de la toile finisseuse des blutoirs, de sorte qu'en définitive, mettant à part les infusables proprement dits, on a :

$$p = f(t, n)$$

Nous discuterons plus loin la valeur à donner à  $n$  qui varie à peu près comme il suit, suivant le numéro de la toile en fer recuit :

N° DE LA TOILE	VALEUR DE $n$	OBSERVATION
20	17.00	Les nos 40, 45 et 50 ne diffèrent que par la grosseur des fils. Pour une même grosseur de maille et la même surface de toile, la surface tamisante est d'autant plus grande que les fils sont plus petits.
25	0 85	
30	0 65	
35	0 55	
40	0 40	
45	0 40	
50	0 40	
60	0 30	
70-80	0 20	

Si l'analyse d'une chaux en poudre ne peut donner des renseignements certains sur les résultats qu'on peut en attendre, l'interprétation du résidu insoluble de la dissolution acide d'une poudre peut fournir des données précises sur la fabrication et la valeur du produit considéré; aussi, avant de procéder aux essais mécaniques, les seuls concluants, la première expérience à faire sur une chaux dont on veut déterminer la qualité, est d'en dissoudre un poids donné et d'étudier le résidu insoluble en suivant la marche que nous allons exposer ou par comparaison avec un produit type.

Cette expérience peut se faire très rapidement, elle est, du reste, d'une grande simplicité et, par conséquent, à la portée de tout le monde.

Mais, avant de passer à l'étude du résidu insoluble, il est nécessaire d'établir l'analogie qui existe entre les chaux et les ciments en ce qui concerne la finesse du blutage.

Des expériences nombreuses et notamment celles de M. Michaëlis, ont mis en évidence l'influence de la fine mouture sur la résistance d'un mortier de ciment; voici comment peut s'expliquer la relation qui existe entre la valeur d'un ciment et la finesse de la poudre.

Prenons un fragment de calcaire avec lequel on fabrique soit de la chaux hydraulique, soit du ciment; dissolvons-le dans l'acide azotique; lorsque l'effervescence a cessé et, après avoir légèrement chauffé, on obtiendra comme on sait un dépôt boueux d'argile et de sable si le calcaire en renferme.

À la sortie des fours, prenons maintenant une certaine quantité de ce même calcaire cuit et soumettons-le immédiatement à la mouture et au blutage à la toile n° 35 par exemple; prenons ensuite une dizaine de grammes du résidu du blutage dont l'aspect est celui d'un sable irrégulier et dissolvons à nouveau dans l'acide; on obtiendra, le plus souvent, un résidu boueux

et sableux, mais on remarquera qu'une notable proportion des gros grains est complètement insoluble.

Il serait intéressant d'établir l'influence que peuvent avoir ces insolubles sur la prise et la résistance des produits hydrauliques, c'est ce que nous nous proposons de faire dans la suite ; pour le moment, nous nous contentons de faire remarquer que pendant la cuisson il se forme des composés insolubles et que la proportion de ceux-ci est sensiblement plus retardée pour une pierre non susceptible de s'éteindre après cuisson que pour une autre dont la réduction peut se faire à peu près complètement par simple hydratation.

Les parties grossières n'ont aucune action sur la prise et la résistance d'un produit, au contraire elles en diminuent la qualité en jouant le rôle de sable et en produisant, par suite, dans la masse, une certaine division, un certain éloignement des molécules, un amaigrissement de la pâte qui retardent et diminuent l'intensité des phénomènes qui déterminent la solidification.

Cette influence n'est, du reste, autre chose, au fond, qu'une preuve directe de la *nécessité du contact*. L'intensité d'une combinaison varie, en effet, avec le nombre des points de contact ; c'est là une notion élémentaire de chimie.

Le gâchage en est encore une autre preuve, car la solidification *réelle* d'un ciment ou *à fortiori* d'une chaux, ne peut se faire sans qu'il y ait *contraction*, c'est-à-dire sans que les molécules aient été placées dans un état de rapprochement absolument nécessaire pour obtenir le durcissement ; c'est en quelque sorte une vérification de l'aphorisme si souvent applicable *corpora non agunt nisi soluta*.

Enfin, l'influence de la grosseur et de la *régularité* du sable sur la résistance s'explique aussi très simplement par la nécessité du contact. Mais laissons là cette digression et poursuivons notre étude sur le résidu du blutage que nous avons considéré.

Si on prend la partie grossière d'un ciment et qu'on en fasse un mortier sans addition de sable, on n'obtiendra pas de solidification ; mais si ces mêmes parties sont réduites en poudre impalpable, la pâte durcira, ce qui prouve que la finesse de la poudre favorise les phénomènes auxquels la solidification est due.

La poudre de parties grossières ne donnera pas un mortier parfait, car elle ne renferme pas les proportions d'éléments les plus convenables pour la solidification, mais si on la réincorpore à la poudre courante, elle pourra en augmenter la qualité, de sorte que par un blutage fin et la réincorporation, on réalise une économie en donnant au produit une valeur qui permet, pour une résistance donnée, d'augmenter la proportion de sable.

Certains applicateurs ont prétendu que cette manière d'opérer pouvait dans certains cas, avec les ciments prompts, présenter des inconvénients lorsqu'il s'agit par exemple, en vue d'obtenir le maximum d'imperméabilité, de gâcher pur et très ferme ; la prise est alors si rapide que l'emploi du ciment devient très difficile à une température un peu élevée.

Ce reproche est sans fondement, car, pour une température et une consistance données, la prise et la résistance pour un même ciment dépendent du sable qu'il renferme ; l'applicateur sera donc toujours libre dans une certaine limite d'obtenir une prise qui lui permettra d'employer le ciment en ajoutant du sable ; mais il n'est pas nécessaire que le fabricant l'ajoute lui-même en laissant les parties grossières, attendu que ce genre de fabrication, qui conviendrait dans un cas particulier, serait à critiquer dans la pratique ordinaire des chantiers où il sera toujours plus facile et plus économique d'ajouter du sable que de retirer les parties grossières.

Quant aux ciments Portland, la fine mouture est absolument nécessaire et on peut voir à ce sujet le mémoire de M. Barreau, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

Pour les chaux réduites en poudre par hydratation, nous avons vu qu'on avait :

$$v = f(t, n),$$

mais on a aussi :

$$i = f(t, n),$$

car lorsque  $i$  est assez grand, les parties les plus argileuses étant les plus longues à se réduire en poudre, il est évident que  $i$  augmentera avec  $t$  et avec  $n$  ; mais si  $n$  a une valeur trop grande, on s'expose à laisser passer soit des molécules qui n'ont pas encore fusé et qui feront expansion après l'emploi, soit des infusables qui amaigriront le produit ; ces considérations servent à déterminer la valeur de  $n$ .

Le résidu  $P - p$ , déduction faite des incuits, doit être considéré comme un ciment, et tout ce que nous avons dit plus haut à propos des produits dont la réduction en poudre ne peut se faire que par la mouture, s'applique à ce résidu.

Mais si la fabrication est défectueuse, la chaux peut renfermer une notable proportion de fusibles non fusés et des incuits qui, comme les particules argileuses et non solubles, ne feront que diviser la masse de la poudre réellement active.

La dissolution acide ne permet pas de reconnaître s'il existe des fusibles dans la poudre, mais si un résidu bonne surmonte le résidu sableux, on peut en conclure qu'on est en présence d'une chaux limite ou d'une chaux à indice relativement élevé, ou enfin qu'on opère sur un produit d'un indice inférieur mais mal cuit ; le plus souvent, un fort indice entraîne presque toujours une insuffisance de cuisson, et par conséquent des combinaisons incomplètes qui peuvent en motiver la désagrégation progressive par dissolution ou décomposition lentes et souvent aussi par expansion.

Pour apprécier la fabrication d'une chaux, on aura donc à déterminer :

- 1° Le poids d'acide carbonique d'où on déduit la quantité d'incuits en poids ou en volume ;
- 2° Le poids ou le volume des autres matières inertes insolubles.

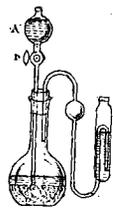


Fig. 1.

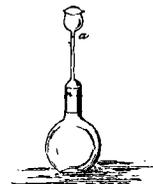


Fig. 2.

**I. Détermination de l'acide carbonique.** — Pour déterminer l'acide carbonique renfermé dans les poudres, malgré la profusion d'appareils de dosage, nous avons imaginé celui représenté par la figure 1. Il a l'avantage de ne pas laisser entrer l'acide sulfurique lors du refroidissement, on évite ainsi la formation du sulfate de chaux très gênant pour la décantation. (En vente chez Secrétan, 13, place du Pont-Neuf, Paris.)

On introduit dans la fiole à fond plat  $g$  grammes de poudre, puis une quantité d'eau telle que la poudre en soit recouverte d'un centimètre environ. On bouche hermétiquement la fiole avec le bouchon traversé par les deux appareils en verre A et B ; on remplit B d'acide sulfurique et A d'acide chlorhydrique, on place ensuite l'appareil ainsi préparé sur le plateau d'une balance sensible à 0<sup>es</sup>,05, puis on fait la tare. Au moyen du robinet  $r$  on laisse entrer peu à peu l'acide chlorhydrique dans la fiole ; l'acide carbonique se dégage et s'échappe dans l'atmosphère par B en traversant l'acide sulfurique qui absorbe l'eau entraînée ; lorsque toute effervescence a cessé, on chauffe légèrement et on place de nouveau l'appareil sur le plateau de la balance, puis on rétablit l'équilibre en plaçant les poids dans le plateau de la fiole. La somme  $p_1$  de ces poids représente en grammes le poids d'acide carbonique renfermé dans  $g$  grammes de poudre ; on enlève le bouchon et on transvase tout le contenu de la fiole dans une autre fiole en ayant soin de ne perdre aucune parcelle du résidu ; lorsque toute la matière est déposée

au fond de la seconde fiole on décante plusieurs fois en remplaçant par de l'eau distillée et, en définitive, on ne laisse dans la fiole que le dépôt avec le moins d'eau possible.

On recommence, toujours sur  $g$  grammes,  $n$  fois l'opération précédente, mais sur des échantillons différents de la même chaux et chaque fois on recueille le résidu dans la seconde fiole.

Si  $p_1, p_2, p_3, \dots, p_n$  sont les poids d'acide carbonique successivement trouvés, la comparaison de ces nombres permettra d'apprécier la régularité de cuisson, si on est assuré qu'aucun échantillon n'a subi un commencement d'avarie, et lorsque les différences ne seront pas trop grandes,  $\frac{p_1 + p_2 + p_3 + \dots + p_n}{n} = p$  représentera le poids d'acide carbonique renfermé dans  $g$  grammes de poudre (on peut faire  $g = 10$  et  $n = 4$ ).

En appelant  $p'$  le poids en grammes des éléments qui, dans le calcaire générateur, se trouvent en présence de 100 gr. de carbonate de chaux, le poids  $\pi$  des incuits renfermés dans 1,000 kilos de poudre sera représenté en kilogrammes par la formule :

$$\pi = 22,727 \frac{p}{g} (100 + p')$$

Si  $T$  représente la teneur moyenne normale par 100 grammes de poudre, le poids  $\pi_1$  des incuits en excès sera représenté par :

$$\pi_1 = 22,727 \left( \frac{p}{g} - \frac{T}{100} \right) (100 + p')$$

Et si  $\delta$  représente la densité moyenne du calcaire générateur, le volume  $V_1$  de ces incuits sera exprimé par :

$$V_1 = \frac{\pi_1}{\delta}$$

**II. Détermination des matières insolubles solides.** — Le poids des matières insolubles solides introduites dans la seconde fiole lors de la détermination de l'acide carbonique provient de  $ng$  grammes de poudre; on a vu qu'on devait en opérer le lavage immédiatement à chaque opération et ce afin d'éviter la formation de la silice gélatineuse qui se forme pendant le refroidissement et qui rendrait la décantation plus difficile; il faut, en outre, éliminer avec soin, lorsqu'il existe, le dépôt boueux d'argile qui, comme nous l'avons dit, indique une cuisson insuffisante ou un excès du composé de silice et d'alumine vis-à-vis la chaux.

Le dépôt sableux étant bien lavé, on le recueille et on le fait sécher doucement extérieurement, puis on en détermine le poids  $p''$  de sorte que le poids  $\pi_2$  des matières insolubles sableuses renfermées dans une tonne de poudre sera représenté en kilogrammes par :

$$\pi_2 = 100 \frac{p''}{ng}$$

et le poids total  $\pi$  des incuits et du résidu insoluble renfermés dans une tonne de poudre sera :

$$\pi = \pi_1 + \pi_2.$$

Pour la détermination du volume, on remplit d'eau distillée jusqu'au repère  $a$  un flacon à densité de dimensions convenables (fig. 2), puis on l'essuie soigneusement en évitant d'échauffer le flacon avec les mains et on le pèse; la totalité du résidu mouillé est introduite dans le flacon qui est de nouveau essuyé avec précautions, on ramène l'eau au niveau  $a$  puis on pèse de nouveau; le poids en grammes nécessaire pour rétablir l'équilibre indique très approximativement en centimètres cubes le volume  $v$  des matières sableuses renfermées dans  $ng$  grammes de poudre. Le volume  $v_2$ , exprimé en décimètres cubes, renfermé dans 1000 kilos de poudre sera :

$$v_2 = 1000 \frac{v}{ng}$$

et en définitive le volume total des incuits et des matières sableuses, irréductibles en pâte, renfermé dans une tonne de poudre sera :

$$V = v_1 + v_2.$$

**REMARQUE.** — Il peut se faire qu'à partir d'une certaine finesse le résidu sableux ait une action pouzzolanique; mais

toutes les particules qui ne sont pas susceptibles de former pâte avec l'eau n'en concourent pas moins à l'amaigrissement des mortiers; on doit donc en tenir compte lors de la détermination du dosage.

(A suivre.)

## Bibliographie

### Traité pratique d'électricité appliquée à l'exploitation des chemins de fer. (Suite.)

#### CHAP. IX. — APPAREILS DE CONTROLE DU FONCTIONNEMENT DES DISQUES ET DISQUES ÉLECTRIQUES

Le contrôle du fonctionnement des disques est une application déjà très ancienne qui permet de placer ces disques au loin, entre 1,200 et 1,800 mètres et ainsi de protéger les gares, à distance.

L'appareil le plus ordinairement employé est la sonnerie trembleuse qui résonne tout le temps que le disque reste à l'arrêt, c'est un bruit, du reste, bien connu de tous les voyageurs. Le traité étudie les commutateurs de disque établis par simple contact dû à la rotation du disque ou par contact réalisé à l'aide d'un frottement. Lorsqu'un même disque peut être manœuvré par plusieurs leviers situés en des points différents d'une gare, il faut autant de commutateurs que de poulies de manœuvre fixées sur le mât du signal. La description des sonneries trembleuses accompagne celle des commutateurs et est complétée par les prescriptions à observer pour rechercher les dérangements éventuels; les abris des sonneries sont aussi passés en revue, puis le chapitre continue par l'examen des appareils usités à l'Est et appelés : répéteurs optiques des disques, dans lesquels un voyant indique, par sa position, si le disque a été fait ou non; il donne ensuite les différents modes de montage des sonneries, toutes questions pleines d'attraits pour les gens du métier; de là on passe au sifflet électro-moteur usité à la Compagnie du Nord et qui a pour but d'avertir le mécanicien s'il a franchi, sans l'apercevoir, un signal mis à l'arrêt. Ce sifflet électro-moteur est également appliqué au déclenchement électrique du frein Smith, de telle sorte que le train peut s'arrêter même sans la participation des agents. Enfin comme la manœuvre de disques situés entre 1,200 et 1,800 mètres de distance offre parfois des difficultés, par suite de la mise en mouvement d'un fil très long, des frottements qui peuvent se produire d'autant plus grands que la direction n'est pas toujours rectiligne, on a imaginé des disques mûs par l'électricité, organes délicats peu répandus en France, essayés cependant à l'Est. Ils sont de deux systèmes, le système Teirich et Léopolder et le système Schaeffler. Ces appareils comportent des mouvements d'horlogerie assez complexes dont la marche ne peut se résumer en quelques mots et doit être étudiée dans le livre même; ils permettent de réaliser l'anciennement réciproque des signaux et des changements de voie.

Après l'examen de la protection électro-automatique des trains, à l'aide d'une pédale placée à 100 mètres des disques avancés, le chapitre se termine par une application intéressante de l'électricité au contrôle de l'éclairage des disques, moyennant l'intermédiaire d'un appareil appelé photoscope qui avise de l'extinction accidentelle de la lanterne et permet ainsi de veiller à la conservation des feux.

Toutes ces questions sont, en somme, du domaine de l'Horlogerie; l'électricité intervient là comme moteur pour arrêter ou produire des mouvements, favoriser ou contrarier l'action d'un ressort, produire ou intercepter un contact; c'est en résumé de la mécanique « fine » qui constitue une spécialité et se rapporte à des services particuliers; néanmoins l'exposé de toutes ces combinaisons intéresse le lecteur, en lui faisant toucher de près les principes de ces diverses applications.

(A suivre.)

Le Directeur-Gérant : EDOUARD CAHEN.

Paris. — Imprimerie Schiller, 19 et 11, faubourg Montmartre.

# Les Annales des Travaux Publics

REVUE UNIVERSELLE DE L'OUTILLAGE DES TRAVAUX PUBLICS ET DES PROCÉDÉS DU GÉNIE CIVIL

Paraissant du 1<sup>er</sup> au 10 de chaque mois

L'ABONNEMENT D'UN AN

Paris . . . . . 20 fr.  
Départements . . . . . 24 fr.  
Etranger . . . . . 28 fr.

Publiées par le JOURNAL DES TRAVAUX PUBLICS

35, RUE LE PELETIER, A PARIS

L'ANNONCE D'UN AN

Une page entière . . . . . 1000 fr.  
Une demi-page . . . . . 500 fr.  
Un quart de page . . . . . 300 fr

Les abonnements sont reçus à Paris au bureau du Journal des Travaux Publics, 35, rue Le Peletier, et, dans les départements, chez tous les libraires.

N° 71

Novembre 1885

6<sup>e</sup> Année

## SOMMAIRE

- ETUDES DIVERSES. — Détermination précise de la stabilité des murs de soutènement et de la poussée des terres (suite, 5 fig.). — Le nouveau port d'Anvers (fin, pl. CXLII). — Consolidation des terrains ébouleux par masses (pl. CXLIII). — Nouveau disque électrique fonctionnant par un courant continu (6 fig.).
- Outillage des travaux publics : Appareil élévatoire pour la pose rapide des pierres dans les grandes constructions.
- CHRONIQUE FRANÇAISE. — Les ascenseurs hydrauliques.
- CHRONIQUE ÉTRANGÈRE. — Les travaux publics à l'exposition internationale des inventions à Londres (suite). — Nouveau système d'écluse (4 fig.).
- MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION. — Les chaux hydrauliques (suite).
- BIBLIOGRAPHIE. — Traité pratique d'électricité appliquée à l'exploitation des chemins de fer (suite). — Etablissement de passages pour les poissons migrateurs.

## Détermination précise de la stabilité des murs de soutènement et de la poussée des terres

(Suite.)

Si nous prenons le livre de Dubosque, nous trouvons d'abord les constructions qu'il appelle, assez bizarrement « murs de revêtement » et qui sont des murs rachatant une partie des talus d'un remblai comme l'indique la figure 50.

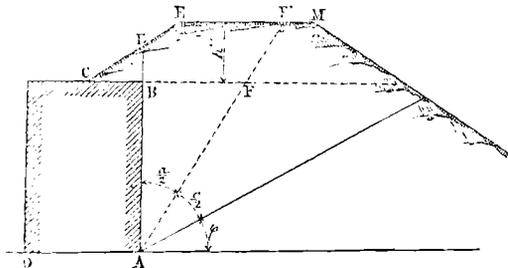


Fig. 50.

Dans sa théorie, Dubosque considère le mur comme soumis au prisme de plus grande poussée ABF, déterminé par le plan bissecteur de l'angle  $\alpha = 90^\circ - \varphi$ , ce prisme étant surmonté d'une surcharge régulière de hauteur  $h'$  sur la largeur BF; quant au prisme CBD il repose sur le mur et concourt à sa stabilité.

D'après ce que nous avons vu précédemment, le prisme CBD agit bien dans ce sens là, mais le prisme de poussée exerçant son action sur BA devrait être calculé d'après la forme BDEM, limitant la partie supérieure du massif, et le plan bissecteur se prolongerait jusqu'en F'.

Il est probable que ce dernier procédé donnerait une différence peu considérable, en pratique, avec le résultat obtenu en considérant le prisme ABF comme surmonté de la surcharge  $h'$ . Nous n'insisterons pas là-dessus, afin de passer à une lacune assez importante, la question des murs consolidés par des contreforts.

La théorie des contreforts a été étudiée de deux façons différentes, par Dubosque d'une part, par Raux et Vigreux de l'autre.

On distingue les contreforts : 1° en contreforts intérieurs qui divisent le prisme de plus grande poussée et diminuent les tendances au renversement, mais peuvent se détacher du mur sous l'action de la poussée; 2° en contreforts extérieurs qui, loin de tendre à se séparer du mur, s'y appliquent au contraire plus fortement sous l'action de la poussée et contrebute le mur ou masque.

Trouvant que les études théoriques et expériences pratiques-faites par divers constructeurs, conduisent à des résultats compliqués, Dubosque propose de résoudre la question par des considérations plus simples où la théorie entre d'ailleurs pour peu de chose.

Il admet, comme données moyennes expérimentales, 3 mètres pour l'écartement des contreforts et 1 mètre pour leur épaisseur. Ceci posé, il admet encore (fig. 51 et 52) que la partie du mur, contenue entre les deux plans verticaux AB et CD menés par les milieux des intervalles voisins, peut être considérée comme un bloc homogène susceptible de tourner autour de l'arête ef; les données sont donc : le massif soutenu et, par suite le prisme de plus grande poussée, par suite la valeur de Q. La hauteur  $h$  étant connue, l'épaisseur du masque est une fraction de cette hauteur, laquelle fraction se déduit de l'expérience d'après la qualité de la maçonnerie et la liaison des matériaux. Par suite la largeur  $x$  du contrefort est la seule inconnue du problème.

En appelant P, le poids du masque  $abcd$ , P' celui du contrefort  $ghcf$ , L et L' les bras de levier de ces poids, Dubosque établit leurs moments PL et P'L', prend le moment par mètre, en divisant la somme PL + P'L' par 4 mètres qui est la longueur du monolithe considéré, et égale enfin ce moment courant au moment de stabilité de ce qu'il appelle : le mur vertical-type.

Ce mur vertical-type correspond à une poussée donnée par un massif où le talus naturel aurait 3 de base pour 2 de hauteur, ( $\tan \varphi = \frac{2}{3} = f$ ), où la densité du massif serait 1,800 kilog.; celle de la maçonnerie 2,200 kilog. (ces chiffres étant des moyennes usuelles).

Alors

$$Q = \frac{1}{3} \times 1800 \times h^2 \times \tan \frac{\alpha}{2}$$

mais

$$\frac{\alpha}{2} = \frac{90^\circ - \varphi}{2}$$

et

$$\varphi = \text{angle } \tan \frac{2}{3} = 33^\circ, 41', 30''.$$

d'où

$$\alpha = 56^{\circ}, 18', 30''$$

et

$$\frac{\alpha}{2} = 28^{\circ}, 9', 15''.$$

$$\tan \frac{\alpha}{2} = \tan 28^{\circ}, 9', 15'' = 0.5352$$

et

$$\tan^2 \frac{\alpha}{2} = 0.286439,$$

d'où

$$Q = \frac{1}{2} \times 1800 \times 0.286439 h^2.$$

Le moment de Q est

$$\mu = \frac{1800}{2} \times 0.286439 h^2 \times \frac{h}{3} = 85.9307 h^3.$$

or, d'après son principe d'égaliser  $2\mu$  au moment du mur, Dubosque arrive à la relation

$$2\mu = 171.8614 h^3 = \frac{hx \times 2200 \times x}{2}$$

d'où

$$343.7228 h^3 = h \times 2200 x^2$$

ou

$$343.7228 h^2 = 2200 x^2$$

et par suite

$$x^2 = \frac{343.7228}{2200} h^2 = 0.156237 h^2$$

et

$$x = 0.395 h$$

et en chiffres ronds  $0.40 h$ .

Si le poids de la maçonnerie varie, en thèse générale le moment du mur peut s'exprimer par

$$\frac{h \times 0.40 \times h \times \delta \times 0.40 h}{2} = 0.08 \delta h^3 = \delta \times \frac{0.40^2}{2} h^3;$$

c'est donc à ce moment que Dubosque oppose le moment courant  $\frac{PL + P'L'}{4}$  dont nous avons parlé plus haut; il arrive par suite à une relation du deuxième degré de laquelle il résulte que la valeur de  $x$  va en croissant, si  $\delta$  diminue, mais que le cube total du monolithe va en diminuant; comme conclusion, il faut réduire au maximum la valeur de  $\delta$ .

L'expérience, d'après le même auteur, indiquerait  $\delta$  variable de  $\frac{1}{5}$  à  $\frac{1}{6}$  de  $h$ .

Avec la théorie plus substantielle et plus radicale de A. Gobin, on eût égalé le double du moment de la poussée  $Q_{90}$  supportée par le système monolithe, sur la largeur de 4 mètres, à la somme des moments résistants qui auraient été : 1° le moment de la résistance à l'arrachement sur la section de base du monolithe; 2° le moment du poids de ce monolithe; 3° le moment du frottement des terres contre la surface du masque  $ef$  sur 4 mètres de largeur, tous ces moments étant pris par rapport à l'arête  $ef$  de renversement.

Nul doute que cette manière d'opérer conduise à quelque économie de maçonnerie.

Passons maintenant aux murs à contreforts intérieurs pour lesquels Dubosque admet encore comme éminemment favorables la largeur (1 mètre) et l'écartement (3 mètres), (fig. 53 et 54).

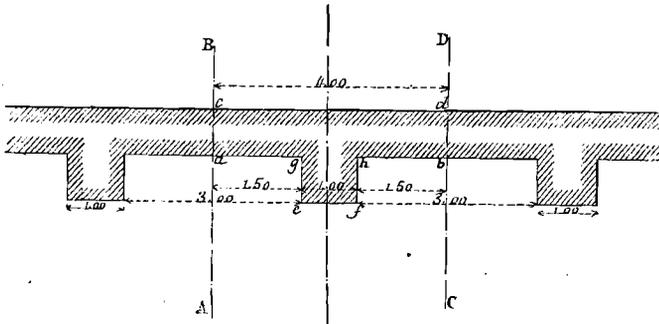


Fig. 51.

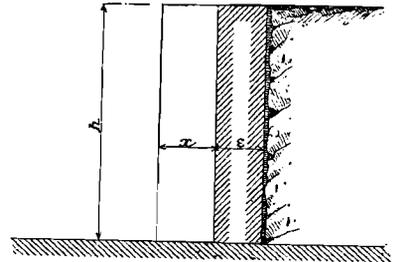


Fig. 52.

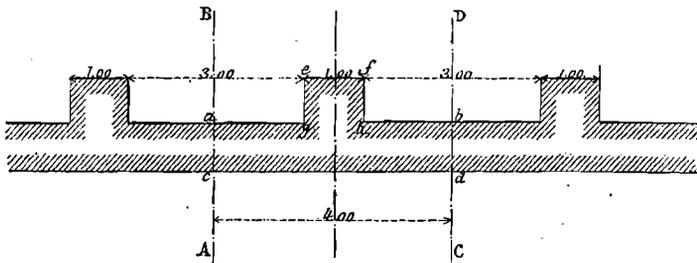


Fig. 53.

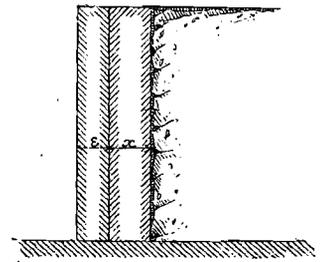


Fig. 54.

Ainsi le mur vertical dont l'épaisseur serait  $0.40 h$  représente le mur-type dont le moment égale le double du moment d'une poussée dans les conditions ci-dessus.

En faisant  $x = 0.40 h$ , le moment du mur est

$$\frac{h \times 0.40 h \times 2200 \times 0.40 h}{2} = 176 h^3.$$

Le moment de la poussée étant  $85.9307 h^3$  ou en chiffres ronds  $86 h^3$ , le coefficient de stabilité (toujours dans ce système) est

$$\frac{176 h^3}{86 h^3} = 2.04$$

soit 2.

Le calcul présente de l'analogie avec le cas précédent; le mur sera considéré comme un monolithe compris entre AB et CD et susceptible de tourner autour de l'arête  $cd$ .

Le moment résistant du masque  $abcd$  étant  $PL$ , le moment du contrefort  $efgh$  étant  $P'L'$ , le moment de résistance par mètre courant sera  $\frac{PL + P'L'}{4}$ ; ce moment-là est égalé au moment du mur type  $\delta \times \frac{0.40^2}{2} h^3$ . De là Dubosque arrive à une formule de laquelle il résulte que, si l'on diminue l'épaisseur  $\delta$  du

masque, la saillie  $\alpha$  du contrefort doit croître, mais la maçonnerie n'en diminue pas moins de volume, de sorte que l'on peut faire décroître  $\epsilon$ , tant que le masque n'est pas exposé à céder sous la poussée.

En appliquant les principes de A. Gobin, on eût eu une poussée constante par mètre courant de mur, et, au double moment de cette poussée, on aurait opposé la somme des moments résistants pris par rapport à l'arête *cd*.

On ferait intervenir également, avec facilité, dans tous ces calculs l'action d'une surcharge uniformément répartie ou considérée comme telle, et par suite ces problèmes sont, on peut le dire, résolus implicitement par l'application des cas spéciaux examinés dans le traité de A. Gobin.

(A suivre.)

## Le nouveau port d'Anvers

(SUITE ET FIN)

Planche CXXLI

Les ponts tournants établis à l'écluse d'aval, et à l'écluse d'amont afin de donner passage aux trains de chemin de fer, aux voitures et aux piétons (*fig. 32 et 33, pl. CXXLI*) ont 26<sup>m</sup>,70 de longueur totale dont 17<sup>m</sup>,95 pour la volée et 8<sup>m</sup>,75 pour la culasse. Leur largeur totale est de 8<sup>m</sup>,50 (6<sup>m</sup>,50 pour la voie charretière et pour les deux voies de chemin de fer et 1 mètre pour chaque trottoir).

Les poutres ont une hauteur maximum de 1<sup>m</sup>,35. Cette dimension réduite était imposée par la hauteur du couronnement. Ce dernier est à la cote + 6,50 et les portes d'èbe, au-dessus desquelles le pont doit tourner sont à la cote + 4,85. Les deux poutres sont reliées par des poutrelles sur lesquelles viennent se fixer les longrines qui supportent les voies ferrées.

La manœuvre se fait à l'aide d'une manivelle actionnant un arbre qui porte un pignon. Ce pignon engrène avec une crémaillère placée dans l'encuvement du pont du côté de la culasse.

Pendant la rotation, la charge est presque totalement supportée par le pivot. Deux galets placés sous chaque poutre soulagent un peu ce pivot et empêchent les oscillations qui pourraient se produire.

Au repos, les ponts s'appuient sur six calages, trois sous chaque poutre. Ces calages sont à coins : ceux du centre et de la culasse sont commandés par des leviers et des vis ; celui de la volée se manœuvre automatiquement.

La culasse porte un lest en fonte qui équilibre le poids de la volée. La manœuvre se fait facilement : un seul homme peut faire tourner le pont en 90 secondes, lorsque les calages sont libres.

Pour calculer les dimensions des diverses pièces du pont, on s'est imposé la condition de ne pas faire travailler le métal à plus de 6 kilogrammes par millimètre carré sous une surcharge de 8,000 kilogrammes par mètre courant.

*Conduit souterrain construit à l'aide de l'air comprimé.* — Le plan général (*fig. 1, pl. CXXXVIII, n° 69*) montre les projets d'agrandissement du bassin de Kattendyk, au nord de la ville, et l'emplacement des trois nouvelles formes de radoub. Ces travaux, qui ont été exécutés par la ville d'Anvers, ont offert une particularité intéressante et digne d'être signalée. On a construit, à l'air comprimé, un conduit souterrain pour établir une communication entre les nouvelles formes et le puits des machines d'épuisement.

Ce conduit, placé près du bassin du Kattendyk, a pour but de mettre en communication les canaux d'évacuation des eaux des nouvelles cales sèches avec le puits d'extraction des anciennes.

M. Roeyers, ingénieur de la ville, ayant reconnu que la machine d'extraction des anciennes cales était suffisamment forte pour faire le service de toutes les formes, résolut de ne

point établir de nouvelle machine et de mettre les anciennes cales en communication avec le puits d'extraction existant par une conduite souterraine : ce qui permettrait d'économiser une somme assez importante.

Mais cette économie n'était possible qu'à la condition de pouvoir construire le conduit de A en B sans recourir à des épaissements, qui eussent été très importants, car le radier du conduit se trouve à 8<sup>m</sup>,50 en contrebas du niveau des eaux du bassin dans une couche de sable vert bouillant.

Les murs de la cale moyenne et du bâtiment des machines auraient certainement été entraînés.

Consulté en 1879 par M. Roeyers sur la possibilité de construire ce conduit à l'aide de l'air comprimé, M. Hersent ne put d'abord répondre affirmativement. Il n'avait pas encore exécuté de travail de ce genre, il ne connaissait aucun cas où l'air comprimé aurait été employé à la construction de galeries horizontales ; enfin, le conduit devait être construit dans un terrain excessivement perméable, complètement rempli d'eau. A première vue, le problème ne semblait pas facile à résoudre.

Cependant, après examen et guidés par les observations faites pendant le fonçage des caissons des murs de quai à l'Escaut, et spécialement de celui de l'écluse, où on avait pu pénétrer d'une chambre à l'autre en passant par dessous le tranchant du caisson, le terrain étant le même que celui où le conduit était à construire, MM. Couvreur et Hersent prirent la résolution de tenter l'essai.

Ils s'engagèrent à faire le travail à leurs risques et périls, sans indemnité aucune pour le cas de non réussite, moyennant la somme de 75,000 francs, dans le délai de cinq mois à dater de la réception de l'ordre de commencer les travaux.

Cet ordre fut donné le 15 septembre ; dès le 20 on commençait les maçonneries sur le caisson du puits duquel part le conduit. Ce puits a 3<sup>m</sup>,70 de diamètre extérieur, 2<sup>m</sup>,50 de diamètre intérieur et 12<sup>m</sup>,25 de hauteur, le dessous du radier se trouve à 6 mètres en contre-bas de marée basse et le dessus à 6<sup>m</sup>,25 en contre-haut. L'anneau des maçonneries a 0<sup>m</sup>,60 d'épaisseur, il est entouré de tôles. (Voir *fig. 34, 35 et 36, pl. CXXLI*.)

Il fut descendu à l'air libre et sans épousage jusqu'à 3 mètres en contre-haut de marée basse, soit environ au niveau de l'eau du bassin du Kattendyk ; à partir de ce point jusqu'à la cote — 1, on put le descendre à l'aide d'épuisements qui ne firent qu'augmenter d'importance ; à la cote — 1, il ne fut plus possible de continuer, le sable venant avec l'eau en plus grande quantité que ce que l'on pouvait extraire.

Un couvercle en fer, fortement armé par des poutres, fut rivé aux cornières du bordage du puits préparées à cet effet. L'écluse à air fut posée et le travail de descente fut continué en employant l'air comprimé, il fut terminé le 19 novembre.

Le terrain rencontré se composait, à partir du dessus :

- 1° Sur 3<sup>m</sup>,50 d'épaisseur de terrains divers de remblais ;
- 2° Sur 2<sup>m</sup>,50, terre végétale et tourbes ;
- 3° Sur 2<sup>m</sup>,75, sable argileux verdâtre, renfermant beaucoup de coquillages ;
- 4° Et sur les 3<sup>m</sup>,50 restants, sable très fin verdâtre et bouillant.

Le conduit a 90 mètres de longueur, il est en ligne droite sur 58 mètres, en courbe tracée avec un rayon de 10 mètres sur 16 mètres et se raccorde avec le puits des anciennes cales par une ligne droite de 16 mètres.

Il est de forme à peu près ovale et a, comme dimensions, entre les nervures des anneaux, 1<sup>m</sup>,50 de hauteur et 1<sup>m</sup>,20 de largeur ; il a extérieurement 1<sup>m</sup>,70 et 1<sup>m</sup>,50. Il est composé d'anneaux en fonte de 0,03 d'épaisseur et de 0,50 de longueur, lesquels se décomposent en quatre parties, qui sont réunies entre elles par quatre boulons. Les anneaux sont assemblés entre eux par quatorze boulons. Les joints entre les parties d'anneaux et entre deux de ces derniers sont formés par une corde de 15 millimètres de diamètre, non câblée et suiffée, placée dans une petite rainure ménagée à cet effet dans les nervures extérieurement à la ligne des boulons.

L'ouverture du conduit dans le puits fut commencée le 20 no-

vembre, le lendemain on posait le premier tronçon; le dernier fut placé et le conduit achevé le 12 janvier 1880, c'est-à-dire en cinquante-trois jours de travail, soit à raison de 1<sup>m</sup>,70 d'avancement par jour de vingt-quatre heures de travail.

On a procédé comme suit pour l'exécution :

L'écluse à air à trois compartiments était, comme nous l'avons dit plus haut, placée sur le couvercle du puits; cette écluse était munie de portes permettant l'introduction des parties les plus grandes des anneaux, celles-ci étaient amenées à l'aide d'un chariot roulant sur un pont au-dessus du compartiment du milieu de l'écluse, elles étaient sassées et de là descendues au fond du puits, où elles étaient reçues sur un wagonnet roulant sur une voie de 0<sup>m</sup>,40, qui les conduisait à l'avancement.

Deux hommes préparaient la place en débarrassant en avant sur un mètre, à partir du dernier tronçon, la galerie d'avancement était d'environ 0<sup>m</sup>,20 plus large que l'anneau, elle avait, par conséquent, 2<sup>m</sup>,10 de haut et environ 2 mètres de large; les déblais étaient transportés dans les caisses placées sur les wagonnets, jusqu'au puits d'où ils étaient expulsés par quatre hommes; quatre autres ouvriers étaient occupés au placement des anneaux. On posait d'abord la partie inférieure, ensuite les deux côtés latéraux, et enfin la clef, en l'élevant verticalement entre les deux côtés, suffisamment écartés pour la laisser passer, on la laissait ensuite porter, et après avoir placé les cordes dans les joints, on serrait le tout. Une partie des déblais de l'avancement était employée à bourrer fortement l'anneau et à le maintenir dans sa direction après sa mise en place.

Les ouvriers travaillant dans l'air comprimé se relevaient par postes de six heures.

La pression a été constamment égale à la différence de hauteur existant entre le dessus du conduit et le niveau de l'eau dans les bassins; par suite, il y a presque toujours eu de l'eau et des suintements dans le bas du conduit; ces suintements n'ont cependant pas été suffisants pour entraver la marche du travail.

La machine soufflante ayant été, par suite d'un accident arrivé à la machine motrice, arrêtée pendant une heure, l'eau est arrivée immédiatement, entraînant avec elle une grande quantité de sable; les deux panneaux affectant la forme du conduit et préparés pour servir en cas d'accident, furent placés; sans cette précaution, la galerie aurait été complètement remplie de sable. Quand la machine soufflante fut remise en marche, elle eut beaucoup de peine à refouler l'eau qui venait, surtout à l'arrière, en suivant le conduit. Malgré cela, au bout de six heures, le travail put être repris.

La direction du conduit ayant été établie sur une très petite base (la largeur du puits), il était difficile d'arriver exactement au but, d'autant plus qu'il y avait une courbe; pour s'assurer de la direction, trois trous de sondages furent pratiqués dans le sol avec des tuyaux à gaz, dans lesquels on refoulait de l'eau à l'aide d'une pompe à incendie, ce qui facilitait leur descente; chaque trou fait est arrivé constamment à la galerie en indiquant que l'on était en bonne direction, ce que la percée dans le puits de la machine a fini de confirmer.

*Embarcadères flottants.* — Les embarcadères flottants enclavés dans la ligne des nouveaux quais et qui permettent d'accéder au fleuve, se composent de deux parties : le ponton flottant et la passerelle qui relie celui-ci avec le terre-plein du quai.

Le plus grand de ces pontons représenté (Fig. 37 à 41, pl. C.VL1) a 100 mètres de longueur, 20 mètres de largeur et 2 mètres de hauteur. Il cale 0<sup>m</sup>,90 et émerge par suite de 1<sup>m</sup>,10. Il se compose de cinq tronçons de 20 mètres de côté assemblés par des boulons. Les quatre tronçons qui ne portent pas la passerelle d'accès peuvent être retirés à volonté et réparés ou visités, sans que le service soit interrompu. En outre, chaque tronçon comporte lui-même quatre chambres séparées par trois cloisons transversales étanches, de sorte qu'en cas d'acci-

dent, en un point quelconque du ponton, une ou deux chambres pourraient se remplir sans le mettre en péril.

Longitudinalement les parois horizontales du ponton sont reliées par sept lignes de poutres à croisillons qui forment carlingues et entretoisent les cloisons étanches. Entre ces cloisons, le fond est soutenu transversalement par des cadres de 1<sup>m</sup>,20 de hauteur espacés de 0<sup>m</sup>,63 venant s'assembler avec les carlingues.

Les barrots du pont sont en fer à T de 175 <sup>m</sup>/<sub>m</sub> de hauteur. Le pont est formé de trois platelages superposés en bois de pitch-pin; l'inférieur a 0<sup>m</sup>,10 d'épaisseur et le supérieur 0<sup>m</sup>,05.

Pour protéger le ponton contre le choc des accostages, on l'a garni au droit des cloisons étanches, de montants de bois aussi bien du côté du fleuve que du côté du quai.

Chaque compartiment est muni de deux pompes pour l'épuisement et de trous d'hommes avec échelles pour la visite et l'entretien.

Le guidage du ponton, dans son enclave, est obtenu par des guides à frottement et par des guides à roulement.

Les premiers sont formés d'équerres en fonte de 0<sup>m</sup>,25 de hauteur, disposées en saillie sur le ponton. Ces guides viennent emboîter des glissières verticales de 0<sup>m</sup>,30 d'épaisseur fixées sur le mur et recouvertes latéralement d'une bande de fer du côté où a lieu le frottement.

Les guides à roulement, au nombre de deux, sont boulonnés sur le ponton aux extrémités de la face longitudinale qui regarde le quai. Ils se composent d'une boîte en tôle contenant des rondelles en caoutchouc traversées par une tige en fer dont l'extrémité extérieure porte une traverse qui sert d'axe à deux galets. Ces galets roulent dans une rainure ménagée dans la maçonnerie et retiennent le ponton à distance lorsqu'il est sollicité du dehors. Les rondelles en caoutchouc ont pour but d'atténuer les chocs.

Le compartiment amont du ponton porte une échancrure munie de glissières sur lesquelles roulent les galets fixés à l'extrémité de la passerelle. Cette disposition permet les variations de la distance horizontale produites par les fluctuations de la marée.

La communication entre le ponton et le terre-plein du quai est obtenue par une passerelle de 40 mètres de longueur et de 6 mètres de largeur, dont 3 mètres pour la voie charretière et 1<sup>m</sup>,50 pour chacun des deux trottoirs.

La plus forte inclinaison qu'elle peut prendre, à marée basse, est de 0<sup>m</sup>,10 par mètre.

Les poutres, au nombre de deux, ont la forme de solides d'égalité résistance, elles sont à croisillons et forment garde-corps.

A leur partie supérieure, elles sont fixées sur le quai au moyen d'axes reposant sur des ecussinets reliés à la maçonnerie. Elles tournent autour de ces axes en suivant le mouvement de la marée. A leur partie inférieure, elles glissent sur le ponton au moyen de galets.

Le raccordement entre le ponton et la passerelle se fait à l'aide de deux petits tabliers mobiles placés à chaque extrémité de cette dernière.

La surcharge d'essai a été de 400 kilogrammes, également répartie par mètre superficiel. Après l'enlèvement de cette surcharge, on a fait circuler sur la passerelle un char de 10 tonnes. Dans ces conditions, le travail du fer n'a pas dépassé 6 kilogrammes par millimètre carré.

Le fonctionnement de cet appareil, l'un des plus grands qui aient été construits (c'est pourquoi nous avons donné ses dessins et nous en avons fait une description complète) est très satisfaisant.

Les petits pontons sont disposés d'une façon analogue. Il n'y a de différence que dans les dimensions. Ces dimensions sont les suivantes : longueur, 20 mètres; largeur, 10 mètres. Les passerelles ont : longueur, 30 mètres; largeur, 3<sup>m</sup>,50. La pente maximum est de 0<sup>m</sup>,15 par mètre.

Depuis la mise en service de ces embarcadères flottants, c'est-à-dire depuis environ six mois, il s'est déposé dans les enclaves une couche de vase de 3 mètres d'épaisseur, à

partir de 8 mètres sous zéro. Mais à mesure que le niveau s'élève, les dépôts se font de plus en plus lentement. En tout cas, on pourra facilement maintenir le tirant dont on a besoin.

Il importait de signaler cet inconvénient qui se présente dans toutes les rivières contenant beaucoup de limon.

Nous venons de donner une description complète des magnifiques travaux que nous avons visités à plusieurs reprises pendant leur exécution et quelques jours avant leur inauguration.

Cette description intéressera évidemment tous ceux qui s'occupent de travaux publics; ils y trouveront, en effet, une foule de renseignements techniques sur l'exactitude desquels ils peuvent absolument compter, attendu que notre travail a été revu par M. Hersent lui-même et complété par de nombreuses notes qu'il a bien voulu nous remettre.

Il nous reste maintenant à donner quelques détails sur les moyens mis en œuvre pour l'exécution des travaux et ensuite à jeter un coup d'œil d'ensemble sur le port actuel d'Anvers. Nous terminerons en reproduisant quelques tableaux statistiques qui permettront de se rendre un compte exact de l'importance de ce port de commerce.

Dans l'espace des cinq années consacrées aux travaux que nous avons décrits, on a exécuté plus de 500,000 mètres cubes de maçonneries. Le maximum de travail effectué par jour a été de 600 mètres cubes environ; la moyenne est de 400 mètres cubes au moins.

Le personnel ouvrier a varié; il a été, en moyenne, de 1,100 hommes de toutes professions et de nationalités diverses (Belges, Italiens, Autrichiens, Français). Dans ce chiffre de 1,100 hommes, n'est pas compris le personnel des ateliers accessoires, de la briqueterie, des carrières et des constructions métalliques.

Les maçonneries ont toutes été exécutées avec du mortier de trass composé de trois parties de chaux hydraulique de Tournay éteinte, deux parties de sable et une partie de trass d'Andernach.

Le mortier était préparé avec des broyeurs à cuve tournante. Le mortier de trass fort, employé pour la pierre de taille, était composé de trois parties de chaux hydraulique de Tournay éteinte et de deux parties de trass d'Andernach.

On a consacré une année entière pour organiser les ateliers et les chantiers.

Toutes les installations de l'entreprise ont été reliées entre elles par des voies charretières et une quinzaine de kilomètres de voies ferrées aboutissant à la gare du Sud.

On a dû construire de solides estacades en bois, s'avancant assez loin dans le fleuve pour qu'à toute heure de marée les bateaux pussent y accoster sans difficulté.

Comme la quantité de briques qui entraient dans les constructions était considérable, l'entreprise, pour se mettre à l'abri des difficultés d'approvisionnement, avait loué une briqueterie occupant une surface de 20 hectares et y avait installé un grand four circulaire avec séchoir. Cette briqueterie occupait 250 ouvriers, elle a fourni 25,000,000 briques par année.

Les chiffres suivants donnent une idée assez exacte de l'importance des installations et de l'outillage de l'entreprise.

Les ateliers de réparation et de construction contenant des forges, des marteaux-pilons, des tours, des cisailles, des machines à percer, à raboter, etc., des scies et des outils à bois occupaient une surface de 2,500 mètres carrés.

Les magasins à chaux, à trass, les hangars pour chantiers, les habitations d'employés, etc., occupaient une surface de 4,000 mètres carrés.

Il existait un réseau de voies à largeur normale raccordées à la gare du Sud pour la réception des matériaux, d'une longueur de 15 kilomètres.

On avait 60 wagons plate-forme ou à bascule. Les voies Decauville de 0<sup>m</sup>,40 et de 0<sup>m</sup>,50 de largeur avaient une longueur totale de 6 kilomètres.

On occupait 100 wagonnets, etc., etc.

Enfin la force des diverses machines employées pour les travaux était de 1,425 chevaux-vapeur.

Aujourd'hui (juillet 1885), grâce aux immenses travaux entrepris tant par l'Etat Belge que par la municipalité d'Anvers, le service de la navigation dispose dans ce port :

1° De 49 hectares de bassins à flot (non-compris le bassin de Looibroeck destiné au garage des bateaux d'intérieur arrivant par le canal de la Campine).

2° De 9,650 mètres de longueur de quai, compris ceux de l'Escaut.

3° De 3,500 mètres de longueur de talus accostables.

4° De 40 hectares environ de surface de quais.

(Ces nombres sont à rapprocher de ceux donnés au début de cette étude et qui se rapportent à l'état du port d'Anvers en l'année 1877.)

Les voies ferrées ont été notablement augmentées par la construction d'une nouvelle gare (la gare du Sud) affectée spécialement au service des quais de l'Escaut et du bassin de batelage.

En 1877, il existait 40,000 mètres carrés de hangars couverts. On en a construit sur les nouveaux quais de l'Escaut, 83,000 mètres carrés, enfin 9,000 mètres carrés sont en construction. De sorte que la surface couverte atteindra près de 14 hectares. Il y a 6 bassins de radoub de diverses dimensions.

Un mot maintenant de l'outillage mécanique créé pour la manutention des marchandises sur les quais. On a installé deux groupes d'accumulateurs à eau comprimée. Le premier de ces groupes est en arrière du bassin du Kattendyck, le second près des nouveaux bassins de batelage.

L'eau comprimée est utilisée, sur toute l'étendue des quais et dans les gares de chemins de fer, par des grues de forces diverses.

Ces grues sont généralement de deux tonnes et demie à cinq tonnes. Sur le quai Ouest du bassin du Kattendyck se trouvent une mâture de 150 tonnes et des grues de 10, 20 et 50 tonnes.

Nous disions au début que le port d'Anvers avait acquis depuis quelques années une importance considérable qui justifiait bien les nouvelles installations dont on vient de le doter. Les tableaux suivants sont donc intéressants à consulter :

Tableau comparatif des arrivages de navires de mer au port d'Anvers depuis 1875.

ANNÉES	NAVIRES A VOILES		BATEAUX A VAPEUR		TOTALS		TONNAGE par navire
	Nombre	Tonnage	Nombre	Tonnage	Nombre	Tonnage	
1875	1,634	532,682	2,717	1,652,731	4,351	2,185,416	502
1876	1,534	546,978	3,016	1,980,719	4,550	2,527,697	556
1877	1,532	538,261	2,925	1,941,221	4,457	2,499,482	561
1878	1,538	610,382	3,045	2,169,374	4,583	2,779,956	607
1879	1,356	620,290	2,892	2,287,721	4,248	2,908,011	685
1880	1,408	612,391	3,158	2,504,763	4,626	3,117,754	674
1881	1,247	515,287	2,892	2,323,191	4,110	2,838,481	715
1882	1,149	507,772	3,292	2,945,522	4,441	3,453,294	778
1883	989	417,860	3,700	3,440,074	4,689	3,857,934	823
1884	935	477,481	3,874	3,034,559	4,809	3,512,040	730

Depuis le 1<sup>er</sup> janvier 1884, les navires sont jaugés d'après le nouveau système international. Le rapport moyen entre le nouveau et l'ancien tonneau de jauge est de 1,168, le tonnage de 1884 représenterait, d'après l'ancien système, 4,102,063 tonneaux.

Nombre et capacité en tonneaux de 1,000 kil. des bateaux d'intérieur arrivés au port d'Anvers pendant l'année 1884.

Provenances.	Nombre.	Tonnage.
Intérieur.....	29,938	1,513,575
} V ou R (1)	2,482	313,902
France.....	4	764
} V ou R	40	10,795
Allemagne.....	249	38,066
} V ou R	561	217,029
Hollande.....	1,303	130,143
} V ou R	703	136,855
Totaux :	29,370	2,361,129

(1) V, vapeur; R, remorqués.

G. DUMONT.

## Consolidation des terrains ébouleux par masses

(Suite.)

### Planche CXLII.

Dès le mois de mars, on étudia à l'aide de ces données le projet d'un drain d'essai, conformément au type des drains-contreforts, méthode P.-L.-M., puis, après le levé d'un plan coté général au 23 juin, l'exécution de divers sondages (fig. 25) au commencement de juillet et l'établissement d'un état de lieux au 22 de ce même mois, on attaqua le 25 les fouilles de ce drain d'essai qui est celui désigné sur le plan, figure 22, par le n° 5 et les lettres M et N et dont les coupes en long et en travers sont données, la première par la figure 26 et la deuxième par la figure 27.

Les fouilles furent boisées par le mode ordinaire, boisage à longrines horizontales et palplanches verticales, sous le fruit de 1/10. Le béton fut commencé le 31 août; attaqué avec peu de monde, ce drain fut long à établir; il eut à subir des éboulements au 23 octobre; le 19 décembre seulement, il s'avancait au pied du remblai; la galerie fut attaquée le 24 décembre pour être achevée au 12 février de l'année 1873, y compris le drain en V qui s'y reliait à l'amont du remblai.

Cet essai avait été entrepris par des tâcherons et fut terminé par eux, mais ces tâcherons furent, dès le mois de janvier 1873, remplacés sur le chantier, pour le reste du travail, par l'entreprise générale et, dès le mois de mars, les drains n° 4, 6, 8 et 9 étaient en pleine exécution.

Au 20 mai, la longueur totale de drains exécutés était déjà de 450 mètres environ, ainsi qu'il résulte du rapport de quinzaine établi par le sous-chef de section et ses deux conducteurs, chargés de la surveillance des travaux; le nombre total d'ouvriers occupés sur ce chantier était de 90, dont 30 aux carrières et ateliers.

Il eût été intéressant de donner toutes les coupes longitudinales des drains avec l'indication des terrains rencontrés, mais ces détails auraient tenu ici trop de place; il suffira de dire que, partout, on se maintenait au-dessous du terrain, qui paraissait n'avoir aucunement bougé, et que l'on remontait le fond du drain suivant les allures de ce terrain, sans jamais donner moins de 0<sup>m</sup>,02 de pente à la cuvette en béton (fig. 28) et ce, pour assurer l'écoulement des eaux.

La légende du projet comportait d'ailleurs que les pierres seraient descendues d'une façon générale à 1 mètre au-dessous des plans de glissement, que leur profil en long s'effectuerait suivant une rampe de 0<sup>m</sup>,02 à partir de l'origine jusqu'à la profondeur voulue, puis se relèverait avec une déclivité de 0,06 par mètre, dans les étages successifs reliés entre eux par des redans inclinés à 6/4, l'essentiel étant surtout d'encaster le système au moins d'un mètre dans le terrain qui aurait résisté ou paraissait susceptible de résister au mouvement.

En thèse générale, la cuvette en béton reposait sur des longueurs de terrain détritique, d'argile marneuse compacte, même de sable très compacte également et plus ou moins argileux. La figure 26 donne un aperçu de cette disposition, en même temps que des gradins à 6/4 avec lesquels remontait le fond des fouilles.

Le détail de ces gradins est indiqué figure 29; ils étaient en maçonnerie ordinaire, assise par redans horizontaux et formant cuvette à la partie supérieure; les joints étaient cimentés.

On eût pu remplacer ces gradins par des bavettes à pic raccordées au béton par des courbures douces (même fig. 29), de telle sorte que la maçonnerie à pierre sèche aurait reposé sur les déclivités courantes beaucoup plus faibles que la pente à 6/4.

Les suintements venant des parois des fouilles étaient recueillis dans des V en planches, puis conduits, exempts le plus possible de matières entraînées, sur les parties de cuvettes déjà exécutées.

Le régime des eaux a donné lieu à quelque gêne, principalement dans les drains 2, 4, 6, le terrain s'étant trouvé délayable sur certains points.

Les boisages étaient faits, sans longrines, par cadres espacés de 2 mètres d'axe en axe et palplanches de 0<sup>m</sup>,05 d'épaisseur dressées horizontalement. Ce système est d'une élégance et d'une propreté charmantes; les parois de la fouille se dégauchissent très nettement, le déboisage se fait facilement et proprement et lorsque le terrain donne, si on renforce les cadres à temps, il n'y a pas de tortillements et de ventres comme dans l'autre système; l'essai en fut fait, comparativement, au drain n° 4 (fig. 30), désigné par les lettres C et D, où la partie inférieure fut boisée à l'ancienne mode que l'on abandonna définitivement.

Toutefois, dans le boisage horizontal, des déformations peuvent se produire, lorsque l'on ne place pas de suite des cadres de secours; ce fait s'est présenté en des portions de fouilles qui, boisées le soir, venaient à travailler dans la nuit, mais encore était-ce rare et rien qu'à l'inspection du terrain on voyait généralement s'il était utile de placer de suite les cadres de renfort.

En résumé, ce système de boisages satisfait complètement l'œil, facilite la maçonnerie, la verticalité des parois, le déboisage, etc., et offre autant de sécurité que la vieille méthode avec ses parois non verticales et ses forêts d'étrépillons.

La cuvette en béton (fig. 28) présente 0<sup>m</sup>,20 d'épaisseur au centre et 0<sup>m</sup>,25 sur les côtés; les cerces nécessitant deux rayons différents, l'un de 2<sup>m</sup>,60, l'autre de 3<sup>m</sup>,4083, présentent entre elles une excentricité de 0<sup>m</sup>,6083. Primitivement on avait imaginé de ménager deux dallois de 0<sup>m</sup>,25 sur 0<sup>m</sup>,30 sur le fond de la cuvette; on y a renoncé, vu la sujétion que cela donnait en exécution pour monter le piédroit commun et on s'est arrêté à l'unique dallois de la figure 28 qui est bien suffisant, même pour un fort débit d'eau.

La figure 31 donne la coupe des galeries; la cuvette en béton est faite avec les mêmes épaisseurs au centre et sur les côtés, les rayons des cerces sont 1<sup>m</sup>,95 et 2<sup>m</sup>,8625 et l'excentricité est 0<sup>m</sup>,7125.

Les pierres provenant de carrières assez voisines, situées à la Valette et Marcihac, étaient descendues dans les fouilles par couloirs et sur des planchers. L'appareil le plus compliqué, employé sur ce chantier, a été le treuil à double mouvement représenté figure 32. Ce treuil enlevait et descendait des wagonnets-caisses; une petite voie avec rails à plat était établie dans le drain, et des voies semblables existaient à la surface, conduisant les terres à la décharge ou aboutissant au dépôt de pierres. Ces treuils n'ont fonctionné que dans deux drains.

Toutes les terres sorties des fouilles ont été ensuite régallées entre les drains, de manière à former dos-d'âne dirigeant toujours les eaux superficielles vers la partie supérieure des drains laquelle était arasée régulièrement en pente douce.

Il est assez difficile d'obtenir le règlement convenable des terres par le motif que ces terres sont déposées en tas de plus en plus élevés selon que la profondeur des fouilles augmente, et par suite les plus grands dépôts sont vers le sommet des drains, au pied du remblai. Or, les exécutants reculent toujours devant des remaniements supplémentaires et rejettent les défauts de leur règlement sur l'absence de piquets de hauteur donnés *a priori*; cette mesure est en effet le plus souvent négligée. Il serait cependant facile de la déterminer dans une certaine limite, avec le plan coté du projet, car ce projet donne les origines des drains, origines contrôlées, d'ailleurs, *a priori* sur le terrain; par conséquent il donnera des cubes supérieurs aux cubes à venir, si de l'origine on mène fictivement les drains en pente de 0<sup>m</sup>,02 jusqu'à l'entrée en galerie que l'on fixe sur les profils longitudinaux de ces drains; on peut donc à la rigueur trouver très aisément un chiffre très approximatif et essayer alors sur le plan coté des profils de règlements entre drains et ogives, suffisant pour loger les terres des fouilles ainsi conçues et en déduire des profils de terrain réglé supposés au milieu de

l'intervalle de deux drains consécutifs quelconques. Ces calculs sont question de bureaucratie pure et les ingénieurs peuvent les faire exécuter facilement par leur nombreux personnel et fixer ainsi les points de hauteur que l'on ne devrait absolument pas dépasser lors de la décharge; on éviterait ainsi les accumulations de dépôt sur les points commodes aux entreprises, également des remaniements d'importance que l'on rechigne à faire et finalement des irrégularités choquantes dans les règlements.

L'expérience prouve qu'il n'est pas aisé d'obtenir le contraire d'une manière convenable et dès lors, la mesure ci-dessus aurait assurément une certaine efficacité dans la pratique.

On remarquera dans la figure 22 des puits ménagés aux naissances des ogives; ces puits avaient pour but de permettre de constater si l'assainissement fonctionnait toujours; ils étaient recouverts par une dalle plate et on les plaçait principalement à la rencontre des branches donnant le régime d'eau le plus important.

La longueur des drains normaux dans le chantier considéré est sensiblement de 762 mètres; celle des ogives développées atteint 270 mètres et celle des V à l'amont des galeries 164 mètres, total 1,496 mètres courants de drains; quant aux galeries elles mesurent dans leur ensemble 162 mètres.

La profondeur maximum, pour l'ensemble des drains, ogives et V ne dépasse pas 12 mètres. Le drain n° 5 est celui qui présente cette profondeur sur une petite longueur; dans le drain n° 6 la cote 10 mètres est atteinte; pour les autres drains on trouve comme maximum aux numéros 1, 2, 3, 4, 7, 8 et 9, les cotes 7 mètres, 8 mètres, 9 mètres; les ogives les plus profondes (entre les drains 2 et 3, 3 et 4, 4 et 5) atteignent 8<sup>m</sup>,50 et 9 mètres au maximum, les autres descendent à 7, 6 et même 5 mètres.

La profondeur « moyenne » de la plupart des fouilles varie entre 4, 5, 6, 7 et 8 mètres, sans dépasser ce dernier chiffre pour aucune, et la moyenne de toutes ces profondeurs « moyennes » est de 5<sup>m</sup>,80. Appliqué à la largeur de 2 mètres et au développement total, 1,496 mètres, cet élément donne pour cube 13.873 mètres cubes.

Le chiffre de la situation définitive est environ 14,168; on voit le peu d'écart qu'il y a entre ces deux résultats.

D'autre part, le projet avait supposé 12,970 mètres cubes de déblai et 14,430 mètres cubes de maçonneries à pierre sèche; le mètre a donné dans les 14,200 de déblai et 15,000 de maçonnerie. La maçonnerie, dans les prévisions comme dans la réalité, dépasse toujours le cube des fouilles par le motif que l'on arasé les drains en pente douce passant par les points supérieurs du terrain et par conséquent dépassant ce terrain au droit des points bas.

Le travail d'exécution a duré du 11 janvier 1873 aux premiers jours de mars 1874, soit 14 mois en chiffres ronds, seulement dès le mois de décembre 1878, il n'y avait plus guère à faire que des règlements de terres qui ont traîné en longueur; aussi le nombre d'ouvriers employés qui, dans le principe, s'élevait à 60 et atteignit en mai et juin la limite 100, en comptant carrières et ateliers, n'était-il plus en décembre que de 20 environ.

Le montant de la dépense prévue était de 183,000 fr. Le montant du décompte fut de 208,000 fr.; la différence insignifiante qui existe entre ces deux sommes est la preuve frappante de tout le soin apporté dans l'avant-métré par les ingénieurs auteurs du projet.

(A suivre.)

## Note sur un nouveau disque électrique fonctionnant par un courant continu

SYSTÈME G. DUMONT ET POSTEL-VINAY

Les ingénieurs qui ont visité l'exposition d'électricité de Vienne (Autriche), en 1883, ont pu remarquer que les Compa-

gnies de chemins de fer autrichiens faisaient un usage assez étendu des disques mus par l'électricité.

Ces appareils, mis à l'essai depuis plusieurs années déjà, ayant donné des résultats très satisfaisants, on a fait de nombreuses applications, et il paraît qu'aujourd'hui ce genre de signaux est universellement employé en Autriche-Hongrie (1).

En effet, les disques mus électriquement possèdent sur les disques actuels, c'est-à-dire sur ceux à traction mécanique, des avantages très sérieux qu'il nous paraît utile d'énumérer :

1° Dans le cas où les disques sont placés à des distances de plus de 1,500 à 1,000 mètres (ce qui arrive fréquemment) (2), leur manœuvre au moyen de fils de fer offre des difficultés assez grandes : le levier de rappel du disque doit être assez lourd pour vaincre, en retombant, les frottements et l'inertie du fil sur toute sa longueur et le ramener ainsi en sens inverse du déplacement initial; d'autre part, le levier de manœuvre qui soulève le contre-poids, en même temps qu'il met le fil en mouvement, doit exercer nécessairement un effort de traction double de celui qui produit le levier de rappel. Quand on allonge les transmissions au-delà de la limite ci-dessus indiquée, il arrive donc un moment où l'effort dépasse la résistance des fils de 3 à 4 millimètres de diamètre ordinairement employés, et détermine fréquemment leur rupture, surtout quand il faut manœuvrer les signaux par un grand vent.

Cette difficulté disparaît lorsqu'on emploie des disques mus électriquement, puisqu'il suffit de rétablir ou d'interrompre un circuit pour manœuvrer le signal qui peut, dès lors, être situé à une distance quelconque de la gare ou du point à protéger.

2° Le Ministère des travaux publics a invité, par une série de circulaires, les Compagnies de chemins de fer à enclencher les aiguilles qui donnent accès aux voies principales avec les signaux qui les protègent. Cet enclenchement se fait jusqu'à présent à l'aide d'organes mécaniques compliqués et coûteux. Mais, ainsi que le faisait remarquer M. l'inspecteur Général Brame dans une note publiée à la fin de l'année 1883, dans la *Revue générale des chemins de fer*, on pourrait réduire dans une grande proportion cette dépense en employant des disques électriques actionnés par le courant continu d'une pile placée à la gare.

MM. Brame et Regnault ont même été conduits, en étudiant la question à ce point de vue, à penser qu'il serait possible de

(1) Dans un rapport tout récent sur les applications de l'électricité aux chemins de fer, fait à la demande du Congrès des chemins de fer en Belgique, M. L. Weissenbruch, Ingénieur du ministère des chemins de fer, postes et télégraphes de Belgique, dit que l'emploi des disques électriques s'impose dans quelques cas spéciaux. Il ajoute que des disques électriques à mouvement d'horlogerie sont exclusivement adoptés par certains chemins de fer des parties montagneuses de l'Autriche et par le chemin de fer du Saint-Gothard, parce que le climat y comporte des variations extrêmes de 50°.

(2) On pourrait croire que l'adoption des freins continus aurait dû avoir pour effet de réduire la distance qui sépare les disques des stations, mais il n'en est rien. Indépendamment de la question des freins, on a une tendance à accroître la distance des disques avancés. Voici, en effet, l'avis exprimé à ce sujet par M. Jules Michel, ingénieur en chef de la Compagnie de Lyon, dans un article publié dans la *Revue générale des Chemins de fer*, en 1880.

« Il serait souvent désirable, pour la facilité du service, de pouvoir porter les disques à des distances de 2,000 et même de 2,400 mètres du levier de manœuvre. Généralement, en effet, le disque avancé protégeant une gare ou une bifurcation n'est pas considéré comme un signal d'arrêt absolu quand il présente sa face rouge perpendiculairement à la voie. Ce n'est qu'un signal d'avertissement qui peut être dépassé par les trains, pourvu que le mécanicien, marchant avec précaution, soit toujours en mesure de s'arrêter avant d'atteindre l'obstacle signalé par la fermeture du disque. Mais le train, une fois arrivé devant l'obstacle, peut être obligé de stationner plus ou moins longtemps, et si l'on veut éviter d'employer un homme pour le couvrir à la main, il faut disposer le disque de manière à le protéger efficacement. Si le train, par exemple, est arrêté par les manœuvres faites à 300 mètres en avant de la gare, s'il a lui-même 500 mètres de longueur, il constitue à 800 mètres de la gare un nouvel obstacle. La distance à laquelle le signal de protection doit être fait ou du moins visible en avant de ce point, est variable suivant les règlements des Compagnies et suivant le profil des lignes; elle peut atteindre 1,200 et même 1,500 mètres. Les circonstances topographiques peuvent d'ailleurs obliger quelquefois à placer le disque à peu près à la distance réglementaire par rapport au poteau-limite, afin de rendre le signal visible d'assez loin pour que le mécanicien ait le temps moral nécessaire pour l'apercevoir et pour se bien rendre compte de sa position avant d'arriver trop près de l'obstacle. Dans ce cas la transmission aurait 2,000 à 2,300 mètres. »

remplacer, dans les postes de concentration d'appareils, les enclenchements et les transmissions mécaniques relatifs aux signaux et aux verrouillages d'aiguilles par des enclenchements et des transmissions électriques ou plutôt électro-mécaniques, en ne laissant subsister dans les postes que les leviers reliés aux aiguilles de changement de voies par les tringles de connexion.

Allant plus loin encore, M. Brame disait, dans la note précitée, que l'on pouvait concevoir le remplacement de ces leviers eux-mêmes et le fonctionnement des aiguilles sous la main de l'homme par des dispositions électro-mécaniques et la mise en action par des forces électriques.

On pourra, sans doute, dans un avenir plus ou moins éloigné, réaliser les dispositions dont le principe a été indiqué par MM. Brame et Regnault, et quelque temps auparavant par M. Sartiaux, sous-Chef d'exploitation à la Compagnie du Nord.

Dès maintenant, il est possible, en employant des systèmes connus et qui ont fait leurs preuves, d'enclencher électriquement, d'une façon assez simple, les signaux et les changements de voies de toute une gare.

En effet, si on suppose qu'aux deux extrémités de la gare se trouvent des disques électriques restant ouverts tant que passe, dans les électro-aimants qui commandent le mécanisme de ces appareils, le courant continu d'une pile placée à la gare et venant à se fermer dès qu'on interrompt le courant, il est facile de comprendre que l'on puisse disposer les choses de façon que le signal se mette automatiquement à l'arrêt dès que l'on fera dans la gare une manœuvre intéressant les voies principales. Il suffira d'installer à chaque aiguille de changement de voie un *interrupteur d'aiguille* dont le verrou enclenche dans la position normale la barre d'enclenchement reliée au levier de manœuvre de cette aiguille. Ce verrou est muni d'une came qui appuie sur deux lames de ressort portant des contacts en platine et par lesquels passe le courant qui maintient le disque ouvert. Si l'on manœuvre le verrou pour désenclencher l'aiguille, la came cesse de presser sur les ressorts, le courant est interrompu et le disque se met à l'arrêt.

En installant, à la gare même, un manipulateur constitué par un électro-aimant intercalé dans le circuit du disque, par l'intermédiaire d'un voyant rouge qui lui sert d'armature, on peut rétablir ou interrompre à volonté le courant et, par suite, ouvrir ou fermer le signal avancé.

On peut aussi placer à une certaine distance de ce signal une pédale et obtenir la protection électro-automatique des trains qui ont franchi le disque avancé et qui sont entrés en gare.

En résumé, tous les appareils électriques : pédale, manipulateur, interrupteurs d'aiguilles, placés dans le circuit du disque avancé, sont disposés de telle sorte que les contacts électriques soient établis pour la position normale du disque ouvert; et si l'on dérange de cette position normale l'un quelconque de ces appareils, le disque se mettra à l'arrêt.

Il convient également de faire remarquer que l'on peut obtenir l'enclenchement réciproque de deux ou de plusieurs signaux tels que ceux placés aux bifurcations, à l'aide d'un simple commutateur électrique qui ne permette d'envoyer le courant sur un fil qu'à la condition d'avoir, au préalable, rompu la communication à la pile sur tel ou tel autre fil.

Les disques électriques peuvent donc, comme on le voit, rendre dès maintenant d'importants services pour l'exploitation des chemins de fer.

Un essai du disque autrichien, système Schaeffler, a été fait en 1884-85 par la Compagnie de l'Est français.

MM. G. Dumont, Inspecteur Principal à la Compagnie des chemins de fer de l'Est, et Postel-Vinay, constructeur d'appareils électriques, ont pensé qu'il était possible de combiner un disque dont le mécanisme fut moins compliqué que celui des disques allemands, qui offrit plus de régularité dans son fonctionnement, et qui pût s'appliquer facilement aux signaux exist-

tants de façon à permettre aux Compagnies de modifier à peu de frais leur matériel (1).

Après une étude approfondie de la question, ils sont arrivés à établir un modèle de disque dans lequel il n'existe aucun rouage et dont le mécanisme fort simple ne se compose que de pièces très rustiques.

Nous ajouterons que, en cas de premier établissement, la dépense d'un disque électrique de ce système ne dépasserait pas sensiblement le prix d'un signal du modèle actuel avec sa transmission et ses leviers de manœuvre et de rappel.

En voici la description :

Le disque électrique de MM. G. Dumont et Postel-Vinay fonctionne comme les disques du système Schaeffler sous l'action d'un courant continu fourni par une pile au sulfate de cuivre.

Le mécanisme qui produit la rotation de l'arbre du disque, est placé à l'extrémité inférieure de cet arbre dans le socle du mât qui doit alors être élargi; mais il est facile d'éviter toute modification du socle en renfermant le mécanisme dans une boîte séparée qui peut être hermétiquement close. Cette boîte est alors posée sur un socle en maçonnerie et le mouvement de rotation de l'arbre auxiliaire contenu dans la boîte est transmis à l'arbre du disque à l'aide d'un parallélogramme.

Dans ces conditions, un disque à transmission mécanique peut être transformé en un disque à transmission électrique sans qu'il soit nécessaire de le déposer.

Les figures 1, 2, 3, 4, 5 et 6 s'appliquent au cas où le mécanisme est renfermé dans le socle du mât du disque.

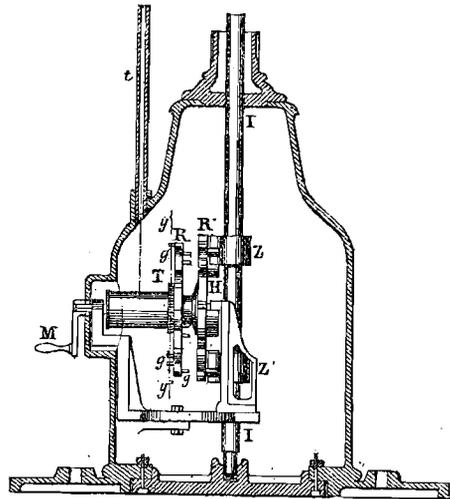


Fig. 1. — Vue d'ensemble du mécanisme.  
(Application à un disque du modèle de la Compagnie de l'Est.)

Sur l'arbre horizontal OO sont montés : 1° un treuil à encliquetage T; 2° une roue R à 10 dents *dd* de forme trapézoïdale; chaque dent porte une goupille *g* en acier, implantée dans la roue parallèlement à l'axe O, et ces goupilles sont placées alternativement de côté et d'autre du plan de cette roue (fig. 2); 3° une roue R' solidaire de la roue R et armée de 10 dents à rochet FFF taillées dans sa circonférence et de 5 dents à rochet HHH perpendiculaires au champ de la roue (fig. 5 et 6).

L'axe O est muni d'une manivelle M qui sert à remonter le poids moteur; il est supporté par un bâti sur lequel est monté le mécanisme d'enclenchement. (Voir fig. 1, application du système à un disque de la Compagnie de l'Est français.)

(1) Le disque électrique du système Schaeffler qui est très ingénieusement combiné est mû par un mouvement d'horlogerie analogue à celui des cloches Leopolder. Ce mouvement comporte des rouages qui s'usent assez rapidement s'ils ne sont pas parfaitement garantis de la poussière.

Ce mécanisme se compose :

1° De deux leviers identiques (L et L') portant en leur milieu une saillie (S et S') et à leur extrémité une goupille transversale (G et G') entaillée de moitié. (Fig. 2 et 4.)

Ces deux leviers font corps avec leurs axes de rotation (A et A'), lesquels sont indépendants l'un de l'autre et montés sur une double chape. Les axes (A et A') sont entaillés de moitié de leur diamètre sur une partie de leur longueur ;

Supposons que le poids moteur suspendu à l'extrémité de la corde enroulée sur le treuil T soit remonté ; supposons, en outre, qu'un courant continu passe dans l'électro-aimant E, le disque se trouve alors dans la position de voie ouverte et il est maintenu dans cette position parce que l'armature *a* étant attirée, la goupille G du levier L est enclenchée avec le crochet C, et l'entaille pratiquée dans l'axe X, ne se trouvant pas en regard de la dent F de la roue R', ne permet pas à cette dent

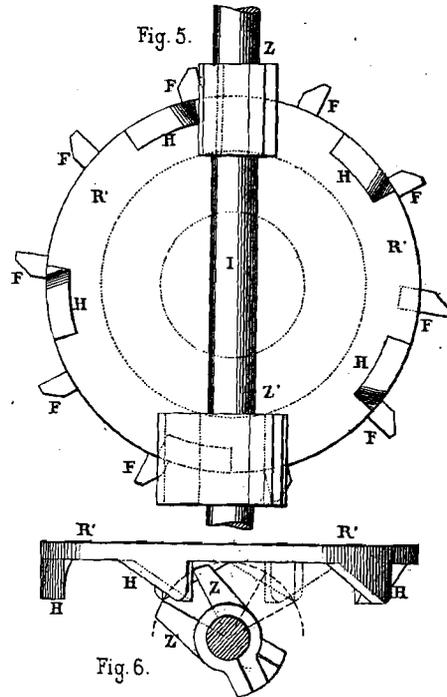
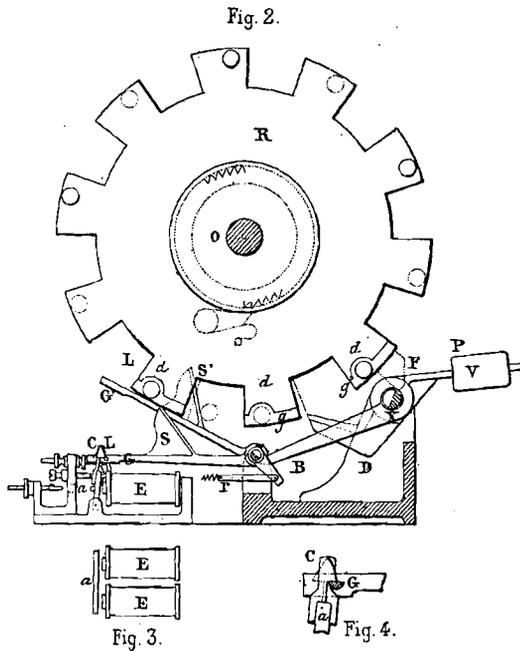


Fig. 2. — Coupe transversale suivant y'y' de la fig. 1.  
 Fig. 3. — Vue en plan de l'électro-aimant et de son armature.  
 Fig. 4. — Détail à plus grande échelle de l'extrémité du levier L montrant l'enclenchement de ce levier avec le crochet C de l'armature *a*.  
 Fig. 5. — Élévation latérale, vue de côté de l'arbre du disque.  
 Fig. 6. — Plan de l'arbre du disque, de la roue motrice R' et des ailettes Z et Z'.

2° D'un électro-aimant E à deux bobines horizontales (fig. 2 et 3), devant les pôles duquel se trouve une armature *a* tournant sur pivots. Cette armature se compose d'une pièce rectangulaire aux deux extrémités de laquelle sont implantées deux tiges verticales terminées par des crochets orientés l'un à droite, l'autre à gauche de l'axe d'oscillation de l'armature. Ces crochets (C et C') sont placés en regard des goupilles (G et G') des leviers (L et L') ; ils servent à enclencher alternativement ces leviers suivant que l'armature est attirée ou non par l'électro-aimant.

3° D'une pièce P faisant corps avec un arbre horizontal Z tournant sur pivots, et qui peut basculer sous l'action d'un contre-poids V. Cette pièce porte trois bras en acier. (Fig. 2). Les deux bras extrêmes (B et B') sont rectilignes et taillés en sifflet à leur extrémité libre, de façon qu'ils puissent entrer dans les entailles pratiquées sur chacun des axes A et A'. (Sur la fig. 2 le bras B' est caché par le bras B.) Le bras intermédiaire D est coudé et son extrémité vient s'engager entre les dents de la roue R lorsque le contre-poids V est abaissé, ce qui empêche alors cette roue de revenir en arrière.

L'arbre vertical I du disque tourne dans une crapaudine ; cet arbre est muni de deux palettes Z Z' montées à collier et d'un butoir inférieur. Les palettes servent à faire tourner l'arbre lorsqu'elles sont entraînées par les dents à rochets H H de la roue R'.

Ceci posé, il est facile d'expliquer le fonctionnement de l'appareil.

de passer et, par suite, empêche cette roue d'obéir à l'action du poids moteur. (Fig. 2 et 4.)

Quant à la pièce P, elle occupe la position indiquée sur la figure, c'est-à-dire que l'extrémité du levier B est retenue par l'arbre A, l'encoche que porte cet arbre n'étant pas alors en regard de cette extrémité.

Dès qu'on interrompt le courant électrique, l'armature *a* cessant d'être attirée revient à sa position verticale ; le crochet C laisse échapper la goupille G, le levier L remonte sous l'action d'un ressort *r*. L'axe A qui fait corps avec ce levier tourne d'une certaine quantité, de sorte que l'entaille qui y est pratiquée, venant en face de l'extrémité du bras B, permet à ce bras de basculer sous l'action du contre-poids V. L'arbre X qui fait corps avec la pièce P, ayant ainsi tourné d'une certaine quantité, l'encoche qui y est pratiquée se place en regard de la dent F de la roue R', cette dent peut alors passer et l'ensemble des deux roues R et R' avance d'une dent, ce qui fait faire un quart de tour à l'arbre du disque. Le signal se trouve ainsi mis à l'arrêt, et il reste dans cette position, puisque la pièce P ayant basculé, le bras intermédiaire D est entré dans l'intervalle des deux dents de la roue R.

Mais, en tournant, la goupille *g* placée sur la dent de la roue R qui suit celle qui a passé, vient appuyer sur la saillie S' du levier L' ; ce levier se trouve ainsi abaissé, et la goupille G' placée à son extrémité s'enclenche sur le crochet C'. L'extrémité du bras B' est arrêtée par l'axe A', ce qui empêche ce bras d'obéir à l'action du contre-poids V. En même temps, la dent de

la roue R appuie sur le bras coudé D qui s'abaisse ; les pièces B et B' qui lui sont solidaires, s'abaissent également et passent sous les axes A et A' qui les empêchent de remonter.

A ce moment, les mêmes pièces du mécanisme occupent respectivement les mêmes positions que lorsque la palette de l'électro-aimant est attirée, avec cette différence toutefois que c'est le levier L' qui est enclenché tandis que le levier L est libre. Il suffit donc de fermer le circuit de la pile pour que les mouvements déjà décrits se reproduisent, c'est-à-dire pour que le levier L' soit désenclenché, que les roues R et R' puissent tourner d'une dent, que la pièce P bascule, que l'axe X arrête la roue R', etc., en un mot, pour que le disque tourne d'un quart de tour en sens inverse de la rotation précédente et se remette ainsi à l'arrêt.

Pour que l'arbre I du disque puisse obéir aux deux mouvements de sens contraire qui correspondent à sa fermeture et à son ouverture, on l'a muni de deux palettes Z et Z' (fig. 5 et 6) faisant entre elles un angle convenable et placées en regard de la circonférence décrite par les dents H..... de la roue R'.

Lorsque le disque est dans la position de voie fermée, la palette inférieure est en prise avec la dent H et la palette supérieure est libre ; de sorte que lorsque la roue R' tourne d'une dent, cette dent pousse la palette inférieure et fait tourner l'arbre du disque qui se met à la position de voie ouverte, sa course est d'ailleurs limitée par les butoirs placés sur le bâti inférieur.

Si, maintenant, la roue R' avance de nouveau d'une dent, c'est la palette inférieure qui est libre, tandis que la palette supérieure est en prise. Il en résulte que cette palette se trouve poussée en sens contraire de la palette inférieure ; le disque effectue donc un quart de tour en suivant un chemin inverse du précédent, ce qui le remet à la position de voie fermée et sa course est limitée comme précédemment par les deux butoirs inférieurs.

Le mécanisme qui vient d'être décrit est, comme on peut s'en convaincre, d'une grande simplicité ; il n'est donc pas susceptible de se déranger aussi facilement que celui des disques employés jusqu'ici. Nous ajouterons que les pièces qui le composent sont rustiques, qu'elles peuvent venir de fonte et que, par suite, l'établissement de l'appareil sera relativement peu coûteux.

L'une des grandes causes d'usure du mécanisme des disques électriques qui comportent des rouages, c'est l'introduction entre les dents des roues de poussières dures qui agissent alors comme de la poudre d'émeri. Ici, rien de semblable n'est à craindre puisque l'on a évité l'emploi des rouages et que tout le mécanisme peut être enfermé dans une boîte étanche. On peut, d'ailleurs, pour éviter l'usure des dents H, garnir les parties de ces dents au contact des palettes Z et Z', et ces palettes elles-mêmes de plaques d'acier calibrées d'avance et, par suite, qu'il sera très facile de changer sur place.

Les disques actuels des Compagnies peuvent être facilement et économiquement transformés, ainsi que nous l'avons déjà fait remarquer.

Dans la figure 1 qui représente un disque modèle Est, auquel a été appliqué le système de manœuvre électrique, le poids-moteur est attaché à l'extrémité d'une corde métallique qui passe dans un tube dont l'orifice inférieur se trouve immédiatement au-dessus du treuil T (fig. 1) et qui s'enroule sur une poulie située au sommet de ce tube.

Cette disposition a pour but de protéger entièrement la corde et d'empêcher la pluie et la poussière de pénétrer dans le socle qui renferme le mécanisme.

Le poids-moteur redescend le long de la colonne du disque ; il est guidé par deux tringles.

La roue R' ayant 5 dents, peut déterminer pour une rotation complète 5 ouvertures et 5 fermetures du disque. Le treuil ayant 10 centimètres de diamètre, sa circonférence mesure 91,5 centimètres.

Dans le cas considéré, c'est-à-dire dans l'hypothèse d'une application du système au disque modèle Est, la hauteur de chute du poids-moteur est de 3 mètres, ce poids pourra faire faire 9 tours au treuil et par suite à la roue R', ce qui donnera 45 manœuvres complètes du disque.

Dans beaucoup de cas, ce nombre de manœuvres suffira pour un délai de 24 heures. On remontera, en effet, le poids chaque jour en allant allumer la lanterne du disque.

Dans les gares à trafic plus important, on pourra remonter le poids toutes les 12 heures, c'est-à-dire en venant allumer et en venant éteindre la lanterne du disque, ce qui permettra de faire 90 manœuvres complètes par 24 heures.

Enfin, si ce nombre de manœuvres ne suffit pas, on pourra doubler le poids-moteur afin de le mouffler et obtenir ainsi 180 manœuvres complètes par 24 heures.

Nous ferons remarquer aussi que la hauteur de chute du poids-moteur n'est pas limitée, attendu qu'il est facile d'installer ce poids le long d'un poteau placé à proximité du disque et ayant telle hauteur que l'on désire. Dans ce dernier cas, il sera avantageux de placer le treuil au bas de ce poteau et, par conséquent, en dehors du socle qui renferme le mécanisme. L'axe O O serait alors relié à l'axe du treuil par un joint universel.

Examinons maintenant les causes de dérangement qui peuvent se produire en service.

La pile peut manquer, ou le fil conducteur de l'électricité peut se rompre.

Dans ces deux cas, le signal se mettra à l'arrêt, ce dont on sera prévenu à la gare par la sonnerie répétitrice ; il pourra y avoir des retards pour les trains, mais la sécurité des manœuvres dans la gare ne sera pas compromise.

Des courants atmosphériques peuvent brûler le fil de la bobine et, dans ce cas encore, le disque se mettra de lui-même à l'arrêt.

Enfin, des courants atmosphériques pourront circuler dans le fil conducteur pendant un temps qui sera toujours très court. Or, si le disque est à l'arrêt, le fil n'étant alors parcouru par aucun courant de pile, l'électricité atmosphérique passant dans ce fil pourra attirer momentanément l'armature de l'électro-aimant et mettre le disque à voie libre, mais, dès que son influence aura cessé, l'armature sera lâchée et le disque retombera à l'arrêt.

Si, au contraire, le disque est effacé, le fil étant parcouru par un courant de pile qui maintient au contact l'armature de l'électro-aimant, un courant atmosphérique pourra combattre momentanément l'action du courant de la pile, mais dès que son influence aura cessé, le courant de pile agira seul et le disque reprendra sa position de voie libre.

Ainsi donc, dans les circonstances les plus défavorables, le disque ne pourra être ouvert que pendant quelques secondes.

G. DUMONT et POSTEL-VINAY.

## OUTILLAGE DES TRAVAUX PUBLICS

**Appareil élévatoire pour la pose rapide des pierres dans les grandes constructions. (Application à la construction de l'église de Montmartre.)**

M. Bonnet a inauguré, lors de la construction du gros œuvre du nouvel hôtel des postes de Paris, un appareil permettant une pose rapide des pièces formant l'ossature extérieure de cette construction. Il s'agissait d'amener les assises à une hauteur de 12 mètres au-dessus du niveau des trottoirs des rues avoisinantes sur un développement total de 380 mètres en une seule campagne. Cet appareil consistait en une grue à balancier dont la charpente entière était en bois de sapin et la hauteur de

13<sup>m</sup>,50; cette grue se déplaçait sur une voie de 1<sup>m</sup>,750 de largeur.

Le problème avait été ainsi résolu d'une manière très satisfaisante. Aussi songea-t-on à se servir d'un appareil du même genre pour l'édification de la nef au chantier de Montmartre, ce qui permettait d'éviter l'établissement d'une charpente dont le coût devait dépasser 500,000 fr.

Les conditions imposées étaient les suivantes : en hauteur, l'appareil devait pouvoir opérer la pose des assises jusqu'aux sommiers des voûtes, poser les sommiers et établir les voûtes, l'extrados étant à 27 mètres du sol de la nef. En déplacement, la grue devait desservir les deux côtés de la nef qui a 52<sup>m</sup>,50 de longueur et tout le pourtour du chœur qui a un rayon de 7<sup>m</sup>,280 dans œuvre et des piliers de 4<sup>m</sup>,50 d'épaisseur; la partie centrale de l'ensemble de l'édifice devait rester libre.

En raison de la disposition du chantier, on plaça les rails qui supportaient la grue à 2 mètres au-dessus du sol de la nef, ce qui réduisait à 25 mètres la hauteur du plan supérieur de pose au-dessus du rail. C'est également à cette hauteur qu'a été établi l'axe du balancier. Ce dernier est composé de deux poutres en treillis montées parallèlement sur un axe en fer qui les traverse toutes deux dans des tourillons en fonte rivés sur des tôles qui forment l'âme des poutres au milieu et aux extrémités. Ces poutres sont entretoisées de distance en distance. Aux deux bouts du balancier se trouvent deux poulies, la première recevant la chaîne de charge, la seconde servant au rappel du balancier. L'axe d'oscillation porte aussi une poulie qui sert à renvoyer la chaîne de charge au treuil de manœuvre placé à la plate-forme inférieure.

Le balancier qui prend les pierres arrivant sur le chantier et qui les met directement en place, doit pouvoir occuper toutes les positions depuis la position horizontale jusqu'au relèvement total limité par la chaîne de charge ramenée contre les montants. Afin d'obtenir une manœuvre régulière, on a placé le centre de gravité du balancier un peu en dessous de l'axe d'oscillation à l'aide d'un contrepoids spécial.

Le balancier est porté par un pylône en bois de pitch-pin et composé de deux montants verticaux assemblés dans un des longerons du châssis inférieur et réunis entre eux à diverses hauteurs par des entretoises. Dans le plan vertical, des montants des contrefiches latérales viennent buter ces pièces.

Dans le cas qui nous occupe, on avait tout intérêt à employer le bois pour la constitution du pylône; en effet, avec du fer, on aurait eu un poids total beaucoup plus grand, ce qui aurait remonté le centre de gravité et compromis la stabilité, l'assemblage des pièces métalliques n'aurait pu se faire facilement sur place, enfin les dépenses de premier établissement auraient été plus considérables.

Comme les voies d'accès de la butte Montmartre ne permettent pas le passage de pièces ayant plus de 17 mètres de longueur, on a dû constituer les pièces du pylône en deux parties, que l'on a assemblées à traits de Jupiter de 3 mètres de longueur.

Les deux longerons sur lesquels sont boulonnées et encastrées les pièces du pylône sont formés de deux morceaux de chêne de fort équarrissage et réunis entre eux par deux traverses en bois de même essence et boulonnées.

C'est sur le châssis formé des longerons et de leurs traverses qu'est installée la machinerie. L'ensemble est porté par deux essieux en fer sur lesquels sont calées des roues en acier de 0<sup>m</sup>,60 de diamètre.

La machine à vapeur mi-fixe verticale qui fournit la force commande au moyen d'une courroie un arbre de transmission, lequel donne le mouvement au treuil de charge, au treuil de rappel du balancier et à la translation.

Les treuils sont du système Bernier, à deux vitesses; mais ils fonctionnent toujours : le treuil de charge à la grande vitesse et le treuil de rappel à la petite vitesse. La demande des pierres ou des bennes à mortier s'effectue au frein.

La translation de l'appareil se fait au moyen d'engrenages commandant l'essieu placé sous la machine.

Les dimensions de la grue ont été calculées de façon à pou-

voir résister aux efforts provenant d'une charge de 2,800 kilog. (ce qui correspond à un volume de 1<sup>m</sup>3,200 de pierre de 2,400 kilog. de densité). Dans ces conditions, le fer travaille à 6 kilog. par millimètre carré pour le balancier, à 6<sup>x</sup>,50 pour les essieux; la fonte à 2 kilog. par millimètre carré pour les dents d'engrenages; le bois de pitch-pin à 0<sup>x</sup>,061 par millimètre carré lorsqu'il est soumis à des efforts de flexion et de compression à la fois.

L'appareil peut lever et poser 80 à 100 mètres cubes de pierres par jour suivant les conditions d'alimentation du chantier et de hauteur de pose. La hauteur n'a d'influence que dans les valeurs extrêmes, le montage se faisant pendant que la translation s'effectue.

Une des questions les plus importantes est la stabilité.

Le moment résistant a été trouvé de 27,750; le moment de renversement maximum est donné par la charge 2,800, le balancier étant horizontal; sa valeur est de 14,280. Le rapport du moment résistant au moment renversant est donc de 27,750 divisé par 14,280, soit 1,943, ce qui donne une sécurité absolue dans le cas le plus défavorable.

L'influence du vent est considérable au point élevé où fonctionne l'appareil. En tenant compte des circonstances locales, la stabilité n'est compromise que lorsque le vent a une intensité supérieure à celle qui correspond à une pression de 162 kilog. par mètre carré, le balancier étant droit et de 222 kilog. par mètre carré, le balancier étant horizontal, et encore faut-il que la direction soit normale à l'axe de la voie et à l'arrière de l'appareil.

La translation de l'appareil élévatoire, au pourtour du chœur devant se faire sur une voie dont le rail extérieur était en courbe de 6<sup>m</sup>,860 de rayon seulement, il était nécessaire ou de rendre mobile l'un des essieux ou d'employer un chariot transbordeur. C'est ce dernier moyen qui a été adopté. Le chariot transbordeur a 6<sup>m</sup>,50 de longueur totale, il est formé d'un châssis métallique composé de deux longerons, de deux traverses et de plusieurs entretoises; il est porté sur des roues extérieures avec supports spéciaux; le nombre de ces roues est de 5 pour assurer la stabilité du côté de la charge.

Le chariot est relié aux voies latérales par des verrous fixés sur les traverses et manœuvrés au moment du départ, l'enclenchement se fait automatiquement. Dans cette position, les voies du chariot sont rigoureusement dans le prolongement des voies d'accès. Les longerons reposent sur des patins en acier légèrement inclinés pour éviter le frottement au départ.

A chaque extrémité des rails du chariot est disposé un verrou en fer forgé coulissant dans des guides en fonte. Ces verrous sont manœuvrés par des bielles mises en mouvement par un levier à contre-poids. Le fonctionnement est automatique au moyen d'un taquet de butée fixé sur le longeron de la grue.

Le mouvement moteur du chariot est demandé à l'appareil élévatoire lui-même, ce mouvement est pris sur le dernier engrenage de la translation monté fou sur l'essieu.

Les voies de la nef ont 2<sup>m</sup>,880 de largeur d'axe en axe; elles sont formées de rails en acier pesant 30 kilog. le mètre courant, posés sur longrines entretoisées; il y a 3 entretoises par largeur de rail de 8 mètres.

Les rails du chariot sont posés à 0<sup>m</sup>,565 en contrebas de ceux des voies latérales.

La voie a 3<sup>m</sup>,10 de largeur, le rail extérieur étant cintré à 6<sup>m</sup>,860 de rayon.

L'appareil coûte à peu près 33,000 fr. pour une hauteur de 30 mètres.

Les appareils élévatoires du genre de ceux imaginés par M. Bonnet présentent un grand intérêt, puisque, pour les grandes constructions, ils peuvent remplacer les charpentes énormes qu'on est obligé d'établir. Ainsi, dans le cas qui nous occupe, on a pu éviter, en se servant d'un appareil de 33,000 fr., la dépense d'un échafaudage qui aurait coûté 500,000 fr.

Cet appareil présente aussi un avantage qu'il importe de signaler. Il prend la pierre et la pose n'importe où, quand elle arrive, à condition naturellement que la pierre sous-jacente

puisse la recevoir. Il y a quelquefois 3 ou 4 assises montées dans un coin et rien dans l'autre. On peut poser dans un assise toutes les pierres et laisser celle du milieu ; quand cette dernière arrive, elle se pose parfaitement.

(*Société des Ingénieurs civils*).

## CHRONIQUE

### Chronique Française

**Les ascenseurs hydrauliques.** — M. Le Chatelier, ingénieur des Ponts et Chaussées, a traité dernièrement dans les *Annales des Ponts et Chaussées* la question des ascenseurs hydrauliques. Comme nous avons nous-mêmes publié dans les *Annales des Travaux publics* plusieurs articles sur cet intéressant sujet, et que l'emploi de ces appareils paraît devoir se généraliser dans beaucoup de cas pour éviter de multiplier outre mesure le nombre des écluses, il nous paraît opportun de donner à nos lecteurs le résumé des observations présentées par M. Le Chatelier.

Cet ingénieur commence par rappeler que la construction de l'ascenseur d'Anderton, en 1875, était une entreprise audacieuse par sa nouveauté, mais que l'accident survenu après quelques années de service n'est pas de nature à infirmer la valeur du système.

L'accident auquel nous faisons allusion a consisté, comme on se le rappelle, dans la rupture d'une tête de presse.

M. Le Chatelier remarque qu'il se dégage, de la controverse qui s'est élevée entre les Ingénieurs pour déterminer la cause de la rupture, deux points importants :

1° Les chances de rupture d'une presse sont d'autant plus fortes que la tête du piston est moins bien guidée.

2° Elles croissent rapidement avec le diamètre.

M. Duval a proposé un moyen de guidage très simple qui consiste à placer les points de guidage dans un plan unique passant par le centre de gravité du système. Cette combinaison a été adoptée par M. Sydenham Duer dans son projet pour l'appareil des Fontinettes. M. Clarck, son concurrent, a conservé le guidage aux quatre angles, ce qui était nécessité par la disposition générale de son système.

M. Le Chatelier considère le guidage central comme nécessaire et il pense que le desideratum est le guidage de la tête du piston ; il faut assurer l'invariabilité de la direction de son mouvement, et on ne saurait le faire complètement en guidant un point relié seulement à cette tête par un intermédiaire aussi élastique et aussi déformable qu'un sas en tôle.

En ce qui concerne le diamètre à donner aux presses, M. Le Chatelier fait remarquer que la dimension de 0<sup>m</sup>,30 de diamètre utile de la presse d'Anderton, peut être considérée comme facilement réalisable, mais qu'il n'est pas prouvé qu'on puisse dépasser aisément ce diamètre.

Ainsi la presse de 2 mètres de diamètre que doivent construire les établissements Cail n'est pas terminée ; il est permis de penser tout au moins que son prix de revient sera fort élevé. Une presse de 1<sup>m</sup>,50 de diamètre est en construction à Seraing ; les conditions d'épreuve n'y ont pas été atteintes du premier coup.

Les grosses presses sont donc un pis aller, et si M. Clarck n'a pas craint d'adopter le diamètre de 2 mètres dans son projet des Fontinettes, M. Duer ne l'a pas cru possible et a jugé préférable de multiplier les presses.

L'auteur de la note que nous analysons partage l'opinion de M. Duer, mais il ajoute qu'il est nécessaire d'assurer ce qu'il appelle la stabilité de marche, et il indique pour y arriver le moyen suivant qui avait été déjà conçu et étudié pour une chute de 20<sup>m</sup>,50 par MM. Clarck, Standfield et Clarck en 1881, ainsi qu'il résulte d'une note insérée dans l'un des derniers numéros des *Annales des Ponts et Chaussées*.

Le sas serait assemblé sur un cadre en tôle. Ce cadre laisserait au-dessus du plan d'eau dans le sas la hauteur réglementaire de 5<sup>m</sup>,25 du gabarit normal de la batellerie française de navigation intérieure.

La traverse supérieure du cadre prolongée de part et d'autre recevrait application des têtes de deux pistons symétriques à 1 mètre par exemple des faces extérieures des montants. Les têtes des pistons seraient guidées, ainsi que le cadre, en deux points de sa traverse supérieure et de sa traverse inférieure, mais seulement contre les mouvements perpendiculaires au plan de la figure. L'un des pistons serait articulé sur le cadre, l'autre s'y appuierait par contact libre.

Cette disposition assurerait la stabilité transversale, attendu qu'elle corrige spontanément les défauts de simultanéité dans la marche des deux pistons. La stabilité longitudinale du sas résulte du guidage du cadre. M. Le Chatelier ajoute que ce système serait économique, car il dispenserait des fondations profondes pour les cylindres des presses et les rendrait visibles et accessibles dans la majeure partie de leur hauteur ; d'autre part, il permettrait de suspendre le sas au cadre par un réseau de tirants obliques et de le placer ainsi dans des conditions de flexion beaucoup moins onéreuses que ne le faisaient les projets présentés pour les Fontinettes.

(*Annales des Ponts et Chaussées*).

### Chronique Etrangère

#### Les travaux publics à l'Exposition internationale des inventions à Londres. (Suite.)

4° *Chemin de fer Métropolitain.* — On a complété les moyens de communication existant à Londres par la construction d'un réseau de voies ferrées souterraines passant sous les rues. La ligne principale, non compris les jonctions et les embranchements, a 13 milles (20,921 mètres) de longueur. En 1863, à l'ouverture de la ligne, le nombre des voyageurs n'était que de 9 1/2 millions, et l'année dernière, en 1884, il a atteint 114 1/2 millions.

Le passage de 18 à 19 trains par heure sur chaque voie dans les parties les plus actives et l'absence presque complète d'accidents montrent que l'organisation du service sur le métropolitain est parfaite.

De 1875 à 1879 on a construit à New-York 34 milles (54,716 mètres) de voies aériennes. La voie ferrée est établie sur des poutres que supportent des colonnes placées généralement sur le bord du trottoir. Dans quelques rues les voies sont indépendantes ; chacune est portée sur une seule ligne de colonnes au moyen de poutres longitudinales, dans d'autres elles sont portées par des poutres transversales qui s'étendent sur la largeur de la rue entre les poutres principales. La largeur de la voie est de 4 p. 8 1/2 inch (1<sup>m</sup>,44) et le poids des locomotives est ordinairement de 19 t 1/2 (19,812 kil.). Le nombre quotidien des voyageurs est de 165.000.

5° *Chemins de fer de montagne.* — Le chemin de fer du Righi est le premier exemple d'un système de traction pour gravir les fortes rampes. Ce système fonctionne au moyen d'une roue conductrice dentée qui engrène avec un rail à crémaillère. La ligne a 3 1/2 milles (5,632<sup>m</sup>,59) de longueur et rachète une différence de niveau de 3,930 pieds (117<sup>m</sup>,90) ; la rampe la plus raide a 1 mètre de hauteur sur 4 mètres de base et s'étend sur le tiers du parcours. Le succès de ce système a eu pour conséquence la construction de chemins de fer semblables. On gravit aujourd'hui le cône du Vésuve avec un plan incliné funiculaire de 1/2 mille (804<sup>m</sup>,5) de longueur qu'actionne une machine fixe. Les rampes de ce plan incliné varient de 1 mètre de hauteur sur 2 1/2 de base à 1 de hauteur sur 1,6 de base. Comme comparaison avec des rampes gravies par les locomotives ordinaires, on peut citer celles du chemin de fer pé-

ruvien qui va de Callao et Lima à Oraya; cette ligne qui a 105 milles (169 kil.) de longueur s'élève à une hauteur de 15,000 pieds (4,500 mètres) au-dessus du niveau de la mer.

6° *Tramways*. — Ce n'est qu'en 1867 que le tramway, sous sa forme actuelle, a été inauguré à Liverpool, et à Londres en 1870. Au début la voie était formée de rails relativement légers, supportés par des longrines longitudinales en bois; mais comme ces lourds camions passaient de préférence sur ces rails, où la traction est plus facile ils furent bien vite détériorés et on dut les remplacer par des rails plus forts en acier. Ces rails ont été posés, dans les nouvelles lignes, sur des longrines en fer. A San-Francisco, à Chicago, et dernièrement à Highgate Hill, on a remplacé les chevaux par un câble sans fin qui circule entre les rails dans un caniveau; ce câble est supporté par des poulies et il est mis en mouvement par une machine fixe. Les voitures saisissent le câble au moyen d'une pince qui passe à travers la fente pratiquée dans le caniveau. On remonte ainsi facilement des rampes très fortes et on s'arrête ou on marche à volonté en lâchant ou en saisissant le câble moteur. A Chicago, deux de ces lignes ont chacune plus de 20 milles (32,186 mètres) de longueur. Les câbles employés sont en acier et ont 1 1/4 pouces (0<sup>m</sup>,031) de diamètre.

7° *Ponts et viaducs*. — Dans la construction des ponts et des viaducs, l'introduction de l'acier a permis de donner à ces ouvrages des formes plus légères et d'augmenter la portée. Le percement des trous au foret a remplacé celui au poinçon dans les pièces à river. Le rivetage hydraulique a été substitué au rivetage au marteau, mais en Angleterre le rivet à aiguille n'a pas eu beaucoup de faveur depuis la construction d'un de ses meilleurs modèles, le pont de Charing Cross, quoique les Américains l'emploient presque exclusivement dans leurs grandes constructions.

Pour les fondations on a remplacé les batardeaux par des cylindres en fer ou des caissons.

Parmi les ponts les plus remarquables construits depuis 1862, on peut citer celui du Niagara qui a 3,651 pieds (1,095<sup>m</sup>, 3) de longueur avec une partie mobile de 364 pieds (109<sup>m</sup>, 2) couvrant deux passes de 160 pieds (48 mètres) chacune qu'une machine à vapeur ouvre et ferme en une minute. En cet endroit la rivière a une profondeur maximum de 48 pieds (14<sup>m</sup>, 40) et un courant d'une vitesse de 6 à 12 milles (9,653 mètres à 19,312 mètres) par heure, soit 2<sup>m</sup>,68 à 5<sup>m</sup>,36 par seconde. Signalons aussi le pont du Kentucky qui a 3 travées de 375 pieds (112<sup>m</sup>, 5) avec une hauteur, au milieu, de 55 mètres au-dessus de l'étiage; il a été construit simultanément des deux berges, sans autre échafaudage qu'une pile provisoire en charpente au milieu de chacune des deux parties du tablier qui s'avancèrent des rives à la rencontre l'une de l'autre. La jonction des pièces, au milieu, s'est effectuée à la fois par la détente ou la fermeture en haut des attaches latérales et par l'utilisation de la différence de température entre le jour et la nuit.

Un des premiers ponts qui aient été construits en acier est celui de Glasgow, qui date de l'année 1878; il se compose de 5 travées de 93<sup>m</sup>, 3 de longueur chacune. Aux épreuves, ce pont n'a donné qu'une très faible flexion; chaque travée pèse environ 100 tonnes de moins que si elle avait été construite avec du fer.

A Saint-Louis on a construit un pont en arcades presque tout en acier avec 2 travées de 500 pieds (150 mètres) et une travée centrale de 156 mètres qui s'élève à 17<sup>m</sup>, 70 au-dessus du niveau du fleuve. Il y a deux tabliers: le tablier supérieur porte une route ordinaire avec ses trottoirs, le tablier inférieur supporte une voie ferrée. La largeur du pont est de 16<sup>m</sup>, 2. Les arches consistent en 4 supports formés chacun de deux lignes de tubes en acier distants de 0<sup>m</sup>, 30 d'axe en axe et contreventés par des pièces diagonales. On éprouva de grandes difficultés pour relier au centre les deux moitiés des supports de l'arche, parce qu'il n'était pas aisé de les faire se rencontrer exactement. On y parvint cependant en utilisant la différence de température et en construisant des tubes de jonction spéciaux. On descendit les

fondations jusqu'au rocher à des profondeurs de 76 à 105 pieds (22<sup>m</sup>, 80 à 31<sup>m</sup>, 5) au moyen de caissons à air comprimé.

Le pont de l'East River qui relie Brooklyn à New-York a une travée centrale de 1,595 pieds (478<sup>m</sup>, 5) et deux travées latérales de 930 pieds (279 mètres). La hauteur du tablier au-dessus du niveau des hautes eaux est de 135 pieds (40<sup>m</sup>, 5), au milieu. Le sommet des tours est à 278 pieds (83<sup>m</sup>, 40) au-dessus de ce même niveau. Le tablier a 25<sup>m</sup>, 5 de largeur; il est soutenu par 4 cables formés chacun de 19 torons de 332 fils parallèles n° 7 en acier fondu au creuset. Chaque câble contient ainsi 6,308 fils, pouvant résister à un effort de 10,730 tonnes.

Le viaduc du Douro, près d'Oporto, présente une innovation dans la construction des ponts: la travée centrale est supportée par une arche en forme de croissant dont l'extrados est à 200 pieds (60<sup>m</sup>) au-dessus du niveau de l'eau, et dont l'ouverture est de 525 pieds (167<sup>m</sup>, 5). Cette arche a été construite en dehors de ses calées en soutenant, par des câbles en fils d'acier, ses parties suspendues dans le vide. Le tablier repose sur une poutre à treillis appuyée sur le sommet de l'arc et sur deux piles intermédiaires établies sur les reins de l'arche. L'arche est articulée à ses naissances, et lorsqu'on en fit l'épreuve avec un train pesant 352 tonnes et marchant à une vitesse de 14 milles à l'heure, la flexion ne dépassa pas 0 pied 67 (0<sup>m</sup>, 01675) au sommet sans oscillation appréciable.

Le viaduc de Kinsux sur la New York Lake Eri et W. Railway est remarquable par sa grande élévation; le niveau des rails est à 302 pieds (90<sup>m</sup>, 6) au-dessus de celui des eaux de la rivière.

En Angleterre, les ouvrages les plus remarquables en cours de construction sont le nouveau pont de la Tay, qui a 3,234 mètres de longueur et qui comprend 85 travées; le pont du Forth, qui dépassera par sa force et par ses dimensions tous les ponts connus. Il se composera de deux travées de 510 mètres de longueur, de 2 travées de 202<sup>m</sup>, 5 de longueur, de 14 travées de 50<sup>m</sup>, 4 et de 6 travées de 15 mètres d'ouverture. La hauteur existant entre le niveau de l'eau et l'intrados de la plus grande travée est de 45 mètres. Les piles principales se composeront chacune de 4 blocs de maçonnerie de 13<sup>m</sup>, 50 de diamètre au sommet, de 21 mètres de diamètre à la base; ces piles seront espacées de 36 mètres d'axe en axe, dans la direction perpendiculaire au pont, et de 81 mètres dans le sens longitudinal. Les pièces principales de la superstructure métallique qui doivent supporter des efforts de compression sont des tubes en acier de 3 à 12 pieds (0<sup>m</sup>, 90 à 3<sup>m</sup>, 60) de diamètre. Le poids de l'acier employé dans la superstructure de ces grandes travées sera d'environ 42,000 tonnes, et la longueur totale du pont, y compris la longueur des chemins d'accès sera de 2,425<sup>m</sup>, 2. Dans ce projet il a fallu tenir compte d'une foule de questions qui peuvent être négligées sans inconvénient dans les constructions ordinaires, mais qui ici ont une importance capitale: ainsi pour ne citer qu'un exemple, les entrants horizontaux qui réunissent les sommets des deux paires de colonnes en maçonnerie qui constituent une pile et qui servent à transmettre à ces piles la poussée exercée par la superstructure du pont, peuvent ordinairement être considérées comme rigides. Mais comme ici, ils ont 81 mètres de longueur, on a calculé que sous la poussée qu'ils supporteraient, la flexion serait de 0<sup>m</sup>, 0375 environ, et on a pris des dispositions spéciales pour remédier à ce défaut.

8° *Travaux des ports*. — Depuis 1862, on a constamment augmenté les surfaces d'eau et la profondeur des bassins et des ports; c'est une conséquence naturelle de l'accroissement des dimensions des navires. L'emploi des machines hydrauliques pour les manœuvres dans les ports s'est généralisé; on peut ainsi placer, sur un point déterminé, une machine à vapeur dont on utilise la force aux différents endroits du port, soit pour ouvrir les portes des écluses, soit pour manœuvrer des treuils, des élévateurs, des grues fixes ou mobiles, etc., etc.

Les travaux de ce genre qui méritent d'être signalés à cause de leur importance, sont ceux du nouveau port d'Holyhead; ces travaux ont été commencés en 1847 et terminés en 1873. Grâce

à la construction d'un brise-lame extérieur de 2,358 mètres de longueur, on a obtenu une rade de 667 acres (269 hect., 8682) d'étendue. Ce brise-lames est formé d'un mur en pierres reposant sur des assises en blocailles. On a employé, pour constituer cette fondation, 7 millions de tonnes de blocailles qu'on tirait de carrières exploitées par la mine. Dans ces dernières années on s'est beaucoup servi de blocs artificiels en béton de ciment, pour constituer des jetées devant résister à l'attaque des fortes lames : c'est ainsi qu'ont été construits les brise-lames de Madras, de Kurraché, de Table Bay et Colombo, tandis qu'autrefois on coulait simplement sur place dans des moules le béton liquide, de manière à former un monolithe, comme par exemple à Aberdeen et à Wick. A Dublin, on s'est servi pour la construction des murs de quais d'une nouvelle méthode qui dispense de l'emploi des batardeaux et des plongeurs. Ces murs devant descendre jusqu'à 7<sup>m</sup>,20 au-dessous du niveau des basses eaux et leur couronnement devant se trouver à 1<sup>m</sup>,20 au-dessus de ce même niveau, ce qui donnait une hauteur totale de 8<sup>m</sup>,40, on a construit, sur le bord, des blocs en grosse maçonnerie de mortier de ciment; ces blocs qui mesuraient 6<sup>m</sup>,40 de longueur, 3<sup>m</sup>,60 de largeur et la hauteur même du quai, soit 8<sup>m</sup>,40, et qui pesaient 350,000 kilogrammes, furent enlevés et descendus en place à l'aide de grues flottantes.

Quelques nouvelles méthodes ont été introduites dans les bassins de radoub. Ainsi dans l'Hydraulic Left Graving Dock, on place le navire sur un ponton submergé qu'élèvent alors tout entier des filés de presses hydrauliques fonctionnant dans des colonnes en fonte qui leur servent de guides. Lorsqu'il est élevé à la hauteur nécessaire, le ponton se vide par ses soupapes qu'on referme en abaissant les presses. Le navire est alors porté par le ponton et remorqué à l'endroit désigné pour les réparations, et les presses devenues libres peuvent servir pour élever un autre ponton et un autre navire.

On emploie aussi dans le même but des plans inclinés actionnés par des cylindres hydrauliques. C'est ainsi qu'à Pennarth un navire de 2,500 tonnes de déplacement peut être placé dans un berceau et mis à sec en deux heures de temps.

On peut également citer le dock flottant de Bermuda. Ce dock a une puissance de flottaison de 16,000 tonnes; il a été remorqué de Londres à Bermuda en 1869.

(A suivre.)

**Nouveau système d'écluse.** — Dans ces dernières années, on a cherché à diminuer le nombre d'écluses nécessaires pour faire communiquer deux canaux situés à des hauteurs très différentes, en établissant entre ces deux canaux soit un plan incliné parcouru par un chariot sur lequel se place le bateau à faire passer d'une voie navigable sur l'autre, soit un ascenseur soulevant ou descendant le bateau verticalement au moyen de la force hydraulique.

Mais ces diverses installations nécessitent l'emploi de mécanismes fort compliqués et conduisent par suite à des dépenses considérables.

M. Julius Grève a proposé de résoudre le problème en conservant le système des écluses échelonnées, mais en modifiant ce système de façon à diminuer la quantité d'eau nécessaire pour une manœuvre et à abrégier le temps employé au passage d'un bateau.

A cet effet, M. Grève a imaginé de remplacer une série d'écluses établis entre deux rivières dont le plan d'eau est situé à des niveaux différents par une seule écluse dont le radier est un plan incliné.

Dans cette écluse, on place une porte mobile glissant le long du radier comme glisse un piston dans un cylindre, et disposée de telle sorte que l'eau ne puisse passer entre ladite porte, le fond et les parois de l'écluse.

La porte mobile étant amenée à une certaine distance de l'extrémité supérieure du plan incliné, on ouvre la porte fixe qui, en temps ordinaire, empêche l'eau du canal, situé à la cote la plus élevée, de s'écouler dans l'écluse; cette eau viendra remplir la chambre ainsi constituée et on pourra y introduire

un bateau; on fermera alors la porte de communication entre l'écluse à plan incliné et le canal supérieur. Si on fait descendre la porte mobile le long de ce plan, le bateau qui se trouvera derrière suivra le mouvement et pourra être ainsi amené jusqu'au bas du plan incliné, c'est-à-dire dans le canal inférieur.

Par une manœuvre du même genre, on pourra faire remonter un bateau du canal inférieur dans le canal supérieur.

Ce principe étant admis, voici un exemple qui en fera comprendre le mode d'application.

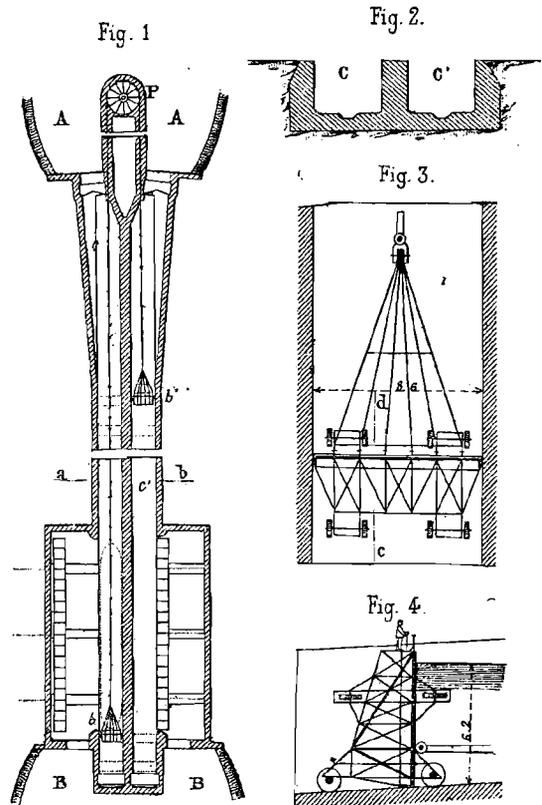


Fig. 1. — Plan de l'écluse.

Fig. 2. — Coupe transversale suivant la ligne *ab* de la fig. 1.

Fig. 3. — Plan du barrage mobile.

Fig. 4. — Coupe suivant la ligne *cd* (fig. 3) du barrage mobile.

Supposons qu'il s'agisse de faire passer les bateaux naviguant sur un canal A dans un canal B situé dans le prolongement du premier, mais dont le niveau de l'eau se trouve à 25 mètres en contre-bas (fig. 1.). On établira entre les deux canaux en question deux chambres d'écluse C et C' séparées par un mur et dont le radier aura une longueur de 67 mètres et une déclivité de 1/20 par exemple. Nous supposons que ces chambres d'écluses, dont la figure 2 représente la coupe transversale, ont chacune 3<sup>m</sup>,60 de largeur et 7<sup>m</sup>,20 de hauteur. Leurs parois, ainsi que le radier, ont autant que possible des surfaces lisses.

Dans chacune de ces chambres, se meut, à la manière d'un piston dans un cylindre, un barrage mobile *b* et *b'* construit de façon à intercepter complètement le passage de l'eau entre lui, les murs verticaux et le radier de l'écluse.

Ces deux barrages ou portes mobiles qui retiennent l'eau ou qui la refoulent devant eux suivant qu'ils descendent ou qu'ils s'élèvent en glissant sur le radier de l'écluse, sont reliés l'un à l'autre par une chaîne qui passe sur une poulie P de grand diamètre placée au sommet du plan incliné ainsi que le montre la figure 1.

On comprend que lorsqu'un de ces barrages remonte le plan incliné, il se forme devant lui une retenue d'eau dont la hauteur dépend de celle du barrage.

Dans le cas qui nous occupe, la profondeur de l'eau en avant du barrage mobile sera égale à la hauteur de l'eau dans le canal A ou B, c'est-à-dire à 2<sup>m</sup>,50 augmentée de 67/20, soit au total de 5<sup>m</sup>,85. On disposera les choses de façon à pouvoir faire entrer une lame d'eau supplémentaire de 0<sup>m</sup>,35 dans le sas mobile qui descend afin de disposer d'un cube dont le poids servira de force motrice.

La pression exercée sur le barrage mobile sera donc celle due à une hauteur d'eau de 5<sup>m</sup>,85 + 0<sup>m</sup>,35 ou 6<sup>m</sup>,20 ; ce barrage ayant 8<sup>m</sup>,60 de largeur, la pression totale qu'il aura à supporter sera, dans l'une des chambres, de 165 tonnes et dans l'autre de 147 tonnes. La force de traction du barrage descendant sera de 18 tonnes.

Cette force, qui est nécessaire pour la mise en marche du système serait trop forte pendant le reste de la manœuvre, aussi a-t-on disposé les choses de telle sorte que dès que le mouvement a été commencé, une partie de l'eau introduite en excès pour constituer le lest, est graduellement évacuée et qu'il n'en reste plus définitivement qu'une quantité correspondant à une hauteur de 0<sup>m</sup>,20.

La chaîne qui relie les deux barrages mobiles circule dans l'axe de la chambre d'écluse, suivant une ligne droite parallèle à l'axe du radier; elle se trouve constamment en dehors de l'eau. Cette disposition oblige à placer les portes d'entrée de l'écluse à droite et à gauche de la chaîne, afin de permettre aux bateaux d'entrer librement dans cette écluse.

La construction des chambres d'écluse n'offre aucune difficulté pratique : il est, en effet, facile d'obtenir un profil uniforme sur toute la longueur de ces chambres.

Les portes mobiles sont munies de roues portant sur des rails plats encastrés dans une maçonnerie de pierres de taille soigneusement rejointoyée au ciment.

Des garnitures en caoutchouc assurent l'étanchéité des joints de la porte mobile avec les parois et le radier de l'écluse. Ces portes sont construites en planches avec armatures métalliques, leur poids se trouve équilibré en partie par des caisses à air réparties convenablement entre les armatures verticales.

Les figures 3 et 4 donnent le plan et la coupe transversale de l'une des portes mobiles.

La chaîne qui relie les portes est à maille simple ; elle est formée de trois barres d'acier, ayant une section totale de 108 centimètres carrés ; chaque maille est pourvue d'une paire de galets roulant sur des rails plats. Le mètre courant de chaîne pèse 130 kilos.

Le temps employé pour l'entrée et la sortie des bateaux est le même que pour les écluses ordinaires, mais comme les bateaux n'entrent et ne sortent qu'une seule fois, on économise le temps que l'on perdrait pour répéter plusieurs fois cette manœuvre, si au lieu d'avoir une seule écluse on en avait une série pour racheter la différence des niveaux des deux canaux à faire communiquer.

La dépense d'eau pour chaque opération est de 275 centimètres cubes, tandis que dans le cas d'une échelle d'écluses on arriverait à une dépense de 1,800 mètres cubes.

(Centralblatt der Bauverwaltung).

## Matériaux de construction

### Etude sur les chaux hydrauliques. (Suite.)

Après avoir établi l'influence que peuvent avoir sur la qualité d'une chaux en poudre les soins apportés et les précautions prises dans les différentes phases de la fabrication, et avant de poursuivre l'analyse de la *chimie appliquée*, nous tenons à relater ici les différentes instructions, concernant la chaux en poudre, qui sont renfermées dans l'*instruction spéciale pour l'exécution des terrassements et des ouvrages d'art*, du service de la construction des chemins de fer P.-L.-M.

« Art. 9. — La chaux à employer sera préparée *exclusive-*  
» *ment* au moyen de calcaires hydrauliques naturels, ayant de  
» 12 à 18 0/0 d'argile (non compris le sable quartzueux qui ne  
» devra pas former plus de 3 0/0 du calcaire).

» Les lieux dont elle proviendra seront fixés dans la série  
» des prix. On constatera d'avance, par des essais, la bonne  
» qualité de la chaux et le temps qu'elle met à faire prise.

» Art. 13. — En général, la chaux employée dans les chan-  
» tiers sera éteinte et blutée dans les usines placées sous la  
» surveillance immédiate de la Compagnie.

» La chaux vive, après sa sortie des fours, séjournera pen-  
» dant au moins quinze jours dans des fosses de délitemen-  
» couvertes, où elle recevra son eau d'extinction, par arrosage  
» et en assez faible quantité pour qu'elle ne paraisse jamais  
» mouillée. La chaux éteinte, alors seulement qu'elle sera  
» refroidie et sèche, sera blutée au travers d'une toile métal-  
» lique n° 20 formée de fils de laiton et contenant au moins  
» 20,000 mailles par décimètre carré. Les grappiers qui n'au-  
» raient pu passer au blutoir ne seront admis dans la chaux  
» que sous la triple condition :

» 1° Qu'ils auront été exposés pendant au moins quinze jours  
» à un nouveau délitemen-;

» 2° Qu'ils auront été broyés et ensuite blutés au travers de  
» la toile métallique de laiton sus-indiquée ;

» 3° Qu'ils auront été mélangés intimement avec la chaux  
» blutée et de façon qu'il n'y ait jamais plus d'un quart de  
» grappiers dans le mélange.

» La chaux blutée, acceptée par un agent de la Compagnie,  
» sera conservée à l'usine dans des magasins couverts et sur

» des planchers élevés d'un mètre au moins au-dessus du sol ;

» elle sera expédiée dans les trois mois de sa fabrication, à  
» mesure des demandes de l'entrepreneur, et chaque envoi sera

» suivi d'une lettre de voiture signée de l'agent de la Compa-  
» gnie, pour constater sa provenance, sa qualité et sa quantité.

» Rendue sur les chantiers, elle sera employée immédiatement

» et, à défaut, emmagasinée avec les mêmes précautions qu'à  
» l'usine, dans des hangars spéciaux insubmersibles, placés

» sous la surveillance des agents de la Compagnie, et dont elle  
» devra être extraite, pour l'emploi, dans un nouveau délai de  
» trois mois.

» Les chaux qui ne satisferaient pas aux conditions de fabri-  
» cation indiquées ci-dessus, qui auraient été mouillées d'une

» façon jugée préjudiciable par l'ingénieur de la Compagnie,  
» soit à l'usine, soit dans les magasins de la ligne, soit dans les

» transports, ou qui n'auraient pas satisfait aux expériences  
» directes faites par les ordres de l'ingénieur, seront rejetées

» au moment même où leur défaut aura été constaté et seront  
» séparées des chaux admises de manière à éviter toute espèce

» de confusion.

» A chaque usine, l'entrepreneur mettra à la disposition de  
» l'agent de la Compagnie un laboratoire avec les réactifs,

» matières et ustensiles nécessaires pour faire journellement  
» les analyses et essais directs propres à constater la qualité  
» des calcaires mis en service et des chaux fabriquées. »

En examinant à fond ces prescriptions, un spécialiste y reconnaît une connaissance approfondie des chaux et de leur fabrication, malgré les quelques excès de sévérité que nous signalerons tout à l'heure ; malheureusement, à notre connaissance, ces mesures n'ont jamais été mises complètement en vigueur, de sorte que l'infériorité d'un produit est presque toujours révélée après la mise en œuvre, c'est-à-dire lorsqu'il est trop tard, soit par un défaut évident de prise, soit par une déception plus grave pendant l'exécution des travaux.

Généralement, ainsi que nous l'avons dit, on se contente de vérifier la prise à l'aiguille Vicat sur deux ou trois échantillons avant le commencement des travaux, la qualité est regardée comme ayant un rapport direct avec le temps de prise, de telle sorte qu'on admet que la meilleure des chaux essayées est celle dont la prise est la plus rapide ; les chaux étant ainsi appréciées, les essais sont abandonnés et les échantillons oubliés

dans un coin quelconque ; on applique ainsi le troisième paragraphe de l'article 9, mais on néglige le plus souvent le premier paragraphe du même article ; quant à l'article 13, qui prescrit le contrôle et indique les points principaux sur lesquels les vérifications doivent porter, on ne s'y arrête pas.

Cette manière de faire est certainement très regrettable, car la Compagnie et les fournisseurs sérieux, possesseurs de bonnes carrières, auraient tout à gagner à l'application de l'article 13 qui, avec l'article 9, résumait à peu près en quelques mots, ce que nous avons déjà exposé sur la fabrication de la chaux d'après nos études et expériences.

L'application rigoureuse des articles 9 et 13 présenterait, au premier abord, certaines difficultés, notamment pour le choix des contrôleurs. Ceux-ci, en effet, pour être à la hauteur de leur mission, devraient être non-seulement spécialistes en la matière, mais posséder aussi les notions de chimie nécessaires et savoir suffisamment manipuler pour qu'on ne puisse émettre aucun doute sur les résultats obtenus ; aussi à ce point de vue comme à tant d'autres la *Chimie appliquée* de M. Durand Claye est-elle d'une utilité incontestable.

Ce n'est donc pas en un jour qu'on pourrait former un agent capable de donner une juste appréciation sur la valeur d'une carrière, sur la fabrication et la qualité des produits marchands en ce qui concerne le présent et l'avenir, en un mot de coter une usine.

Cette première difficulté pourrait être en partie annulée en créant le *Manuel du contrôleur des produits hydrauliques* qui, basé sur l'expérience et les dernières données pratiques et théoriques, indiquerait en quelques pages la marche à suivre pour contrôler la fabrication dans toutes ses phases et les conditions auxquelles les produits doivent satisfaire suivant l'emploi auxquels ils sont destinés.

La seconde difficulté a trait à l'intégrité des contrôleurs.

Un contrôle sérieux implique évidemment de la part du contrôleur une impartialité absolue dans tous les cas et dans les plus petits détails, sans quoi il serait nécessaire d'établir un deuxième contrôle, et ainsi de suite.

L'agent chargé d'établir la valeur d'une usine qui ne remplit pas les conditions imposées par le contrôle pourra parfois se trouver placé dans une situation qui lui permettrait de favoriser ses intérêts particuliers en transigeant avec son devoir. Pour un homme intègre, cette situation ne sera jamais embarrassante ; un peu de tact suffit la plupart du temps pour l'éviter, et si malgré tout il s'y trouve placé, il lui est toujours facile de faire comprendre qu'il entend remplir fidèlement et ponctuellement la mission dont il a été chargé par des chefs qui ont mis en lui leur confiance et qu'il doit éclairer. Cette question des attestations favorables, imméritées et achetées est très grave ; elle ne fait honneur ni aux constructeurs ni aux fournisseurs qu'elle blesse au contraire profondément, et on ne saurait trop s'élever contre le dire de ceux qui admettent que cette manière de faire est courante dans la pratique, lorsqu'en réalité elle n'est qu'une exception qui, encore, fort heureusement, ne se présente que très rarement.

Ces appréciations calomnieuses, souvent exprimées à la légère, sont très préjudiciables aux intérêts des fournisseurs sérieux ; car les constructeurs donnent de plus en plus difficilement leur avis sur les bons produits qui, dès lors, avant d'occuper la place à laquelle ils ont droit, demeurent pendant des années confondus avec ceux qu'on exclut d'une façon radicale ou qu'on accepte avec hésitation en raison de circonstances spéciales. Elles nuisent de plus au progrès en empêchant des relations techniques de s'établir entre le constructeur et le fabricant, relations qui seraient utiles, très utiles à l'un et à l'autre et à l'art de la construction en général.

La seconde et dernière raison qui s'oppose au contrôle n'est donc qu'apparente ; elle tombe, en effet, devant l'esprit d'intégrité qui caractérise nos administrations.

Revenons actuellement aux instructions du P.-L.-M :

La condition d'employer des calcaires naturels ayant de 12 à

18 pour cent d'argile, est parfaitement conforme à ce que nous avons dit ; 12 pour cent est une limite minimum, car, au-dessus de cette teneur, la chaux obtenue présenterait, au début, une énergie qui, le plus souvent, serait insuffisante dans les mortiers où l'acide carbonique ne concourt pas directement au durcissement.

Avec un calcaire renfermant plus de 18 pour cent d'argile, il devient assez difficile d'obtenir, par simple hydratation, un produit offrant toutes les garanties désirables ; cependant, la qualité dépendant de soins particuliers, on pourra obtenir une chaux à combinaisons complètes, mais alors le prix en sera relativement élevé ; d'autre part, il faut tenir compte du rapport qui existe entre la silice et l'alumine qui semble avoir, dans les chaux à fort indice mal fabriquées, une influence remarquable sur la résistance ultérieure.

Quant au temps d'effusement ou de délitement, il varie avec la nature du calcaire, la cuisson et la quantité d'eau introduite à l'hydratation. Quinze jours peuvent être considérés comme un temps maximum, car, en réalité, une chaux convenablement hydratée, ne paraît jamais mouillée, et si on voulait attendre le refroidissement complet à l'intérieur des tas d'effusement, deux mois seraient à peine suffisants pendant les chaleurs de l'été ; mais, comme à un moment donné, malgré la chaleur, le travail de délitement cesse complètement, il est inutile d'attendre, pour bluter, le refroidissement absolu, d'autant plus qu'il est toujours facile de s'arranger pour que la poudre ne soit jamais introduite chaude dans les sacs afin d'en éviter la prompt usure.

Pour la chaux réduite en poudre par hydratation, la toile de 20,000 mailles par décimètre carré ne nous paraît pas absolument nécessaire, mais il n'en est plus de même pour la farine de grappiers qui doit être le plus ténue possible et passée, par conséquent, au moins par la toile n° 35 ou 40.

A propos de l'article 13, nous ferons remarquer que la surface horizontale Z des chambres couvertes où s'opère l'effusement varie avec le temps que nous avons désigné par t et avec le poids de la poudre par unité de volume au tassement des sacs.

En effet, pour une hauteur donnée des tas d'effusement (2 mètres au maximum), le nombre n de sacs par mètre carré de surface horizontale d'un tas varie évidemment avec le poids du produit, puisque les sacs sont d'un poids constant ; si N représente la puissance productive journalière en sacs, on devra avoir :

$$Z = \frac{t(N+1)}{n}$$

et maintenant si nous représentons par  $n_1$  le nombre de sacs fourni dans une journée par un mètre cube de four, par  $n_2$  le nombre de sacs fourni, également en un jour, par un mètre carré de toile finisseuse de mailles déterminées (comprises entre 0<sup>m</sup>,0005 et 0<sup>m</sup>,001), par X le cube total des fours et enfin par Y la surface des toiles finisseuses, les conditions d'établissement rationnel, tant au point de vue technique qu'au point de vue économique d'une usine à chaux, sont tout entières renfermées dans les égalités :

$$\frac{nZ-t}{t} = n_1 X = n_2 Y = N$$

X et Z seront déterminées en faisant varier la grandeur et le nombre des fours et des blutoirs et pour parer convenablement à toute éventualité on devra substituer à N au moins la valeur  $\frac{4}{3} N$ .

Les cinq quantités X, Y, Z, t et N sont donc liées étroitement l'une à l'autre, et si une seule des quatre premières était trop petite, la fabrication serait défectueuse dans l'une de ses phases, il faudrait donc augmenter la quantité qui ne satisfait pas à la condition précédente, ou ce qui ne serait guère dans l'intérêt du fournisseur, diminuer N, c'est-à-dire refuser des commandes.

Dans tout ce qui précède, nous supposons, bien entendu,

qu'on possède des gisements considérables de calcaires hydrauliques et une puissance de couche utilisable en rapport avec N, de telle sorte qu'on ne puisse jamais craindre de manquer de matière première.

La carrière, ainsi que nous l'avons déjà dit, est donc très importante à considérer; du reste, il est très facile de se rendre compte de la relation qui existe entre le cube extrait mesuré à la fouille et le nombre de sacs obtenus.

Si  $d$  représente le poids moyen du mètre cube du calcaire employé,  $P$  la perte au feu correspondante à la cuisson normale,  $f$  le poids par sac des grappiers non réincorporés et du déchet,  $e$  le poids d'eau introduite par sac à l'hydratation (déduction faite de l'évaporation) et enfin  $\pi$  le poids du sac, la quantité  $x$  de sacs fournis par 1 mètre de calcaire mesuré à la fouille sera déterminée par l'équation

$$x\pi = \frac{d(100-P)}{100} + xe - xf$$

qui donne :

$$x = \frac{d(100-P)}{100(\pi+f-e)}$$

Suivant le calcaire et la fabrication :

$d$  peut varier de 2000 à 2800 kilos;  
 $P$  — 25 à 45 pour cent;

$f$  —  $\frac{\pi}{50}$  à  $\frac{\pi}{30}$ ;  
 $e$  —  $\frac{\pi}{16}$  à  $\frac{\pi}{7}$ ;

Le cube  $U$  de calcaire qu'on doit pouvoir extraire dans une journée sera donc déterminé par

$$\frac{d(100-P)}{100(\pi+f-e)} U = \frac{4}{3} N$$

Si  $j$  représente le délai accordé par le fournisseur aux clients pour retourner les sacs vides,  $S$  le nombre total des sacs utilisables, on doit avoir au moins

$$\frac{S}{j} = \frac{4N}{3}$$

Si, enfin,  $n_3$  représente le nombre de sacs obtenus avec 100 kilogr. de combustible et  $T$  le poids de combustible consommé pendant une journée, on doit avoir :

$$\frac{n_3 T}{100} = \frac{4N}{3}$$

de sorte qu'en définitive toutes les conditions sont renfermées dans les égalités ci-dessus, placées dans l'ordre suivant lequel se succèdent les phases de la fabrication.

$$\frac{d(100-P)}{100(\pi+f-e)} U = n_1 X = \frac{n_3 T}{100} = \frac{nZ-t}{t} = n_2 Y = \frac{S}{j} = \frac{4N}{3}$$

On tient ainsi compte de tous les détails de la fabrication et en ce qui concerne le rendement en sacs on peut même déterminer à première vue l'influence de chaque opération.

Les quantités  $P$ ,  $f$ ,  $e$  et  $t$  sont déterminées par expérience ou par analogie, sauf à rectifier, de façon à obtenir la qualité maximum afférente au calcaire, nous pouvons donc, ainsi que  $\pi$ , les considérer comme invariables.

Les valeurs de  $X$ , de  $Z$ , de  $Y$  et de  $S$  ne comportent que des frais de premier établissement et d'entretien qu'il importe de réduire le plus possible en adoptant les meilleurs systèmes.

On a vu la relation qui liait  $Z$  à  $t$ .

$U$  sera d'autant plus petit que  $d$  sera plus plus grand et  $T$  sera aussi d'autant plus petit (pour obtenir la cuisson normale) que le combustible possèdera un pouvoir calorifique plus grand et qu'il sera mieux approprié au calcaire.

Quant à la valeur de  $j$  c'est une affaire de convention.

Après l'analyse des chaux et ciments, M. Durand-Clayé passe aux analyses des silicates, des argiles, des sables, des pouzzolanes qui font l'objet du § 3 du troisième chapitre.

Le § 4, sous le titre d'analyses diverses, comprend l'analyse des mortiers, du plâtre, des asphaltes, des peintures, du bronze et du charbon de terre.

L'analyse des mortiers est particulièrement intéressante;

mais, comme le fait remarque l'auteur de la *Chimie appliquée*, ce que l'on a intérêt à savoir dans la pratique des travaux, c'est si les proportions du mélange sont conformes aux prescriptions du devis.

Pour rétablir le dosage, M. l'ingénieur en chef Durand-Clayé indique une très jolie méthode basée sur les analyses complètes de la chaux employée, du sable employé, du mortier suspect et du mortier normal; mais lorsqu'on emploie un sable complètement insoluble dans les acides et ne renfermant aucun élément volatil, on peut suivre un procédé moins délicat et moins laborieux, c'est-à-dire plus pratique.

Deux cas peuvent se présenter :

1<sup>er</sup> Cas. — La chaux ne renferme pas d'insolubles. Un poids donné de poudre peut toujours être considéré comme formé :

- 1° D'un poids  $p_1$  de produits fixes ou de poudre calcinée;
- 2° —  $p_2$  d'éléments volatils.

Un poids donné de mortier frais peut être considéré comme formé :

- 1° D'un poids  $p'_1$  de produits fixes provenant de la poudre;
- 2° —  $p'_2$  d'éléments volatils provenant de la poudre;
- 3° —  $p'_3$  de sable;
- 4° —  $p'_4$  d'eau introduite au gâchage.

Un poids donné de mortier durci peut être considéré comme formé :

- 1° D'un poids  $p''_1$  de poudre calcinée;
- 2° —  $p''_2$  d'éléments volatils provenant de la poudre;
- 3° —  $p''_3$  de sable;
- 4° —  $p''_4$  d'eau;
- 5° —  $p''_5$  d'acide carbonique qui a concouru au durcissement.

Mais en réunissant les éléments volatils, le même poids de mortier peut être considéré comme formé :

- 1° D'un poids  $p'_1$  de poudre calcinée.
- 2° —  $p'_3$  de sable;
- 3° —  $(p'_2 + p'_4 + p'_5)$  d'éléments volatils.

Appelons  $P$  le poids de poudre qui suivant le devis a dû être mélangé à un mètre cube de sable dont le poids à sec, non tassé, est  $\pi$ ; le mélange avant le gâchage sera donc, en poids, dans le rapport :

$$\frac{\text{Poudre marchande}}{\text{Sable}} = \frac{P}{\pi}$$

Si on calcinait la poudre introduite, le mélange serait alors en poids dans le rapport :

$$\frac{\text{Poudre calcinée}}{\text{Sable}} = \frac{P}{\pi} \frac{(100-f)}{100}$$

en représentant par  $f$  la perte au feu pour cent.

Il s'agit simplement de vérifier si le mortier confectionné

donne le rapport  $\frac{P}{\pi} \frac{(100-f)}{100}$ .

A cet effet, on calcine doucement un poids  $\pi_n$  de mortier, ce qui donne, par une simple pesée le poids  $\epsilon$  d'éléments volatils renfermé dans un poids  $\pi_n$  de mortier. On prend un nouveau poids  $\pi_p$  du même mortier qu'on dissout dans l'acide chlorhydrique étendu, il reste le sable qu'on décante, qu'on sèche et qu'on pèse, soit  $\pi_s$  son poids.

Le poids de poudre calcinée qui se trouve en présence d'un poids  $\pi_s$  de sable est exprimé par (1) :

$$\pi_n - (\pi_s + \epsilon) = \pi_p$$

On doit avoir :

$$\frac{\pi_p}{\pi_s} = \frac{P}{\pi} \frac{(100-f)}{100}$$

ou, par une suite de transformations faciles à rétablir

$$\frac{P}{100 \pi_s} = \frac{P}{\pi} \frac{(100-f)}{100} \quad (*)$$

(1) Il est établi aujourd'hui que l'adhérence de la pâte de chaux au sable provient d'une attraction moléculaire et non d'une action chimique.

S'il y a malfaçon  $P_{\pi} \frac{100-f}{100\pi_p}$  est plus grand que  $\pi$ ,  

$$P_{\pi} \frac{100-f}{100\pi_p} - \pi = m$$

mesure la malfaçon en poids et  $\frac{m}{\pi}$  la malfaçon en volume exprimée en mètre cube, c'est-à-dire la quantité de sable introduite par P kilos de poudre marchande.

2<sup>me</sup> Cas. — *La poudre renferme des insolubles.* En considérant les insolubles renfermés dans une poudre comme jouant le rôle de sable, on arrive également, ainsi que nous le verrons en traitant des dosages rationnels, à la proportion nécessaire à la pratique.

$$\frac{\text{Poudre marchande}}{\text{Sable}} = \frac{P}{\pi}$$

Mais si  $g$  représente le pour cent, en poids, d'insolubles renfermés dans la poudre marchande, on aura, en représentant toujours par  $f$  la perte au feu,

$$\frac{\text{Poudre calcinée et privée d'insolubles}}{\text{Sable}} = \frac{P}{\pi + \frac{Pg}{100}} \frac{100-f}{100}$$

Si on recommence sur le mortier à contrôler les opérations précédentes, on obtiendra une perte au feu  $\epsilon'$  et un poids de sable  $\pi'_s$ , *y compris les insolubles* de sorte que le poids de poudre calcinée et privée d'insolubles qui se trouve en présence d'un poids  $\pi'_s$  de sable est

$$\pi_s - (\pi'_s + \epsilon') = \pi'_p$$

on doit avoir :

$$\frac{\pi'_p}{\pi'_s} = \frac{P}{\pi + \frac{Pg}{100}} \frac{100-f}{100}$$

ou après transformation :

$$\frac{P}{\pi + \frac{Pg}{100}} \frac{100-f}{100} = \frac{P}{\pi} \quad (\varphi)$$

on obtient ( $\alpha$ ) en faisant  $g=0$  dans ( $\varphi$ ) ce qui était à prévoir : il ne reste plus, pour se rendre compte de la malfaçon que de comparer  $\frac{P \pi'_s (100-f)}{\pi'_p (100-Pg)}$  avec  $\pi$ .

*Observation.* — Ce procédé convient surtout aux conducteurs de travaux qui ne peuvent, sur des chantiers un peu étendus, toujours assister à l'opération du dosage; il est donc bon d'avoir un moyen de reconnaître, pendant le cours des travaux, immédiatement après la confection des mortiers ou quelques semaines après si les proportions sont bien celles du devis; le plus souvent, les malfaçons seront évitées par le seul fait de l'existence d'un procédé simple de contrôle.

Nous mentionnons spécialement l'analyse des charbons de terre, car la qualité et la pureté d'une chaux dépendent en partie de la composition du combustible, celle-ci est donc très importante à déterminer et à interpréter.

Pont-de-Pany le 3 octobre 1885.

(A suivre.)

H. BONNAMI.

## Bibliographie

### Traité pratique d'électricité appliquée à l'exploitation des chemins de fer. (Suite.)

#### CHAP. X. — CONTRÔLEURS DES AIGUILLES DE CHANGEMENT DE VOIES MANŒVRÉES A DISTANCE

L'usage de ces appareils est nécessité par la nature même de ces manœuvres; du moment que l'on concentre leur départ en un point, il convient d'un autre côté d'être assuré que chaque manœuvre commandée est réellement exécutée.

Le traité passe en revue deux systèmes qui tendent à assurer cette vérification, l'un en usage à la Compagnie du Nord et à la Compagnie de l'Est, l'autre au Paris-Lyon-Méditerranée; le premier est appelé contrôleur Lartigue; il a pour but d'indiquer à l'aiguilleur par le moyen d'une sonnerie électrique, si la lame de l'aiguille s'applique exactement ou non sur le rail. Le second est l'appareil Chaperon qui indique aussi par une sonnerie, si l'aiguillage est réalisé; la sonnerie tinte à chaque manœuvre et dure seulement le temps de cette manœuvre, si celle-ci s'effectue normalement; de telle sorte qu'il n'y pas grande dépense d'électricité, si l'aiguille fonctionne bien, puisque la sonnerie ne marche que pendant un temps très court; autrement, si elle continue de se faire entendre, alors c'est signe que l'aiguille ne fonctionne pas et qu'il y a lieu de la remettre en état; aussi l'appareil Chaperon est-il considéré comme un véritable appareil de contrôle, donnant au problème une solution simple et complétée, légitimée d'ailleurs par l'expérience.

#### CHAPITRE XI. — APPAREILS DE BLOCK-SYSTEM

Il n'est personne qui n'ait entendu parler de ce mode d'exploitation, d'origine anglaise, qui consiste à diviser la voie par sections et à ne laisser pénétrer un train dans une section que lorsque le train précédent l'a quittée.

Si cette règle est observée dans toute sa rigueur, on a le block-system absolu; cependant on est bien forcé d'y déroger dans le cas, par exemple, d'un train allant au secours d'un autre resté en détresse sur la section occupée; des conditions spéciales règlent alors l'admission du train de secours; ces mêmes conditions doivent se répéter pour tout train autre qui entrerait dans une section non débloquée.

Un autre système dit : Block-system permissif, permet l'entrée d'une section occupée, en prévenant les mécaniciens lors de leur entrée dans cette section qu'elle n'est point libre.

En mélangeant plus ou moins les règles spéciales aux Block absolu et permissif, on obtient toute une série de Block permissifs, dans lesquels, néanmoins, se trouve toujours observé le principe fondamental : maintenir entre les trains un intervalle de distance, au lieu d'un intervalle de temps.

Pour appliquer le block-system, les Compagnies du Nord et de l'Est emploient les électro-sémaphores Lartigue qui solidarisent les signaux électriques et les signaux visuels s'adressant aux mécaniciens et agents des trains.

Chaque section comporte à son extrémité un mat sémaphorique; lorsqu'un train entre dans une section, le sémaphore est mis à l'arrêt, le train est donc couvert; en outre, le sémaphore de l'autre extrémité de la section reçoit l'avis qu'il y a un train d'engagé; l'arrêt marqué par le sémaphore d'entrée ne peut être effacé que par le poste placé à la sortie.

L'ensemble de l'organisation sémaphorique est expliqué minutieusement dans le traité; les appareils sont assez compliqués et la description ne saurait s'en faire en quelques lignes, en raison de tous les mécanismes mis en jeu, mais on peut les étudier avec fruit dans le texte même et à l'aide des figures détaillées qui y sont intercalées; ces sémaphores ont été modifiés par la Compagnie d'Orléans dans le but d'empêcher que le signal d'arrêt fait, après l'entrée d'un train, ne puisse être détruit par aucune autre cause que la manœuvre régulière exécutée au poste vers lequel se dirige le train; d'autres modifications ont été également apportées par les Compagnies du Nord et de l'Est, afin de rendre facultative la dépendance des Electro-sémaphores, tout en se réservant la possibilité de la supprimer dans certains postes où elle entraînerait des inconvénients au point de vue de la circulation.

La Compagnie de l'Ouest emploie, de son côté, pour réaliser l'exploitation par block-system les appareils Regnault, sorte de boîtes portant des aiguilles indicatrices mues par l'électricité et qui, en s'inclinant dans une direction donnée, annoncent la fermeture ou l'ouverture de la voie; les appareils Regnault ont été également modifiés, de manière à être dépendants des signaux de protection.

La Compagnie Paris-Lyon-Méditerranée emploie des signaux optiques, sémaphores et disques avancés, et des signaux électriques, les appareils Tyer complétés par les indicateurs Jous-selin.

L'appareil Tyer indique également, par la situation d'une aiguille, si la voie est libre ou occupée; les signaux optiques sont indépendants des signaux électriques; les premiers sont faits à l'aide des indications fournies par les seconds et au moyen d'un sémaphore à deux bras et de deux disques avancés, un pour chaque direction. Ce système primitif a été également modifié, en établissant la dépendance entre les signaux électriques et les signaux optiques; le nouveau système comprend des postes terminus, des postes intermédiaires de pleine voie et des postes de gare. Les manœuvres à effectuer par ces postes ne peuvent être décrites ici; elles sont parfaitement exposées dans l'ouvrage, ainsi que les dispositions mécaniques et électriques à l'aide desquelles on est amené à les réaliser; c'est donc une étude intéressante qui doit d'ailleurs se faire en présence des appareils eux-mêmes; la lecture attentive du livre en donnera, d'ailleurs, une idée déjà assez nette, suffisante pour ceux qui n'ont à prendre que l'aperçu du sujet.

En résumé, le chapitre que nous venons de parcourir renferme à peu près tout ce qu'il y a de plus compliqué actuellement, comme applications de l'électricité combinée avec des mécanismes tout particuliers; il constitue ainsi une partie des plus utiles pour les agents d'exploitation auxquels il donne la clef de toutes ces combinaisons et à ce titre il mérite lui aussi une place à part dans l'ensemble du traité.

#### CHAPITRE XII. — CLOCHES ÉLECTRIQUES

Les cloches électriques sont des appareils destinés à produire, par des courants, des signaux acoustiques basés sur des sonneries conventionnelles; elles sont employées sur les voies uniques pour annoncer les trains en partance ou à l'arrivée, garantir les collisions de trains marchant en sens contraire, prévenir ceux-ci également dans le cas d'oubli des prescriptions réglementaires ou d'erreur dans leur application.

Elles sont destinées à remplacer le block-system sur les tronçons où il circule plus de six trains réguliers par jour.

Ces cloches, dites : cloches allemandes, sont de deux sortes, le système Siemens adopté au Nord et mû par courants d'induction, le système Léopolder adopté au P.-L.-M. et mû par le courant direct d'une pile. Le deuxième système a sur le premier l'avantage de faire passer, d'un poste intermédiaire quelconque, aux postes des stations, des signaux d'alarme ou des demandes de secours, alors que dans le premier les postes de pleine voie ne peuvent émettre des signaux.

L'Orléans a modifié la cloche Siemens de manière à la faire marcher par un courant de pile d'une part et de l'autre à lui faire donner des coups isolés comme dans le type Leopolder.

L'Est a adopté un système mixte entre les deux, en suivant le vocabulaire des signaux P.-L.-M. formés de coups simples différemment combinés et en obtenant ces signaux au moyen de courants d'induction sans piles.

La cloche Siemens se compose en somme du déclenchement d'un mouvement d'horlogerie obtenu à l'aide de courants intermittents; ce mouvement commande l'action des marteaux sur des timbres et transmet ainsi un signal acoustique.

Les avis envoyés par les gares se réduisent à des séries de coups doubles ou simples indiquant, suivant les nombres de coups, la marche des trains pairs, celle des trains impairs, etc.

Il y a trois types de sonneries usités au Nord et décrits dans le traité; à la suite de ces appareils vient également la description de la cloche Leopolder dont le mécanisme est relativement peu compliqué et se prête bien à l'emploi qui en est fait pour passer, des points intermédiaires, à tous les autres postes, des signaux d'alarme ou des demandes de secours.

Les cloches mixtes de l'Est sont également étudiées et cet exposé est accompagné de l'énumération des 11 signaux conventionnels comportant l'annonce d'un train impair (1). l'annonce

d'un train pair (2), l'annulation de chacune des deux annonces précédentes (3 et 4), la demande d'une machine de secours à envoyer dans le sens de l'un ou l'autre des trains (5 et 6), la demande d'une machine de secours accompagnée de wagons (7 et 8), l'arrêt général (9), l'annonce de wagons en dérive dans le sens pair ou dans le sens impair (10 et 11).

Enfin, comme application de l'électricité à la transmission de signaux acoustiques, le traité comporte la mention des sonneries d'alarme ou sonneries d'atelier, en service dans les ateliers de l'Est, appareils qui peuvent en maintes circonstances être employés comme avertisseurs, en cas d'incendie, d'accident ou pour donner l'heure de départ et d'arrivée.

(A suivre.)

#### Etablissement de passages pour les poissons migrateurs (1)

Tout en s'adressant surtout aux pisciculteurs, la brochure de M. Keller, ingénieur, offre un certain attrait pour les constructeurs dont le rôle, envisagé à un point de vue général, est d'établir un agencement de matériaux choisis, suivant des formes préétudiées et concourant au but à remplir.

Elle comprend cinq chapitres qui traitent des habitudes des poissons migrateurs, de la disposition des passages à leur réserver dans les cours d'eau barrés naturellement ou artificiellement, des conditions de construction et d'alimentation de ces chemins et enfin vise spécialement dans le dernier chapitre le genre des poissons appelés anguilles.

Sans être pisciculteur, voire même pêcheur à la ligne, il suffit d'être un peu observateur et d'avoir habité les bords d'un fleuve pour savoir que diverses espèces de poissons se cantonnent dans certaines latitudes, alors que d'autres remontent le cours d'eau jusqu'à sa source. C'est le fait que l'on constate d'ailleurs aisément dans les rivières descendant des montagnes du centre de la France, comme les affluents de la Seine et certains affluents de la Loire, comme la Loire elle-même prise à sa naissance dans le Velay. Le brochet et la carpe ne s'aventurent pas au-delà de certaines altitudes; le barbeau remonte plus loin, le poisson blanc le dépasse, le goujon dépasse ce dernier, la loche dépasse le goujon, mais la truite s'élève plus haut que tous et n'est dépassée que par le véron seul, ce dernier poisson remonte un ruisseau jusqu'à ce qu'il devienne « ruisseau », passe du ruisseau dans la rigole d'arrosage qui l'alimente et n'y est-il au bout de la rigole et à la naissance du suintement qu'une capacité du volume d'un verre d'eau, on y retrouve encore le véron placé ainsi à l'origine par une loi de prévoyance naturelle et pour la nourriture de la truite dont il forme le principal aliment.

Mais en dehors de ces migrations partielles ou plutôt de ces distributions locales des espèces, il y a encore des séries de poissons dont la vie se compose de voyages, de la mer aux fleuves et réciproquement, tels le saumon, l'alose, la plie, l'anguille, ce sont là les poissons migrateurs par excellence et dont les tendances doivent être l'objet d'une protection spéciale dans l'intérêt de leur reproduction et de l'alimentation du public.

Or, de nos jours, l'industrie s'est emparée des cours d'eau plus encore que par le passé; les barrages artificiels se sont multipliés jusque sur les petits cours d'eau qui ne sont ni flottables, ni navigables, et ces barrages forment dès lors une série d'obstacles au passage libre des poissons migrateurs, dans les latitudes où ils s'élèvent, selon les espèces, car parmi elles il en est qui ne s'enfoncent pas aussi avant que les autres dans l'intérieur des terres; c'est ainsi que la plie ne remonte pas aussi haut que l'alose, que l'alose est dépassée par le saumon, celui-ci par l'anguille; du reste, cela se conçoit en ce sens que la plie cherche de grandes étendues de sable, que l'alose craint les eaux trop froides, que le saumon a besoin d'un cours d'eau relative-

(1) Die Anlage der Fischwege. Von H. Keller. Berlin Verlag von Ernst et Korn, 1885.

ment abondant, alors que l'anguille se jette à la poursuite de l'écrevisse jusque dans les moindres ruisseaux.

La nature des eaux, variable avec les terrains dont elles sortent, a aussi de l'influence tant sur les distributions locales des espèces que sur leurs migrations; mais sans nous étendre davantage sur ces considérations particulières, revenons à la petite brochure de l'ingénieur Keller et sur les points qui intéressent plus directement les constructeurs.

Dans son premier chapitre, l'auteur, prenant le saumon comme le type du poisson migrateur, nous indique qu'à l'époque du frai ce poisson quitte la mer remonte tous les ans les fleuves et rivières pour choisir un emplacement propice au dépôt de ses œufs; il énumère ensuite les conditions nécessaires à la maturité des œufs déposés entre les graviers. Après l'éclosion, le petit saumon (que l'on appelle « Tacon » dans la Haute-Loire) reste un an ou deux dans les eaux fluviales pour redescendre ensuite vers les bords de la mer où il séjourne à peu près une année, pour remonter à nouveau dans les cours d'eau à l'époque du frai.

Pour favoriser ce mouvement de va-et-vient, il faut assurer au poisson une circulation facile et l'auteur attribue le dépeuplement des cours d'eau, d'abord au manque d'installations ayant pour but de protéger le frai, ensuite à l'établissement de digues qui interceptent le chemin.

Aussi convient-il de créer des passages pour les émigrants et encore des passages praticables où l'eau ait une vitesse uniforme et telle que le poisson n'ait pas à faire trop d'efforts pour remonter le courant.

On arrive à ce résultat au moyen d'escaliers, avec des paliers convenablement établis et auxquels on donne le nom d'échelles à poissons, ainsi qu'au moyen de plans inclinés appelés passes ou passages.

La première condition qui préside à l'établissement des escaliers consiste à poser un rapport convenable entre des longueurs en palier et la hauteur des marches; ce rapport varie, suivant l'auteur, entre 1/25 et 1/35; quelle que soit la disposition prise, elle doit toujours avoir pour but d'augmenter le parcours de l'eau afin de diminuer la vitesse du courant.

Un procédé, dit procédé de Mac-Donald, se distingue particulièrement en ce sens qu'il crée des contre-courants dans le passage même pour amoindrir la vitesse du cours principal.

En thèse générale, plus la pente est rapide, plus la construction est compliquée et sujette à détérioration, plus aussi le poisson a d'efforts à faire.

Aussi les parois et le fond des passages doivent être rugueux le plus possible pour augmenter le frottement de l'eau, diminuer la vitesse et, s'il s'agit de constructions en maçonnerie, l'emploi du moellon brut se trouve ainsi naturellement indiqué; si le chenal est en bois, il faut en garnir le fond avec des graviers grossiers, et si d'aval en amont le chemin à parcourir est considérable, il convient alors d'étager en palier des bassins de repos.

Il y a également à considérer les conditions d'entrée à l'aval des passages; dans les digues naturelles le poisson, avant de remonter le cours d'eau, se rassemble dans le bassin formé par affouillements au pied de la digue. Dans les digues artificielles, les affouillements déterminent également un bassin plus ou moins accentué, suivant la nature du terrain. La passe doit prendre son origine vers le plus profond de ce bassin.

L'emplacement de la passe une fois déterminé, il faut encore entretenir dans cette passe un courant assez énergique, car c'est le mouvement de l'eau qui attire le poisson; il faut, en outre, proportionner la largeur et la profondeur du courant à l'espèce considérée; ainsi, pour le saumon, dont la taille dépasse parfois un mètre, il faut une certaine section d'eau pour qu'il puisse exécuter à son aise tous ses mouvements. Pour les escaliers à déclivité de 0<sup>m</sup>,30, il faut une profondeur d'eau de 0<sup>m</sup>,60 à 0<sup>m</sup>,80 et une longueur de marche de 2<sup>m</sup>,50 à 3 mètres; la largeur ne doit pas être inférieure à 0<sup>m</sup>,80.

(A suivre.)

## Drague à grande portée de la Société « Golden State and Miners iron works » de Californie (Etats-Unis)

BREVETÉE S. G. D. G.

Concessionnaire pour la France : M. Weidknecht

47, RUE PARADIS-POISSONNIÈRE

Les grands travaux maritimes qui ont été exécutés depuis quelques années, ceux que nécessite en ce moment le percement du canal de Panama ont eu pour conséquence de produire des engins d'une puissance considérable pour creuser le sol des rivières, élever les berges, jetées, etc.

La Compagnie *Golden state and miners iron works*, ayant son siège à San Francisco, s'est rendue acquéreur des brevets pris en France pour un système de drague dont la construction répond à tous les besoins de ces immenses travaux.

Quinze de ces machines sont en fonction du côté de Colon au Canal de Panama et un grand nombre fonctionnent sur le continent américain.

Cette drague peut être employée à tous les travaux d'excavation, de désablement, etc.; elle sert à élever les matériaux extraits pour faire les digues, jetées, berges, elle possède même un engin spécial pour désagréger les roches et matériaux que les godets ne pourraient trancher.

Le plan que nous en donnons en indique les dispositions générales. (Voir la figure page V ci-contre.)

Cette drague peut opérer des coupes de 75 à 150 pieds (25 à 50 mètres) en largeur et porter les matériaux extraits à droite et gauche à 50 mètres de son point d'action, elle peut opérer à 12 mètres de profondeur au-dessous de la ligne de flottaison et élever les terres à 15 mètres au-dessus.

Toute la manœuvre est automotrice, de sorte qu'elle peut être faite par un très petit nombre d'hommes.

L'ancrage et les virages sont facilités à l'aide d'un pieu que l'on descend au fond de l'eau donnant ainsi un point d'appui solide autour duquel la machine peut opérer.

L'échelle portant les godets est articulée en deux parties afin de permettre à ces godets de produire une coupe à une profondeur déterminée; des cordes actionnées automatiquement par la machine la font pivoter à droite ou à gauche d'une façon continue, afin de permettre aux godets de rencontrer constamment les matériaux qu'ils doivent enlever, elle procède ainsi par coupes latérales qui se répètent successivement en changeant le pivot de place.

Ce qui caractérise cette drague, c'est l'ensemble de ses organes, dont l'étude a été faite avec le plus grand soin, lui permettant de donner, dans des conditions économiques, le maximum de ce que ces machines peuvent produire ordinairement.

Nous ne citons qu'un exemple qui sera convaincant.

L'une de ces machines opère en ce moment à l'embouchure de la rivière « San Jouquin » en Californie, elle fait une tranchée et élève les matériaux en forme de digue à droite et à gauche de la rivière et produit d'une façon continue une levée de terre de 10,000 mètres cubes par journée de 24 heures.

M. Weidknecht, le concessionnaire pour la France, qui dispose d'ateliers et d'engins de construction de premier ordre, est à la disposition de MM. les entrepreneurs pour leur donner les renseignements techniques qu'ils désirent; les plans et études de construction sont terminés et permettront une exécution rapide de toute commande.

Ajoutons qu'il ne peut y avoir aucun aléa, étant donné le nombre de machines de ce système qui fonctionnent à l'étranger.

Le Directeur-Gérant : EDOUARD CAHEN.

Paris. — Imprimerie Schiller, 10 et 11, faubourg Montmartre.

# Les Annales des Travaux Publics

REVUE UNIVERSELLE DE L'OUTILLAGE DES TRAVAUX PUBLICS ET DES PROCÉDÉS DU GÉNIE CIVIL

Paraissant du 1<sup>er</sup> au 10 de chaque mois

L'ABONNEMENT D'UN AN

Paris . . . . . 20 fr.  
Départements . . . . . 24 fr.  
Etranger . . . . . 28 fr.

Publiées par le JOURNAL DES TRAVAUX PUBLICS

35, RUE LE PELETIER, A PARIS

L'ANNONCE D'UN AN

Une page entière . . . . . 1000 fr.  
Une demi-page . . . . . 500 fr.  
Un quart de page . . . . . 300 fr

Les abonnements sont reçus à Paris au bureau du Journal des Travaux Publics, 35, rue Le Peletier, et, dans les départements, chez tous les libraires.

N° 72

Décembre 1885

6<sup>e</sup> Année

Ce numéro est accompagné d'une couverture.

## SOMMAIRE

ETUDES DIVERSES. — Note sur la formule :  $b = 0,03l$ . — Consolidation des terrains éboulés par masses (suite, pl. CXLIII et CXLIV). — Le canal d'Amsterdam à la mer du Nord (4 fig.).  
Outillage des travaux publics : Dragage des ports de Calais et de Boulogne  
CHRONIQUE FRANÇ. ISE. — La navigation du Rhône.  
CHRONIQUE ÉTRANGÈRE. — Les travaux publics à l'exposition des inventions à Londres (suite et fin.). — De l'aménagement des rivières et des cours d'eau, par M. von Wex. — De l'emploi des résidus de pétrole par les Compagnies de chemins de fer pour le graissage du matériel roulant.  
MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION. — Etudes sur les chaux hydrauliques (suite, 1 fig.).  
BIBLIOGRAPHIE. — Traité pratique d'électricité appliquée à l'exploitation des chemins de fer (suite). — Etablissement de passages pour les poissons migrateurs (fin). — Eléments de statique graphique appliqués aux constructions.  
TABLE DES MATIÈRES.

### Note sur la formule : $b = 0,03l$

Dans l'article publié par les *Annales* (2<sup>e</sup> année, n° 18, p. 380) sur les planchers en fer, nous avons dit que les constructeurs se contentaient habituellement de multiplier par 3 la portée en mètres des solives courantes, pour obtenir la hauteur de celles-ci en centimètres; nous ajoutions que cette règle empirique devait être appliquée avec discrétion aux maisons d'habitation.

On peut néanmoins s'en servir avantageusement dans un avant-projet, en ajoutant certaines conditions auxiliaires.

En effet, on a, d'une façon générale, pour une section en I double,

$$\frac{I}{n} = mb^3$$

d'où

$$m = \frac{I}{nb^3}$$

l'on en tire, pour les hauteurs ordinairement employées dans les planchers (les profils choisis étant ceux des forges de la Providence):

b	$\frac{I}{n}$	m
0m,10	0m,0002850	0m,0285
0m,12	0m,0003801	0m,0220
0m,14	0m,0005591	0m,0203
0m,16	0m,0007512	0m,01834
0m,18	0m,0011197	0m,0192
0m,20	0m,0014304	0m,01775
0m,22	0m,0017687	0m,01660

D'un autre côté, supposant la charge uniformément répartie.

$$mb^3 = \frac{pl^2}{8R}$$

à cause de

$$l = \frac{b}{0} = 33,3b,$$

il vient en réduisant

$$mb = \frac{1108,89p}{8R},$$

et

$$p = \frac{mb}{0,00001386},$$

si l'on fait  $R = 10,000,000$  kilogr., comme c'est aujourd'hui l'habitude dans les calculs de planchers.

Cette relation permet de trouver, pour chacun des fers sus-indiqués, les limites de portée et de charge répartie que l'on peut appliquer avec sécurité.

On trouve ainsi en chiffres ronds :

$$l = 3m,33 \quad 4m,00 \quad 4m,66 \quad 5m,33 \quad 6m,00 \quad 6m,66 \quad 7m,33,$$

$$p = 206^k \quad 190^k \quad 205^k \quad 212^k \quad 249^k \quad 256^k \quad 263^k.$$

Si l'on faisait travailler le métal à un coefficient moindre, 8 kilogr. par millimètre carré, par exemple, il n'y aurait qu'à multiplier les valeurs ci-dessus par 0,8.

Dans cette hypothèse, le fer de 12 centimètres ne pourrait supporter que

$$p = 190 \times 0,8 = 152^k$$

par mètre courant de longueur.

Comme vérification,

$$l = 4m,00 \quad b = 0m,12$$

$$\frac{pl^2}{8} = \frac{152 \times 16}{8} = 304^k m,$$

$$\frac{I}{n} = 0,00003801;$$

par conséquent,

$$R = \frac{30400}{3801} = 8^k,00$$

par millimètre carré de section.

Si l'on prend l'écartement des solives égal à 0m,60 d'axe en axe, on obtient pour poids par mètre superficiel de planchers

$$\frac{152}{0,60} = 255^k,$$

chiffre qui concorde parfaitement avec ceux donnés dans le tableau de la p. 383 du numéro déjà cité des *Annales*.

On peut encore chercher à comparer les poids  $p$  indiqués ci-dessus comme limites, avec les charges réparties contenues dans le tableau I, p. 685, n° 32 des *Annales* (août 1882).

Prenons pour exemple le fer à I de 20 centimètres; il peut porter, d'après ce qui précède, 256 kilogr. par mètre courant de longueur, en travaillant à 10 kilogr. par unité de surface, avec une portée de 6m,66.

Si sa portée n'était que de 1 mètre entre les appuis, il porterait évidemment

$$256 \times 0,66 = 1705^k,$$

environ par mètre courant de longueur; soit en totalité.

$$1705 \times 6,66 = 11355^k$$

La portée devenant 2 mètres, 3 mètres, 4 mètres, 5 mètres, etc., il portera la 1/2, le 1/3, le 1/4, le 1/5, etc., de ce chiffre, c'est-à-dire

$$5678^k \quad 3785^k \quad 2839^k \quad 2271^k,$$

tandis que le tableau I donne

$$5680^k \quad 3786^k \quad 2840^k \quad 2272^k.$$

14 septembre 1885.

L. CORNU, ingénieur civil.

## Consolidation des terrains ébouleux par masses

(Suite.)

### Planches CXLIII et CXLIV

#### REMBLAI DE LA VALETTE

Les causes d'éboulement furent les mêmes que dans le cas précédent; le terrain partit en grand sous le poids du remblai déposé.

Nous avons dit que, dès le commencement de l'année 1871, des crevasses s'étaient manifestées, et que l'ouvrage n° 94 s'était fissuré; le terrain avait bien été assaini superficiellement dès l'origine des travaux, mais cette médication, qui eût suffi dans les cas ordinaires, ne pouvait, là encore, amener aucun résultat.

En août 1872, on songea à réparer l'aqueduc n° 94 et les travaux furent entrepris dans les premiers jours de septembre; ils durèrent jour et nuit, sans interruption, jusqu'au 2 octobre; une fouille de 6 mètres sur 4 mètres, avec retour sur le côté de l'ouvrage, fut pratiquée (voir fig. 33, pl. CXLIII, le projet général de consolidation) en avant du garde-radier aval; on la descendit à 8<sup>m</sup>,20 de profondeur. Au 24 octobre, on battit des pieux au fond de la fouille et, sur ces pieux recépés, on maçonna jusqu'à hauteur de l'ouvrage disloqué; puis on abandonna la suite de cette épreuve, car, malgré ce butoir, l'aqueduc continuait son mouvement, le butoir lui-même s'en allait et les pieux battus au fond de la fouille devaient se déverser sous l'effort général de translation. On décida par suite une consolidation en grand; on fonça les sondages 1 et 2 (fig. 34 et 35) dans le mois de janvier 1873 et le chantier donna également à l'entreprise générale fut attaqué le 7 mars 1873.

A cette époque, la partie aval de l'aqueduc n° 94 était presque entièrement démolie; les figures 36 et 37 montrent d'ailleurs l'état de dislocation de cet ouvrage, en juillet 1872; il est à remarquer néanmoins que la tête amont ne bougea jamais; le mouvement général prenait donc son origine supérieure entre cette tête et l'axe du chemin de fer, dans l'épave de thalweg formé là par le repli du terrain.

Un piquetage, établi avec soin et contrôlé à plusieurs reprises, indiqua que le mouvement au sommet de l'éboulement se faisait dans un sens très peu oblique à la normale au chemin de fer et dans la direction du Puy, suivant la ligne de fond du thalweg; l'aqueduc détruit accusait d'ailleurs cette direction. Le projet établit ses pierrées normalement à l'axe, ce qui n'offrait pas d'inconvénient, car dans le bas de l'éboulement, par suite de résistances latérales, le mouvement revenait un peu en sens contraire, de telle sorte que la direction moyenne était bien sensiblement perpendiculaire à l'axe du tracé.

La figure 33 (pl. CXLIII) montre le système adopté, consistant en dix drains éloignés de 25 mètres, sauf le drain n° 1, séparé du drain n° 2 seulement par 20 mètres de distance, renforcés par des ogives disposées suivant les circonstances locales du mouvement. On remarquera que la partie la plus fatiguée du terrain, correspondant à l'emplacement de l'aqueduc n° 94, reçut une double ogive, de façon à assainir et isoler complètement sur ce point le corps du chemin de fer. Tous les drains, dégorgeant le plus has possible, commençaient au-delà des fissures apparentes et sensiblement à la limite du sol reconnu inamovible, d'après les résultats du piquetage. Ces drains se prolongeaient en galerie, suivant l'importance des eaux rencontrées à tous les bas-fonds de l'aval et ils se terminaient à l'amont du remblai, non plus par des V, mais par de simples retours d'équerre.

On prit pour la construction de ces pierrées les mêmes précautions que pour celle de l'atelier précédent; on suivit pour l'établissement du radier le terrain qui ne présentait aucune trace de mouvement et on établit le béton, en général, sur de

l'argile compacte au-dessus de laquelle des sables, des terrains détritiques et des veines argileuses avaient, sous l'influence des eaux et du poids du remblai, produit l'entraînement auquel il s'agissait de remédier.

Les figures 38 (pl. CXLIII), 39, 40 et 41 (pl. CXLIV) donnent les coupes géologiques des drains 6 et 7, les deux principaux de l'ensemble et de la double ogive entre ces drains.

C'était là en quelque sorte le nœud de toute la question et ce fut là aussi que la construction demanda le plus de soins, par suite de la présence de couches de sables fins, argileux, humides, formant un terrain délayable d'une extraction nécessairement plus pénible et contre l'invasion duquel il fallait garantir complètement les maçonneries exécutées et ce au fur et à mesure de leur exécution.

Des puits furent également ménagés sur certains points des pierrées.

La longueur des drains normaux dans le chantier considéré est sensiblement de 510 mètres; celle des ogives développées atteint 407 mètres et celle des retours d'équerre en amont, y compris l'amorce du drain n° 10 à l'aval, atteint 63 mètres; total 970 mètres courants de drain; quant aux galeries, elle mesuraient dans leur ensemble 156 mètres.

La profondeur maximum, pour l'ensemble des drains, ogives et retours d'équerre, ne dépasse pas 15<sup>m</sup>,60; c'est le retour d'équerre du drain n° 9 qui présente cette cote; le drain n° 9 lui-même atteint 10 mètres.

Pour les drains 1, 2, 3, 4, 5, on trouve comme maximum 6.50, 5.50, 2.00, 6.80 et 8.40; pour les drains les plus importants, n° 6 et 7, on trouve 9 mètres et 9<sup>m</sup>,60; les drains 8 et 10 ne présentent plus que 8<sup>m</sup>,40 et 7 mètres.

Les ogives les plus profondes sont entre 6 et 7, 7 et 8, 8 et 9, et offrent la cote commune de 9 mètres; les ogives entre 1 et 2, 2 et 4, 3 et 4, 4 et 5, 5 et 6, présentent le maximum 6<sup>m</sup>,50, 6<sup>m</sup>,60, 8 mètres, 8<sup>m</sup>,40, 8 mètres et entre 9 et 10 on redescend à 7<sup>m</sup>,60.

La profondeur « moyenne » de la plupart des fouilles varie entre 3, 5, 6, 7 et 8 mètres, sans dépasser ce dernier chiffre pour aucune et la moyenne de toutes ces « moyennes » est de 5<sup>m</sup>,70.

Appliqué à la largeur de 2 mètres et au développement total de 970 mètres, cet élément donne pour cube 11,060 mètres cubes en nombre rond.

Le chiffre de la situation définitive est environ 11,300 mètres; on voit le peu d'écart qu'il y a encore là entre les deux résultats.

Le projet, de son côté, avait prévu 12,375 mètres de déblai et 13,697 de maçonnerie à pierre sèche; le mètre a donné dans les 11,300 de déblai et 12,400 de maçonnerie; ici la réalité a bonifié la situation, parce que l'on a pu remonter le fond des drains plus haut que le projet ne l'avait supposé.

Le travail d'exécution a duré du 7 mars 1873 aux premiers jours de mars 1874, soit un an; le travail des fouilles et maçonneries fut terminé au commencement de février et le restant du temps fut consacré aux règlements.

Le nombre d'ouvriers employés qui dans le principe s'élevait à une centaine en comprenant les carrières et ateliers était encore de cinquante au commencement de février.

Le montant de la dépense prévue était de 177,000 fr.; le montant du décompte fut de 166,000 fr.; cette moins-value découle, comme les cubes ci-dessus énumérés, des allures du terrain solide qui, en remontant de plus en plus aux abords de l'axe du chemin de fer, permit de tenir également le fond des drains plus rapproché de la surface et amena, de la sorte, accidentellement, une certaine économie.

Ce chantier et le précédent constituaient le lot particulier de l'entreprise générale et, comme dépense, ils représentent près des 2/3 du montant de tous les travaux spéciaux de consolidation établis entre les Estreys et Marcilhac.

Nous allons maintenant passer en revue des ateliers de moindre importance où la méthode trouva néanmoins quelque variété dans ses applications.

(A suivre.)

Le Canal d'Amsterdam à la mer du Nord

(SUITE ET FIN)

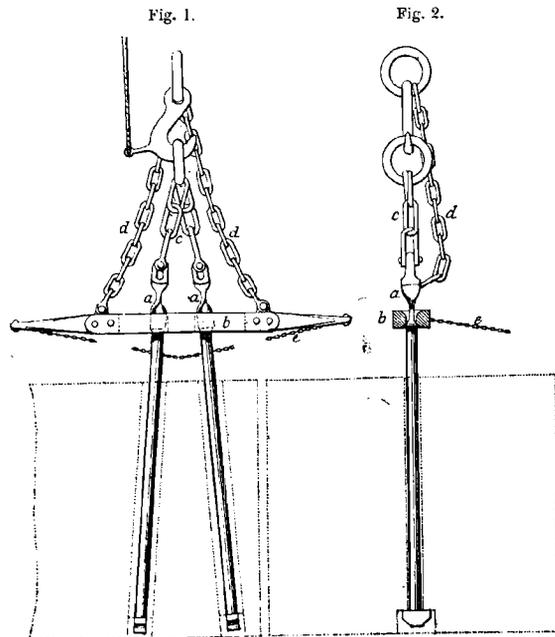
Nous terminons aujourd'hui l'étude que nous avons commencée sur les travaux du Canal d'Amsterdam à la mer du Nord, en donnant une rapide description des écluses de la mer du Nord, des procédés employés par la mise en valeur des terrains gagnés sur la mer, de la construction du port sur la mer du Nord, et, enfin, des méthodes suivies pour assainir la ville d'Amsterdam. Nous résumons également les dépenses occasionnées pour l'exécution de ces travaux remarquables.

*Ecluses de la mer du Nord.* — Du côté de la mer du Nord, le canal est fermé par deux écluses tout à fait semblables à celles du Zuiderzée et construites avec des matériaux de même nature. (Voir la description de ces dernières, ainsi que les dessins qui les représentent, dans le n° 66, juin 1885.) Ces écluses ont respectivement des longueurs de 119 mètres et de 68 mètres et des largeurs de 18 et 12 mètres. Chacune d'elles est munie de 5 portes à deux vantaux semblables à celles des écluses du Zuiderzée.

La passe navigable a 10 mètres de largeur, elle est munie de 3 portes. Ces ouvrages sont fondés sur du sable, ce qui a rendu inutile l'emploi de pieux.

Les fondations des seuils et des bajoyers ont été faites dans des caissons. On a rencontré une grande quantité d'eau; il a fallu aveugler une source de gros débit qui jaillissait à l'extrémité occidentale des écluses. Les fondations des murs des seuils et des radiers ont été exécutés au moyen de blocs de béton placés côte à côte et reliés avec du béton frais.

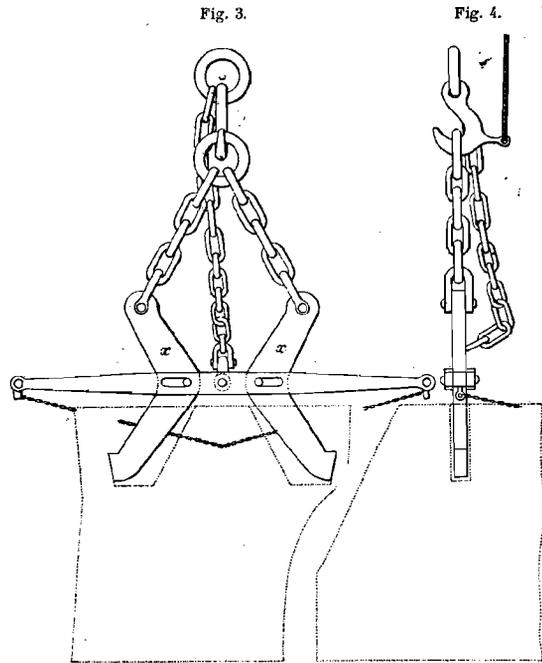
M. Darnton-Hutton a imaginé, pour poser ces blocs qui ont des dimensions considérables, un appareil ingénieux composé de deux barres de fer à section circulaire, munies à leur extrémité inférieure d'un renflement en forme de T et contournées en forme d'hélice à leur extrémité supérieure. (Voir fig. 1 et 2). Ces barres de fer sont introduites dans des trous à



section elliptique pratiqués à travers les blocs. En plaçant convenablement les barres, on voit que le bloc porte sur les ailes du T, de sorte qu'on peut facilement le soulever et le

transporter à l'emplacement voulu. Pour dégager l'appareil, il suffit d'exercer une traction sur la chaîne *d* attachée aux extrémités de la barre de fer horizontale *b*, afin de soulever cette dernière. Ce mouvement a pour effet de faire faire un quart de révolution aux barres *a* et par suite d'amener l'appendice en forme de T dans la direction du grand axe de la section elliptique des trous percés à travers le bloc. On peut alors facilement enlever les barres *a*.

La petite chaîne *e* à laquelle on attache une corde sert à amener le bloc au-dessus de l'endroit où il doit être déposé.



Les fig. 3 et 4 représentent un appareil fondé sur le même principe que le précédent et qui n'en diffère qu'en ce que les deux barres verticales *a a* sont remplacées par deux pincettes *x x* qui, lorsque le bloc est soulevé par la chaîne exercent une pression considérable contre les parois des cavités ménagées dans le bloc.

*Mise en valeur des terrains gagnés sur la mer.* — L'un des résultats les plus intéressants des travaux entrepris entre Amsterdam et la mer est la mise en valeur des terrains gagnés sur les lacs Y et Wijker Meer. Ces terrains ont une surface de 5,000 hectares. Avant l'établissement du canal, le lac Y recevait les eaux de drainage du grand district de Rhineland qui comprend les terres gagnées sur le lac d'Harlem il y a quelques années.

Ces eaux sont aujourd'hui élevées par des pompes et refouées par une canalisation secondaire dans le canal dont le plan d'eau a été maintenu à 0<sup>m</sup>,50 au-dessus du niveau moyen des eaux.

Une partie considérable de l'eau du canal peut s'écouler à marée basse à travers les passes des écluses du Zuiderzée et de la mer du Nord; mais c'est surtout au moyen de la station des pompes du Zuiderzée que le niveau fixé ci-dessus peut être maintenu.

La force des pompes employées à drainer les terrains conquis a été calculée à raison de 12 chevaux pour 1,000 hectares par mètre d'élévation verticale et par mètre d'épuisement au-dessous de la surface de ces terrains.

Les terrains ont été partagés en 12 polders séparés par des canaux de drainage qui sont en général navigables et où se

déversent tout un système de rigoles secondaires, petits canaux ou fossés, dont la surface ne doit pas dépasser le  $\frac{1}{50^e}$  de la superficie du polder.

Les polders sont tous reliés entre eux par des siphons passant sous les canaux navigables, de sorte que leurs eaux sont épuisées par les pompes. Ces pompes sont centrifuges, elles peuvent enlever de 680<sup>m</sup> à 2<sup>m</sup>,50 par minute, aux écluses du Zuiderzée et de 23<sup>m</sup>,50 à 2<sup>m</sup>,50 par minute au Polder n° 8.

L'installation générale de ces pompes varie suivant les cas. Celles qui servent à l'épuisement des polders sont établies dans des puits en briques.

*Port sur la mer du Nord.* — Le port qui sert d'entrée au nouveau canal d'Amsterdam se trouve sur une partie presque rectiligne de la côte de la mer du Nord, dont la plage sous-marine en pente très douce (1/140 à 1/250), se raccorde à une grande distance du rivage (10 à 12 kilomètres), à un vaste plateau presque horizontal dans les fonds d'environ 25 mètres. La côte est battue par tous les vents, du sud-ouest au nord-est en passant par l'ouest; mais les vents du sud-ouest sont moins fréquents et surtout moins durables que ceux du nord-ouest. L'axe du port est orienté vers l'ouest avec une légère inclinaison, sa superficie est de 120 hectares; il est limité au nord et au sud par deux jetées, protégées elles-mêmes contre l'attaque de la mer par des brises-lames. On essaya d'abord d'établir ces jetées sur des pilotis réunis par un grillage en charpente, mais la mer enleva le sable autour des pieux et mit leur tête à nu.

On se décida alors à creuser le sol et à déposer au fond de la fouille des blocs de béton. On employa pour cela une grue roulante qui avançait au fur et à mesure. On espérait obtenir ainsi une assise solide; mais l'événement ne répondit pas à ces espérances et on dut exécuter un massif de fondation en pierres perdues provenant des basaltes de Drachenfels et des calcaires de Belgique. C'est sur ce lit de pierres que l'on établit définitivement les fondations. Les enrochements ont 1 mètre d'épaisseur et une largeur triple de celle de la digue à la base, de sorte que les matériaux glissent dans les affouillements qui se produisent jusqu'à ce qu'ils aient trouvé leur talus naturel, en laissant une partie centrale sur laquelle se trouve la digue. La tranchée, qui en certains endroits n'avait pas moins de 4 mètres à 4<sup>m</sup>,50 de profondeur, se remplissait graduellement au fur et à mesure de l'avancement des travaux de fouille. Les pierres employées à ces enrochements avaient au maximum 90 décimètres cubes. Lorsque le massif de fondation fut terminé, on remplit les interstices avec des morceaux de briques, du mâchefer et des pierrailles. Toutes les fois que cela a été possible, on a abandonné cette fondation à elle-même pendant 1 an, afin de lui donner le temps de se tasser. Au bout de cette période, les divers éléments de ce massif s'étaient tellement bien soudés que l'ensemble offrait la résistance d'un bloc de béton. Les blocs de béton, qui ont servi à construire la majeure partie de chaque digue, pesaient de 6 à 12 tonnes; ce béton était formé de 1 partie de ciment Portland, de 3 parties de gros sable de rivière et de 5 parties de mâchefer. Le sable provenait du Rhin, à Vreeswijk, et le gravier était obtenu par le dragage du même fleuve à Nimègues. Les blocs ont été mis en place par de puissantes grues à vapeur montées sur les dragues. On les posait à sec, lorsqu'ils étaient au-dessous du niveau de l'eau; mais, quand la construction se trouvait au-dessus de l'eau, on réunissait les blocs par du mortier de ciment et par des crampons en fer. La partie supérieure des digues a été construite en béton coulé sur place. La tête des môles affecte en plan la forme d'un carré arrondi aux angles. Les machines à malaxer le béton étaient semblables à celles employées lors de la construction de la jetée de l'Amirauté, à Douvres.

Les brises-lames destinés à protéger les jetées, et particulièrement celle du Nord qui est plus exposée aux attaques de la mer, consistent en un amas de blocs de béton jetés pêle-mêle; les plus légers pèsent environ 10 tonnes, les plus lourds 20

tonnes. Ils ne prennent leur assiette définitive que lorsque la pente du talus est de 1 1/2 de base pour 1 de hauteur.

Les môles placés dans l'intérieur du port, immédiatement à la suite du canal, sont construits sur des lits de fascines, recouverts de briques cassées et pierrailles, suivant la méthode hollandaise.

Près de la côte, ces môles sont construits avec des briques cassées, les talus sont perreyés.

A leurs extrémités, les môles s'enracinent dans les dunes, au moyen d'un perré dont le corps est formé d'argile et a 1 mètre d'épaisseur.

La longueur totale des deux môles est de 670 mètres; ils ont coûté 575,000 fr., soit 850 fr. le mètre courant.

Les jetées du port ont coûté 5,240 fr. le mètre courant. Les brises-lames, 1,803 fr. : soit ensemble, 7,043 fr. le mètre courant. Ces prix ne sont pas exagérés. L'avance la plus considérable a été de 30 mètres courants, par an, à chaque jetée.

Le chenal du port a été dragué jusqu'à 225 mètres au large, sa profondeur varie entre 7<sup>m</sup>,50 (profondeur à l'entrée du canal) et 8<sup>m</sup>,50 (profondeur à la sortie du port). Pour obtenir ce tirant d'eau, on a dû enlever environ 4 millions de mètres cubes de sable qui ont été jetés à la mer à une distance moyenne de 3 kilomètres de la côte. La passe d'entrée a 260 mètres; elle est entretenue naturellement par l'action des courants alternatifs entre les musoirs; en effet, les jetées s'avancent en mer à 1,500 mètres du rivage, par les fonds primitifs de 8 mètres au-dessous de basse mer, forment un cap d'une saillie suffisante pour renforcer l'action du courant littoral en avant de l'entrée du port. On peut de plus faire des chasses au moyen des eaux, qu'on doit, à certains moments, extraire du canal, afin de le maintenir à un niveau à peu près constant. Enfin, les profondeurs intérieures du port sont constamment conservées par les dragages nécessaires pour se débarrasser des dépôts qui s'y produisent.

*Assainissement d'Amsterdam.* — La construction du canal d'Amsterdam à la mer du Nord a eu pour effet de supprimer le mouvement des marées dans le port d'Amsterdam, il en résulte que ce port n'étant plus nettoyé naturellement par le flux et le reflux, les eaux d'égout qui s'y déversent le transforment en une immense sentine; les épaves, les détritiques, les immondices et les dépôts de toute nature se rendent dans les canaux qui sillonnent la ville et qu'il est impossible de nettoyer.

Sans doute les facilités données au commerce ont pour les Hollandais une importance prépondérante: le désir de conserver un trafic que leur enlevaient Rotterdam, Flessingues et Anvers les a déterminés à construire ce canal sans se préoccuper des conséquences d'un pareil travail.

C'est ce qui explique comment on n'a pas hésité à changer le régime d'un port où les différences de niveau des marées atteignent 2<sup>m</sup>,20 par certains vents et à supprimer ainsi le moyen de nettoyer le port. Il est cependant intéressant de savoir par quels moyens la ville d'Amsterdam pourra se débarrasser des immondices qui encombreront son port et ses canaux. On avait proposé d'abaisser au moyen des pompes le niveau général des canaux d'Amsterdam de manière à permettre à l'eau du lac Y de s'y introduire et de produire ainsi une chasse qui enlèverait les immondices et les conduirait à la mer par la passe de Paardenhaek.

Le meilleur remède consisterait à établir dans la ville un système rationnel d'égouts; mais on se heurte à des difficultés considérables. M. l'ingénieur Forgerly pense qu'il serait nécessaire de poser des tuyaux en fonte de grandes dimensions dans le lit des canaux afin d'éviter les siphons, et de combler certains canaux complètement infestés. Il faudrait alors établir un réseau d'égouts inférieurs pour capter les eaux et les refouler au moyen de pompes jusqu'à la mer.

En prévision de l'augmentation considérable du trafic d'Ams-

terdam par suite de l'ouverture du canal de la mer du Nord, on a élargi les quais et créé de vastes emplacements pour la construction d'établissements nouveaux en comblant avec les produit du dragage du port et du canal une partie des marécages qui entourent la ville.

**Dépenses d'exécution.** — Il n'est pas facile de déterminer exactement le montant de la dépense occasionnée par les travaux qui ont été décrits, à cause des combinaisons financières qui sont intervenues pendant l'exécution et qui ont beaucoup élevé les frais d'établissement du canal.

Voici cependant les prix de revient de certains ouvrages :

	Florins.
Digues.....	9.641.965
Brise-lames.....	3.341.170
Dragage du port.....	1.401.203
Fouilles et dragage du canal.....	9.049.648
Machines d'épuisement des écluses de la mer du Nord.....	4.208.975
Machines d'épuisement du Zuiderzée et du pont de Velsen.....	1.204.732
Digues à travers le lac Y.....	259.200
Talus.....	259.200
Chenal aux écluses du Zuiderzée.....	65.237
Emprises.....	484.600
Towing paths (?). .....	306.400
Poteaux d'amarre.....	84.240
Phares.....	26.600
<b>Total.....</b>	<b>30.340.170</b>

soit 63,714,347 francs (1).

Outre ces dépenses, la Compagnie a dû supporter d'autres frais qui ont amené la dépense totale à 75 millions de francs, sans déduction de la valeur des terrains conquis sur la mer et qui se vendent à raison de 1,750 francs l'acre, soit 4,300 francs l'hectare.

Le canal est traversé par trois ponts tournants établis près de Velsen. Les deux premiers qui sont à peu de distance l'un de l'autre donnent passage au chemin de fer de Hollande et à une route ; le troisième est situé près de Zaandam et appartient au chemin de fer d'Amsterdam. Tous ces ponts sont construits sur le type usité en Hollande.

OUTILLAGE DES TRAVAUX PUBLICS

**Dépenses occasionnées par les dragages des ports de Calais et de Boulogne.** — Le dragage de l'entrée du vieux port de Boulogne a été concédé à un entrepreneur qui fournit son outillage et qui exécute ce travail à ses risques et périls aux conditions de prix suivantes :

Le dragage du sable se fait à l'aide d'une drague à vapeur à trémie pourvue d'une pompe à sable qui aspire ce dernier mélangé d'eau. Les opérations ont lieu en pleine mer, en face des jetées.

Les matériaux extraits sont jetés à environ 2 milles en mer. Le prix payé à l'entrepreneur est de 1 fr. par mètre cube. Le traité étant expiré, l'entrepreneur a consenti à le renouveler en abaissant le prix à 0 fr. 90 le mètre cube à la condition qu'on lui garantirait une extraction annuelle de 160,000 mètres cubes.

Dans le cas où on voudrait lui concéder une extraction de 800,000 à 900,000 mètres cubes dans une période de 5 à 6 années, et où on lui confierait également les travaux de dragage du port de Calais, il abaisserait le prix du mètre cube extrait à 0 fr. 75. Les travaux de dragage se font actuellement à Calais à raison de 0 fr. 92 le mètre cube.

Il résulte du calcul minutieux auquel on s'est livré que, pour des entrepreneurs opérant avec leur propre outillage, le prix de revient des dragages comprenant les dépenses de combustible, les approvisionnements, les salaires et les réparations ordinaires, mais non compris les intérêts et l'amortissement du capital engagé, s'élevait en moyenne à 0 fr. 35 par mètre cube pour le port de Calais et à 0 fr. 46 par mètre cube pour le port de Boulogne.

(1) Le florin hollandais vaut 2 fr. 10.

En payant le dragage à raison de 0 fr. 75 le mètre cube, et en autorisant l'entrepreneur à opérer simultanément à Calais et à Boulogne pendant un nombre d'années suffisant, il est possible d'amortir le matériel employé à ces travaux, d'autant plus facilement que, par la nature même des vents qui règnent sur la côte, on ne peut draguer à la fois à Calais et à Boulogne et que par suite le même matériel pourra être transporté successivement dans l'un ou l'autre de ces deux ports. On trouvera plus loin les renseignements qui permettent de se rendre un compte exact de la façon dont on peut calculer le prix de revient de 0 fr. 46 par mètre cube de dragage effectué en face des jetées de Boulogne.

Le travail de dragage a été effectué, soit en employant simultanément 3 chalands à vapeur à trémie et à hélice pourvus de pompes à sable, soit en se servant de ces 3 chalands successivement.

Les principales dimensions de ces bateaux sont données dans les tableaux reproduits ci-après :

	NOMS DES CHALANDS		
	Maasmond IX.	Adam VII.	Boulogne I.
Longueur.....	34 m. »	42 m. »	42 m. »
Largeur.....	7 75	8 25	8 25
Profondeur.....	3 05	3 33	3 38
Contenance des trémies.....	161 m. c.	245 m. c.	245 m. c.
Puissance des machines en chevaux-vapeur (machines à haute pression).....	120 chev.	216 chev.	216 chev.
Appointements mensuels de l'équipage :			
1 capitaine chef dragueur.....	260 fr.	260 fr.	260 fr.
1 mécanicien.....	230 »	260 »	260 »
2 chauffeurs.....	380 »	350 »	380 »
Matelots.....	570 »	760 »	760 »
Durée du travail de dragage à Boulogne.....	22 avril 1883 au 25 juin 1884.	25 juin 1884 au 3 septemb. 1884.	12 juin 1882 au 20 janv. 1885.

Dépenses effectives de l'entrepreneur pendant les périodes sus-indiquées.

Salaires des équipages.....	21.904 fr. 20	3.590 fr. 48	49.542 fr. 12
Combustible au prix moyen de 23 fr. la tonne.....	22.443 »	3.565 »	49.450 »
Dépenses diverses (eau, huile, etc.).....	6.064 90	1.244 »	16.144 35
Entretien et réparations.....	21.177 75	6.434 50	61.311 70
<b>Total.....</b>	<b>71.589 fr. 85</b>	<b>14.833 fr. 98</b>	<b>176.457 fr. 17</b>

Quantité de déblais extraits et jetés en pleine mer à la distance moyenne de 2 milles pendant les périodes ci-dessus indiquées..	157.869 m. c.	32.146 m. c.	379.858 m. c.
--	---------------	--------------	---------------

Périodes de travail des dragues :			
1° Pour l'extraction.....	1.817 heures.	402 heures.	3.992 heures
2° Pour le transport au lieu de versement et le retour.	1.157 »	205 »	2.343 »

Prix de revient du mètre cube dragué, se décomposant comme suit :			
1° Salaires de l'équipage....	0 fr. 138	0 fr. 112	0 fr. 130
2° Combustible.....	0 142	0 112	0 130
3° Approvisionnements.....	0 038	0 030	0 042
4° Entretien et réparations..	0 114	0 201	0 161
<b>Total.....</b>	<b>0 fr. 452</b>	<b>0 fr. 464</b>	<b>0 fr. 463</b>
Soit en moyenne 0 fr. 459 par mètre cube.			

Décomposition de la dépense proportionnellement au temps employé au dragage :			
1° Dragage.....	0 fr. 276	0 fr. 307	0 fr. 291
2° Transport.....	0 176	0 157	0 172

Prix d'une drague sur le chantier de construction à Rotterdam.....	120.000 fr.	138.000 fr.	138.000 fr.
--	-------------	-------------	-------------

Il convient de compléter ces renseignements par l'indication du nombre de jours pendant lesquels la hauteur du flot était

supérieure à 0<sup>m</sup>,70, ou comprise entre 0<sup>m</sup>,70 et 0<sup>m</sup>,60; entre 0<sup>m</sup>,60 et 0<sup>m</sup>,50 et enfin inférieure à 0<sup>m</sup>,50.

ANNÉES	NOMBRE DE MARÉES PENDANT LESQUELLES LA HAUTEUR DU FLOT ÉTAIT			
	1 <sup>o</sup> supérieure à 0.70.	2 <sup>o</sup> comprise entre 0.70 et 0.60.	3 <sup>o</sup> comprise entre 0.60 et 0.50.	4 <sup>o</sup> au-dessous de 0.50.
1882 .....	392	20	35	260
1883 .....	324	41	54	286
1884 et du 1 <sup>er</sup> au 20 janvier 1885.	258	15	19	451

Enfin le tableau suivant indique le nombre des marées pendant lesquelles la drague « Boulogne I » n'a pas travaillé et les motifs du chômage.

ANNÉES	MOTIFS DU CHÔMAGE			TOTAL des jours de chômage.
	Grosse mer.	Réparations.	Jours fériés	
1883 .....	284	24	7	305
1884 et les 20 premiers jours de 1885 .....	256	68	21	345

En outre des dragues munies de pompes à sable, dont il est question dans ce qui précède, il a été employé à Boulogne, pour l'approfondissement du port intérieur et dans toutes les parties où le fond n'était pas sablonneux, deux puissantes dragues à godets, déchargeant leurs matériaux dans des chalands à trémies que l'on remorquait à 2 milles en mer pour déverser leur contenu.

Le matériel en question appartenait à l'entrepreneur et on lui payait 1<sup>m</sup>,55 par mètre cube extrait lorsque le déblai se composait de sable et de limon mélangés de pierres provenant d'apports fluviaux. Mais lorsqu'il s'agissait d'attaquer les terrains compactes situés au-dessous de ces terrains d'alluvion, on lui accordait un supplément de 4 fr. 45 par mètre cube.

Enfin, pour l'extraction de lits de roche de plus de 0<sup>m</sup>,25 d'épaisseur, on majorait les prix de 12 fr. par mètre cube.

Dans l'argile schisteuse on a rencontré des couches de calcaire dur, qui étaient heureusement fendillées, et dont l'épaisseur variait de 60 à 80 centimètres. On a opéré l'extraction de ce calcaire à l'aide des dragues en faisant agir leurs godets sous la couche rocheuse.

On a été amené dans certains cas à se servir de dynamite placée à la surface du banc.

Afin de pouvoir déterminer le cube des roches à extraire, et par suite le coût de cette extraction, on a fait des sondages très serrés avant de commencer les opérations. On a opéré de la même façon pour évaluer le cube des déblais argileux, et par suite la plus-value de 4 fr. 45 par mètre afférente à cette nature de matériaux.

Ces fouilles extraordinaires sont payées à un prix élevé qui n'est cependant pas exagéré si l'on réfléchit que l'extraction des blocs rocheux et de la terre glaise use beaucoup le matériel et entraîne par suite des réparations importantes.

Il est certain que si l'on avait eu à sa disposition un matériel plus puissant, les prix de revient de l'extraction se seraient abaissés, ainsi que le cas se présente dans les travaux d'entretien de la Tyne et de la Clyde. Mais dans le cas particulier qui nous occupe, en raison de la quantité relativement restreinte de ces terrains exceptionnellement difficiles, on a jugé qu'il était encore plus avantageux de se servir du matériel ordinaire, quitte à remplacer les godets des dragues dès qu'ils étaient mis hors de service.

Dans la période comprise entre le 13 avril 1883 et le 31 décembre 1884 on a dragué à l'intérieur du port un volume de déblai estimé à 149,000 mètres cubes dont 4,800 mètres cubes de roches et 20,600 mètres cubes d'argile schisteuse.

Jusqu'en 1884 l'outillage se réduisait à une simple drague, depuis cette époque on en a employé deux fonctionnant simultanément. Ces dragues étaient desservies par 4 chalands à trémies de 100 mètres cubes de capacité chacun et par un remorqueur.

La différence considérable qui existe entre les prix d'extraction des déblais effectués avec chacune de ces dragues s'explique par les motifs suivants :

La drague désignée sous le nom de « Boulogne II » travaillait

plus souvent dans les couches compactes que dans les terrains faciles, et la drague appelée « Nieuwemaas VI » s'attaquait à son tour à des terrains plus difficiles que « la Nieuwemaas V ».

La drague « Boulogne II » avait des godets résistants mais moins grands que ceux des autres dragues.

Les dragues « Nieuwemaas V et VI » avaient été spécialement construites pour extraire des argiles tendres, du sable et de la vase, cependant elles eurent souvent à opérer dans des terrains compactes, ce qui endommagea leurs godets.

Il est bon de faire observer que la dépense totale faite par l'entrepreneur était, à la fin de l'année 1884, de 430,000 fr., tandis que la rémunération touchée par lui jusqu'à cette époque pour le cube extrait n'a été que de 420,000 fr.

Il a donc eu à supporter une perte dont il ne pourra être dédommagé qu'autant qu'il aura à extraire une plus grande quantité de matériaux en terrain compacte et rocheux, que celle qui a été prévue.

Le tableau suivant donne sur le travail des dragues à godets un certain nombre de renseignements intéressants.

	NOMS DES DRAGUES A GODET			Remorqueurs et chalands.
	Nieuwemaas V.	Nieuwemaas VI.	Boulogne II.	
Durée du travail de chaque engin	13 avril 1883 au 15 mars 1884	20 janv. 1884 au 31 déc. 1885	23 avril 1884 au 31 déc. 1884	13 avril 1884 au 31 déc. 1885
Longueur des dragues ou chalands	33 m.	23 m.	37 m. 25	—
Largeur des dragues ou chalands.	6 »	6 »	6 »	—
Pofondeur	2 80	2 80	2 30	—
Puissance nominale en chevaux-vapeur	40 chev.	40 chev.	70 chev	—
Pression de la vapeur dans les chaudières en kilog. par centimètre carré.	5 k.	5 k.	5 k.	—
Capacité du godet pour l'extraction du limon, de l'argile et du sable	320 lit.	320 lit.	—	—
Capacité du godet pour l'extraction de l'argile schisteuse.	—	—	215 lit.	—
Nombre de godets passant par minute dans le cas de l'extraction du limon, de l'argile et du sable	15	15	—	—
Nombre de godets passant par minute dans le cas de l'extraction de l'argile schisteuse	—	—	8 à 10	—
Salaires mensuels à l'équipage.	Capitaine ..... 260 f. Mécanicien ..... 260 Chauffeur ..... 190 Matelots (b) ..... 950	260 f. 260 190 950	260 f. 260 190 950	300 f. 260 190 350 (2 matelots).
Dépense effective pendant la période de travail	Salaires ..... 30.465 f. 36 Combustible ..... 13.527 » Approvisionnements ..... 7.334 60 Réparations et entretien ..... 71.172 55 Totaux ..... 122.499 51	27.832 f. 28 17.169 » 9.795 60 73.005 10 127 851 98	12.923 f. » 14.384 » 7.082 60 62.073 50 96.453 10	24.915 f. 92 25.606 » 5.880 30 11.435 66 71.837 82
Cube total dragué et transporté.	62.603 m. c.	53.757 m. c.	30.848 m. c.	147.208 m. c.
Frais moyens par mètre cube :	—	—	—	—
Dragage	1 fr. 956	2 fr. 377	3 fr. 418	—
Transport à 2 milles en mer	—	—	—	0 fr. 507
Nombre total d'heures employées au travail	2.448 h.	1.958 h.	1.789 h.	2.265 h.

(Société des ingénieurs civils anglais.)

## CHRONIQUE

### Chronique Française

**La navigation du Rhône.** — De grosses sommes ont déjà été consacrées aux travaux qui ont pour but de rendre possible la navigation sur le Rhône entre Lyon et Marseille. Ces travaux ne sont pas encore terminés. M. Jacquet, Inspecteur Général des ponts et chaussées, qui les a dirigés, ne met pas en doute leur succès définitif. Nous ne partageons pas cette opinion; nous croyons qu'il aurait été plus profitable d'employer l'eau du Rhône à irriguer le Midi, ou, si l'on voulait créer une voie navigable entre Lyon et Marseille, qu'il aurait été plus certain de construire un canal entre ces deux villes. Quoiqu'il en soit, M. Jacquet examine, dans une étude publiée dans les *Annales des Ponts et Chaussées*, le mode de navigation à appliquer sur le Rhône entre Lyon et Marseille.

Cette étude se justifie en ce que ce fleuve, à cause de la rapidité de son courant, présentera toujours des conditions de navigabilité bien différentes de celles que l'on rencontre sur les autres voies du réseau navigable de la France et exigera un matériel spécial.

Voici un résumé très succinct de l'étude faite par M. Jacquet.

Sur le Rhône, plus que sur toute autre rivière, à cause de la rapidité du courant, l'avenir est au touage. Des expériences avaient été faites par l'administration, lorsque plusieurs industriels ont présenté des demandes en autorisation de touage suivant des systèmes conçus sur des bases différentes. L'administration a alors laissé le champ libre aux tentatives de l'industrie privée.

La question n'ayant pas avancé, M. Jacquet a été conduit à formuler un programme de l'organisation d'un matériel spécial à employer entre Marseille et Lyon, en vue d'établir la continuité des transports par eau sur tout le territoire français et de faire entrer régulièrement le Rhône dans notre réseau de navigation intérieure.

L'instrument-type de transport à adopter est ainsi le bateau de canal, dit péniche flamande portant 300 tonnes à charge complète, et exigeant une profondeur d'eau de 2 mètres. Mais ce bateau ne pouvant naviguer par lui-même sur le Rhône ni encore moins sur mer, M. Jacquet propose d'organiser le service des transports de la façon suivante :

1° A la remonte de Marseille à Lyon : le bateau de canal, dit péniche, chargé dans les ports de Marseille, serait reçu dans un bateau écluse de mer qui, en trois ou quatre heures, le transporterait à la tour Saint-Louis. Remise à flot, la péniche serait remorquée jusqu'à Arles (un remorqueur à hélice prendrait deux péniches, soit disposées en convoi, soit accolées à ses flancs). A Arles, la péniche serait reçue dans une coque-écluse de rivière disposée de manière à ne prendre, avec pleine charge, que 1 mètre de tirant d'eau. (Deux coques-écluses en convoi seraient remorquées par un toueur prenant appui sur une chaîne noyée.) Arrivée à Lyon, la péniche, remise à flot, poursuivrait son voyage par la Saône et les canaux.

2° De Lyon à Marseille : la péniche amenée à Lyon par la Saône serait reçue dans la coque-écluse de fleuve qui pourrait descendre le Rhône au fil de l'eau (il conviendrait d'accoler au bateau toueur redescendant librement sans emprunter la chaîne, deux coques-écluses). Arrivé à Arles, la péniche remise à flot serait remorquée sur le Rhône maritime jusqu'à la tour Saint-Louis, où le bateau écluse de mer la prendrait pour la transporter dans le port de Marseille.

Les transports s'opéreraient ainsi entre Marseille et Paris et les lignes du nord sans rompre charge et sans soumettre les marchandises aux frais accessoires, avaries et pertes de valeur qu'entraînent les transbordements.

Tel est le résumé succinct de l'étude que M. Jacquet a publiée dans le numéro d'avril 1885 des *Annales des Ponts et Chaussées*, et qui contient des détails intéressants sur les divers systèmes de touage.

G. D.

## Chronique Etrangère

### Les travaux publics à l'Exposition des inventions de Londres. (Suite et fin.)

9° Phares. — De grands progrès ont été accomplis dans la construction et dans l'éclairage des phares. Parmi ceux qui entourent les Iles Britanniques et qui sont placés sur des points particulièrement difficiles et dangereux, on peut citer les phares de Woll-Rock, du Dhu Hearback et le nouveau phare d'Eddystone. Le vieux phare d'Eddystone, terminé en 1750, résista pendant cent vingt ans à la fureur des lames, mais, comme la roche sur laquelle il avait été bâti, avait été minée

peu à peu par la mer, on pouvait prévoir sa destruction à bref délai. On a donc construit sur un rocher voisin une nouvelle tour et l'on a démoli l'ancienne. La méthode imaginée par le créateur du premier phare d'Eddystone, méthode qui consiste à assembler les pierres à queue d'aronde s'est généralisée et aujourd'hui, dans les tours des phares, les pierres sont assemblées ainsi verticalement et horizontalement, et chaque assise est reliée, en outre, à la voisine, par des boulons métalliques. C'est en 1858, au phare de South Foreland, qu'on a employé pour la première fois la lumière électrique. En 1862, on l'appliqua au phare de Dungeness. L'intensité moyenne de la lumière focale était alors de 670 bougies, et l'intensité du rayon lumineux était 12 fois 1/2 plus grande que celle des anciens foyers. Aux deux phares du South Foreland la substitution de l'éclairage électrique et l'emploi d'un nouvel appareil dioptrique, en 1872, ont augmenté de vingt fois l'intensité du rayon lumineux de la lampe supérieure et de quatre-vingt-dix fois l'intensité du rayon lumineux de la lampe inférieure.

Au cap Lézard, on remplaça, en 1875, les lampes Argand à huile par la lumière électrique produite par les machines dynamo de Siemens actionnées par des machines à vapeur : on obtint ainsi une augmentation considérable de l'intensité lumineuse.

10° Canaux. — Parmi les canaux maritimes et fluviaux exécutés avec succès depuis 1862, le plus important est sans contredit le canal de Suez qui a été livré au trafic en novembre 1869. On craignait, au début, que le canal ne fût obstrué par les dépôts de sels provenant de l'évaporation rapide des eaux ; cependant, loin de s'augmenter, les dépôts de sel existants se sont progressivement fondus. L'analyse des eaux des lacs amers démontra que la salure s'accroissait rapidement au fur et à mesure que les bancs de sel se dissolvaient, mais qu'elle diminuait ensuite, ce qui prouve qu'il y a un échange continu d'eau entre les lacs amers et les mers dans lesquelles débouche le canal.

Les observations faites indiquent que les vents du nord et du nord-ouest qui soufflent généralement de mai en octobre, élèvent le niveau moyen de la mer à Port-Saïd et l'abaissent à Suez en produisant en sept heures une différence de niveau de 0<sup>m</sup>,42 et occasionnent, par suite, un courant se dirigeant de la Méditerranée dans la mer Rouge. En hiver, les vents dominants produisent un courant de sens contraire.

Un autre ouvrage d'une grande importance est le canal maritime d'Amsterdam, commencé en 1865 et terminé en 1876. Ce canal réduit à 15, 5 milles la distance d'Amsterdam à la mer du Nord (cette distance était auparavant de 52 milles, lorsqu'on était obligé d'emprunter le vieux canal de Hollande). Le nouveau canal a un tirant d'eau de 6<sup>m</sup>,90, tandis que l'ancien n'en avait que 5<sup>m</sup>,55.

11° Amélioration des fleuves et des rivières. — On améliore chaque année les embouchures des fleuves ; dans cet ordre d'idées, on peut citer les travaux de la Clyde, de la Tyne, du Danube et du Mississipi. Sur ce dernier fleuve, on a construit des jetées de 2 milles de longueur avec des broussailles chargées de pierres. Ces sortes de clayonnages s'incrusteront peu à peu dans la vase et sont renforcées par des pieux ; puis le tout est recouvert de blocs de béton. Les digues ainsi établies ont pour effet de diriger et de renforcer le courant, ce dernier creuse le lit, et maintient au chenal sa profondeur.

12° Distribution d'eau et assainissement des villes. — La plupart des grandes villes ont augmenté et amélioré leurs services d'eaux et leurs réseaux d'égouts. A Londres, plusieurs des Compagnies qui puisaient leurs eaux dans la Tamise ont reporté leurs prises à une certaine distance en amont, afin d'avoir des eaux moins impures. A Glasgow et à Dublin, on a installé des distributions d'eau qui n'existaient pas. A Liverpool, on termine les travaux qui permettront d'alimenter cette ville avec les eaux de la Wyrmoey ; ces eaux seront emmagasinées dans un réservoir formé par un barrage de 25<sup>m</sup>,20 de hauteur.

A Anvers, dont la population atteint 200,000 âmes, on a les eaux de la Nethe. Ces eaux sont préalablement filtrées à travers du sable, du machefer et du fer (1). En hiver, pour éviter la congélation de l'eau on élève sa température de quelques degrés par une injection de vapeur avant de l'introduire dans les filtres.

Les plus grands travaux d'assainissement des villes, exécutés jusqu'ici, sont ceux de Londres, qui ont consisté dans la construction d'un collecteur et de ses branches. Ces égouts ont une longueur de 82 milles. On y a employé 318 millions de briques, 880,000 yards cubes (672,760<sup>m3</sup>) de béton. On a enlevé des fouilles 3 millions 1/2 de yards cubes (2,675,750<sup>m3</sup>) de terre et il a fallu établir des stations de pompes d'une force totale de 2,380 chevaux-vapeur.

Dans ces dernières années, on a établi à Berlin un système complet d'égouts. On a divisé cette ville, qui compte plus d'un million d'habitants, en cinq districts, dans lesquels les égouts sont tellement disposés que leurs eaux se rendent par la pente naturelle en un point déterminé d'où elles sont reprises par la pompe du district; cette pompe les envoie sur les terrains qui sont ainsi arrosés et dans lesquels on cultive des fourrages ou des légumes. Ce système fonctionne parfaitement, il ne présente aucun inconvénient pour les voisins, mais les résultats de la culture ne sont pas bons au point de vue financier.

Le collecteur des eaux d'égouts de Boston est remarquable par son originalité et sa hardiesse, ainsi que par ses heureux résultats. Toutes les eaux d'égouts se réunissent en un point de la ville et sont envoyées, à l'aide de pompes, dans un bassin de 360 mètres de longueur placé à un niveau élevé. De là, ces eaux s'écoulent par un siphon renversé de 2,100 mètres de longueur, construit en tunnel et passant sous la baie à une profondeur de 40<sup>m</sup>,5 au-dessous des basses eaux, arrivent ainsi sur la rive opposée, remontent dans un égout établi en partie sur la terre ferme, en partie sur une digue construite à travers les bas fonds de la baie et aboutissent enfin à un réservoir qui se vide au moment où la marée baisse, c'est-à-dire, lorsqu'un fort courant peut entraîner ces eaux au large.

**13° Travaux de dessèchement.** — Le drainage du lac Fucino, qui est le plus grand des lacs de l'Italie méridionale, a été fait en 1869. Ce lac est situé dans une dépression de terrain dont la surface est de 173,000 acres (69,995 hectares) et est dépourvu de déversoir naturel. A la suite de fortes pluies, le niveau de ses eaux s'élevait et il se produisait des inondations, tandis qu'après un certain temps de sécheresse ce niveau s'abaissait outre mesure et les terrains mis ainsi à nu sur les rives répandaient des exhalations malsaines.

L'idée de drainer le lac Fucino avait déjà été émise par Jules César; plusieurs empereurs Romains firent exécuter des travaux dans ce but. L'empereur Claude avait projeté de construire un tunnel pour conduire les eaux dans la rivière de Liris, ce projet fut mis à exécution; le tunnel avait 1,853<sup>m</sup>,4 de longueur, mais ses dimensions étaient insuffisantes et il s'obstrua. Le prince Alexandre Torlonia fit construire un tunnel plus large sur le tracé de l'ancien; il a été terminé en 1869. Il a 5<sup>m</sup>,7 de hauteur et 9 mètres de largeur. Outre ce tunnel qui a 2,066<sup>m</sup>,1 de longueur, on a creusé 62 milles de canaux, on a fait 130 milles de routes et 402 milles de fossés et on a conquis ainsi au prix de £ 1,800,000 (45 millions de francs) 35,012 acres (14,165 hectares) de terrain. Ce qui met le prix de l'hectare à 3,176 fr. environ.

On a effectué également en France de grands travaux de drainage, on peut citer entre autres les travaux d'assainissement des Landes de Gascogne et de la plaine de Forez.

Les Landes qui s'étendent sur une surface de 21 millions d'acres (8 millions d'hectares) environ étaient autrefois désertes; leur sol maigre et sablonneux repose sur des couches imperméables. Dans un terrain ainsi constitué et absolument

plat, le drainage naturel était impossible; l'eau des pluies s'accumulait, restait à l'état stagnant, jusqu'à ce qu'elle fut évaporée sous l'action de la chaleur solaire en été. Un système complet de drainage, au moyen de canaux et de fossés, a été inauguré en 1857 et a permis de rendre à l'agriculture la presque totalité de cette grande surface qui est aujourd'hui plantée de pins. Le pays est devenu habitable, il est même l'un des plus sains de la France.

**14° Travaux d'endiguement.** — En Angleterre, les travaux d'endiguement les plus importants qu'on ait exécutés sont ceux de la Tamise dans la traversée de Londres. Ces digues s'étendent sur une longueur de 3 1/4 milles et ont été construites de 1860 à 1875 au prix de £ 1 million 3/4 (43,750,000 francs). On a transformé ainsi, en jardins d'agrément, 52 acres (21 hectares) de rives vaseuses et on a contribué à l'amélioration de la circulation et à l'embellissement de la ville.

**15° Matériaux de construction.** — Le nombre toujours croissant des fabricants amène nécessairement l'avilissement des prix et il devient dès lors indispensable de pouvoir se rendre un compte exact de la qualité des matériaux offerts, de façon à pouvoir choisir ceux qui sont à la fois les meilleurs et les plus économiques. Aussi les machines pour l'essai du ciment et des autres matériaux de construction ainsi que pour l'essai du fer, de l'acier et des autres métaux sont-elles maintenant d'un usage général. Dans les petites machines, la charge d'épreuve est donnée par un poids mobile agissant au moyen d'un système de leviers; dans les grandes machines, principalement dans celles qui servent à l'épreuve des matériaux, on emploie la pression hydraulique.

**De l'aménagement des rivières et des cours d'eau, par M. von Wex.** — Le régime des cours d'eau présente de telles différences qu'il faudrait plusieurs volumes si l'on voulait décrire les ouvrages nécessaires à leur aménagement. Dans cette note, M. von Wex s'est donc borné à indiquer les principales règles à suivre pour arriver à un bon résultat. Il divise son sujet en deux parties : 1° La régularisation des portions de rivières qui ne sont pas soumises à l'action de la marée; 2° l'aménagement des rivières qui se jettent dans la mer ou dans un bras de mer.

**1° Régularisation des rivières sans marées.** — L'expérience démontre que toutes les rivières ou les ruisseaux qui s'écoulent à travers de grandes plaines, attaquent leurs berges lorsque ces berges sont formées de terre ou de gravier; les parties les plus légères sont entraînées par le courant, les parties lourdes tombent, au contraire, au fond du lit, ce qui a pour effet d'augmenter la largeur de ce lit, de diminuer sa profondeur, et de donner naissance à des îles, des bancs, des criques et des lînes.

Dans les cours d'eau ainsi abandonnés à eux-mêmes, la pente, la vitesse moyenne et la force du courant décroissent continuellement à mesure que le lit s'exhausse; le niveau général des eaux s'élève relativement au niveau des terres riveraines, et ces dernières sont dès lors exposées à être fréquemment inondées, ce qui les rend inhabitables; on a de nombreux exemples de ces faits dans toutes les parties du monde, mais principalement en Afrique et en Amérique.

Pour remédier à un tel état de choses, on conseille de faire les travaux suivants :

1° Ouvrir au cours d'eau un nouveau lit suivant le thalweg de la vallée, soit en ligne droite, soit en employant des courbes très adoucies; faire passer toutes les eaux de la rivière dans ce nouveau lit et combler l'ancien, ainsi que tous ses bras.

2° Mesurer soigneusement : (a) le débit par seconde aux basses, moyennes et hautes eaux dans une section transversale de la rivière, soit immédiatement en amont ou en aval de la partie à régulariser; (b) l'augmentation de pente que donnera le nouveau chenal, ce qui permettra de déterminer alors l'aire transversale du nouveau lit suivant les formules connues de

(1) Nous indiquerons très prochainement la méthode suivie pour opérer cette filtration et nous décrirons les appareils perfectionnés qui ont été imaginés dans ce but par M<sup>l</sup>. Anderson et Ogston.

façon qu'il puisse laisser passer le volume des eaux pendant les eaux moyennes et les crues.

3° Une fois que la rivière a un nouveau lit, il faut protéger ses berges par des enrochements ou des digues.

4° Après avoir exécuté ces travaux, il faut combler entièrement l'ancien lit ainsi que ses affluents; on rendra ainsi à l'agriculture les emplacements occupés par le cours d'eau à l'état sauvage; les terres riveraines qui étaient autrefois marécageuses s'exhausseront progressivement et se couvriront de riches récoltes.

5° Si, par exception, en temps de crue, les eaux inondent encore les berges et endommagent les terres conquises, on les protégera au moyen de digues de distance en distance.

Quarante années d'observations et d'expériences dans des travaux considérables de cette nature permettent à l'auteur d'affirmer qu'en se conformant aux règles énoncées ci-dessus on obtiendra les résultats les plus satisfaisants pour les rivières les plus tortueuses et pour les vallées les plus humides.

Les résultats seront : (a) l'augmentation de la pente comme conséquence de la régularisation du profil et d'un écoulement plus direct; (b) l'abaissement du lit de la rivière, ce qui aura pour conséquence l'abaissement du plan d'eau et l'assèchement ou le drainage facile des terres limitrophes; (c) l'accroissement de la vitesse de l'eau, par suite l'écoulement plus rapide de ces eaux en temps de crue, la moins grande fréquence des inondations; (d) enfin lorsque les rivières sont exposées à être gelées, les glaces flottantes s'accumulent souvent dans les parties de leurs cours non régularisées, surtout dans les parties qui sont en courbe de faible rayon, dans les hauts fonds et sur les bancs de sable; il en résulte des obstructions et les eaux, s'élevant au-dessus des berges, inondent les terres avoisinantes.

Quand, au contraire, les cours d'eau ont été régularisés, ces accidents ne peuvent se produire, puisqu'il n'existe pas d'obstacle pour le libre passage des glaces flottantes, et s'il y a un arrêt momentané de ces dernières, le courant est assez fort pour amener une débâcle qui débâcle le chenal sans causer d'inondation.

(e) L'expérience démontre que, même dans le cas où la rivière a une grande profondeur, si son cours est sinueux et divisé en branches nombreuses, il se produit souvent des obstructions qui arrêtent la navigation, tandis que, si cette même rivière a été régularisée par l'ouverture d'un chenal direct, on assure la continuité du trafic et on crée ainsi une plus-value pour les terrains riverains.

(f) Sur les bords des rivières abandonnées à elles-mêmes, on ne rencontre qu'une population peu nombreuse, soumise à des épidémies fréquentes et dont le développement intellectuel et physique laisse beaucoup à désirer.

Dès que l'on a aménagé le cours d'eau, le drainage et la culture des terres avoisinantes devenant faciles, les inconvénients signalés plus haut disparaissent.

On trouve de nombreux exemples de ces faits lorsqu'on passe en revue les travaux exécutés récemment en France, en Allemagne, en Suisse, en Autriche et en Italie. On attache dans ces divers pays une grande importance à l'aménagement des cours d'eau.

Nous nous bornerons, pour le moment, à examiner les travaux de ce genre qui ont été entrepris avec succès sur le Rhin et sur le Danube.

Entre Bâle et Mahneim, le Rhin a, depuis des siècles, un cours tortueux à courbes de faible rayon, et il est divisé en plusieurs bras. Il coule au milieu d'une vallée de 5 à 6,000 mètres de largeur. Le fleuve change souvent de lit, la vallée étant sillonnée de bras secondaires. Par suite de la sinuosité de son cours, le fleuve avait perdu sa pente naturelle et son courant n'avait plus assez de force pour entraîner les bancs de sable; le lit et par suite le niveau de l'eau s'étaient élevés, les terres riveraines n'étaient guère plus que des marécages submergés à chaque crue.

De tout temps les riverains avaient cherché à se défendre

contre les inondations en construisant des digues, mais sans aucun succès à cause même de la sinuosité du lit; lorsqu'on le resserrait sur un point les eaux s'échappaient en prenant à revers les ouvrages de défense. Ce déplorable état de la vallée du Rhin dura jusqu'au commencement de ce siècle, et la population, déjà grandement réduite par la maladie et la misère, diminuait de jour en jour davantage par suite des nombreuses émigrations des habitants.

Par ses efforts réitérés, le colonel Tulla, ingénieur éminent, décida, en 1817, le gouvernement à entreprendre une étude complète de l'aménagement de la vallée du Rhin. On fit un projet de régularisation de ce fleuve qui fut approuvé et ratifié par les États riverains qui étaient alors la France, la Bavière, le grand duché de Bade et de Hesse. C'est ce projet qui a été mis à exécution de 1819 à 1863. Il consistait à régulariser le cours du fleuve et à le raccourcir. Il a fallu ouvrir pour cela 33 tranchées considérables; le parcours entre Bâle et Mahneim fut ainsi réduit de 252 kilom. à 169 kilom., et la pente du lit augmenta de 30 0/0.

Le chenal, d'une section uniforme, étant enserré dans des berges solidement protégées, l'ancien lit et ses branches furent comblées et les terrains conquis furent rendus à l'agriculture.

On peut considérer cette régularisation du cours du Rhin comme un des travaux de ce genre les plus importants qui aient été exécutés en Europe. Voici les avantages que l'on en a retirés :

(a) Le fleuve est resté constamment dans son nouveau lit qui sur certains points a aujourd'hui une profondeur de 2 mètres; sa pente a augmenté dans les mêmes proportions, ce qui a facilité l'écoulement des eaux pendant les crues.

(b) L'abaissement général du plan d'eau a produit l'assèchement des marécages qui sont devenus d'excellentes terres arables. En outre, plus de 20,000 hectares occupés par l'ancien lit et ses branches ont été rendus à la culture, et enfin les terres basses se trouvent maintenant à l'abri des inondations.

(c) Les conditions sanitaires de la vallée du Rhin sont visiblement meilleures et la prospérité générale des riverains s'est matériellement augmentée.

(d) D'après les enquêtes faites contradictoirement par des experts, les ingénieurs de l'État et les autorités locales, les bénéfices qui résultent de cette régularisation sont tellement considérables que le capital de premier établissement a été complètement remboursé, et pour récompenser le colonel Tulla, le promoteur de cette entreprise, on lui a élevé une statue à Maxau sur les bords du fleuve.

Sur un point seulement les espérances des ingénieurs ont été déçues, il s'est formé de puissants bancs de sable à l'embouchure des affluents, ce qui a rendu les communications difficiles et dangereuses; ces bancs ont produit des barres qui se trouvent recouvertes seulement de 0<sup>m</sup>,60 à 1<sup>m</sup>,50 d'eau à l'époque des basses eaux.

Si les ingénieurs, qui ont étudié le projet de 1817, avaient mesuré exactement le débit minimum du Rhin et prévu en même temps sa diminution probable, ils auraient donné au nouveau lit une section moins grande et auraient ainsi diminué dans une grande proportion l'importance des dépôts; les affluents auraient été dans un meilleur état de navigabilité.

On peut citer comme autre exemple des heureux résultats des travaux de régularisation d'un fleuve important, ceux effectués sur le Danube, près de Vienne de 1809 à 1881.

Nous rappellerons seulement que le cours de ce fleuve présentait trois courbes de faible rayon, de sorte qu'il se produisait en ce point d'énormes amoncellements de glaces flottantes, et par suite des inondations qui s'étendaient jusque dans les faubourgs de la ville en causant des dommages considérables. La navigation se trouvait également entravée par des hauts fonds et par le rétrécissement du chenal. Les nombreux ponts de bois qui existaient ne pouvaient être remplacés par des ponts en maçonnerie, on ne disposait d'aucune place commode pour effectuer les débarquements, le seul quai était

situé sur la rive opposée dans le bras principal du fleuve, à Florisdorf.

Les mesures à prendre pour remédier à un pareil état de choses, aussi préjudiciable à la santé publique qu'à la prospérité commerciale de la ville avaient donné lieu à de nombreuses négociations entre le Gouvernement, le Landstag et la Municipalité de Vienne. On approuva enfin un projet de régularisation s'étendant sur une longueur de 23 kilom, de Nussdorf à Fishamend. Les travaux furent commencés avec un capital de 32 millions de florins.

Les résultats obtenus ont été les suivants.

1° Bien que le nouveau chenal de 6,440 mètres de longueur entre Nussdorf et Fishamend ne soit ouvert que depuis l'année 1876 et que les autres ouvrages projetés soient encore incomplets, la masse énorme de glaces qui a descendu le fleuve pendant les hivers exceptionnels de 1876 à 1880, ainsi que les fortes crues du mois d'août 1880, ont traversé Vienne sans causer aucun dommage : on peut donc dire que la ville a été efficacement protégée. Il n'est pas douteux que sans ces travaux, cette immense accumulation de glaces en aval de la ville se serait étendue dans ses faubourgs comme en 1830 et y auraient occasionné les mêmes désastres.

2° Depuis que les faubourgs sont protégés contre l'invasion des glaces et contre les inondations et que le niveau général des eaux s'est abaissé de 0<sup>m</sup>.50, l'état sanitaire s'est considérablement amélioré.

3° Le chenal du fleuve est maintenant à 1,890 mètres plus près que l'ancien lit de la ville de Vienne, on a comblé cet ancien lit et on a rendu libre une superficie de 267 hectares.

En détournant le cours du fleuve, on a pu démolir les anciens ponts de bois et on les a remplacés par cinq ponts de pierre, dont trois sont affectés au passage des voies ferrées.

4° Le lit du fleuve présente aujourd'hui un chenal navigable de section uniforme et à courbes adoucies, avec un tirant d'eau de 3 mètres à l'étiage, de sorte que la navigation n'est plus interrompue.

De chaque côté du fleuve, il s'est formé trois grands bancs de sable qui ne gênent pas la navigation, car ils se trouvent à 0<sup>m</sup>.60 ou 1 mètre au-dessous du niveau des basses eaux et ils ne s'étendent pas en travers du fleuve. La formation de ces bancs est due à la même cause que celle déjà signalée à l'occasion des travaux de régularisation du Rhin.

5° Sur la rive droite du nouveau chenal, outre les embarcadères publics, on a construit dix quais de 1,060 mètres de longueur et des ouvrages protecteurs sur une longueur de 13,726 mètres, qui supportent de nombreux magasins mis en communication directe avec les gares de Vienne par une voie ferrée établie le long du Danube, ce qui donne de grandes facilités pour le chargement et le déchargement des marchandises arrivant par eau ou par terre. Un port spécial a été construit, en outre, pour permettre de faire des opérations pendant les temps de crue et de débâcle des glaces.

Par suite de ces améliorations, le mouvement de la navigation a quadruplé sur le fleuve. Il faut attribuer une bonne part de ces heureux résultats au concours précieux de M. James Aberuethy, ancien président de la Société des Ingénieurs civils anglais.

Le succès obtenu dans les travaux de régularisation de cette partie du Danube a engagé le Gouvernement, le Landstag et la Municipalité, à procéder à des travaux analogues entre l'embouchure de l'Isper, à Nussdorf, et la frontière de la Hongrie, sur une longueur de 157 kilomètres. Ces travaux ont coûté 24 millions de florins.

Dans la section suivante de Presbourg à Gonyo (80 kilom. de longueur), le cours du fleuve est tout aussi irrégulier qu'était celui du Rhin entre Bâle et Manheim, en 1817. Cependant, les Hongrois s'opposaient à l'exécution des travaux de régularisation, craignant de perdre le trafic qu'ils voulaient retenir à Budapesth entre le bas Danube et Vienne. Mais le Gouvernement s'est enfin aperçu qu'en laissant cette partie du fleuve dans son état sauvage, il exposait les riverains à de fré-

quentes inondations et que le commerce de la Hongrie avec les contrées de l'ouest souffrait de cet état de choses. Aussi, il s'est décidé à poursuivre sur son territoire, au prix de 20 millions de florins, la régularisation du Danube entre Presbourg et Gonyo. M. Von Wex saisit cette occasion pour expliquer brièvement les circonstances qui ont empêché la régularisation du cours de la Theiss de produire les mêmes avantages.

Il n'est pas douteux que le bassin hongrois n'ait été occupé autrefois par une mer intérieure qui s'est desséchée peu à peu à mesure que le Danube s'ouvrait un passage entre Moldova et Orsowa.

La Theiss reçoit toutes les eaux des Carpathes, et après un parcours très tortueux dans les plaines de niveau de son bassin supérieur, elle se jette dans le Danube. En aval de Szolnok, sa pente n'est que de 1 : 46,000, puis de 1 : 60,000, tandis que dans son cours supérieur, entre Tokay et Csap, cette pente se maintient entre 1 : 19,000 et 1 : 5,200.

Les riches propriétaires riverains de cette partie de la rivière ont protégé leurs terres contre les inondations en ouvrant à la Theiss un lit direct et en la maintenant dans ce lit à l'aide d'un système de digues continues. La pente naturelle du fleuve s'est ainsi accrue et ses eaux s'écoulent vers les parties inférieures avec une plus grande force. Dans ces parties basses, on a fait peu de choses pour redresser son cours ; on a construit au hasard des digues qui souvent sont perpendiculaires au cours de la rivière et qui ont rétréci le lit. Ce lit se trouve ainsi avoir tantôt 400 mètres, tantôt 1,400 mètres de largeur.

Enfin, on n'a pas cherché à augmenter la largeur du chenal, bien que cela eût été recommandé par les plus éminents hydrauliciens ; on n'a rien fait non plus pour améliorer le cours du Maros qui se jette à angle droit dans la Theiss. Aucuns travaux n'ont été exécutés au confluent de cette dernière rivière avec le Danube. Il n'est donc pas étonnant que des travaux poursuivis contrairement aux règles les plus élémentaires de l'hydraulique n'aient pas donné de résultats satisfaisants, que les inondations aient augmenté, que les digues aient été emportées et les campagnes ravagées comme cela s'est produit le 12 mars 1879 à Szegedin.

De pareils résultats ne peuvent infirmer le succès indéniable des ouvrages exécutés plus soigneusement en Europe et dans les autres pays ; ils montrent seulement qu'on ne peut réussir qu'en se conformant aux vrais principes de la science.

Pendant ces dix dernières années, le tirant d'eau de presque toutes les rivières a sensiblement baissé au grand préjudice de la navigation, tandis qu'à certaines époques il s'est produit des crues plus considérables qu'autrefois.

Quelques ingénieurs allemands ont prétendu que la cause de ces faits devait être attribuée à la régularisation des rivières dont le débit se fait plus rapidement par suite du resserrement de leurs eaux dans un chenal direct et à section régulière. Suivant eux, les crues descendent plus vite des hautes terres et s'élèvent à une plus grande hauteur. En s'appuyant sur cette hypothèse, les mêmes ingénieurs soutiennent que les travaux de régularisation sont désavantageux et ils proposent de résoudre le problème en créant des réservoirs d'une capacité suffisante pour retenir l'excédent des eaux de pluie, de manière à empêcher les inondations et à régler et à maintenir en tout temps un débit d'eau convenable.

M. von Wex combat cette théorie. Tous les mémoires publiés de 1873 à 1879 démontrent clairement que, pendant ces dernières années, la quantité d'eau provenant des sources naturelles a sensiblement baissé et que, par suite, le niveau des rivières a baissé également. Cette baisse eût été encore plus forte, si les rivières n'avaient pas été régularisées, parce que, l'eau répandue dans un lit irrégulier et ayant de nombreux bras, aurait présenté une surface bien plus vaste, ce qui aurait hâté l'évaporation.

Aujourd'hui, les grandes eaux s'écoulent par un chenal régulier et montent plus haut qu'autrefois, malgré l'accroissement de leur vitesse, parce qu'on a déboisé les montagnes, que les pluies d'orage sont ainsi devenues plus fréquentes et parce

qu'aussi le volume total des eaux de pluie ayant diminué, elles pénètrent moins dans le sol, descendent plus rapidement des pentes déboisées, à travers les fossés agricoles, dans les rivières qui grossissent ainsi démesurément.

Les grands avantages que présente la construction des réservoirs dans le thalweg des rivières, étaient connus des Chinois, il y a quatre mille ans, et déjà, à cette époque, ils avaient construit des réservoirs de plusieurs kilomètres carrés pour régulariser le débit de leurs grands cours d'eau. Aujourd'hui que chaque mètre carré de terre, même dans les contrées montagneuses, est devenu une propriété privée qu'il faut exproprier très chèrement, la construction de parcs réservoirs est aussi difficile que coûteuse. De plus, ces bassins seraient très peu utiles avec des rivières non régularisées, de sorte que la régularisation s'impose d'abord.

Dans ces derniers temps, on a vu paraître une quantité de projets pour l'aménagement des rivières, mais, comme ils sont généralement impraticables, il est inutile de les discuter.

## 2° Aménagement des rivières qui se jettent dans la mer ou dans des bras de mer.

L'irrégularité du cours des rivières qui se jettent dans la mer est due à deux causes principales. Dans sa partie inférieure, le lit de ces rivières a une trop faible pente et des barres se forment trop souvent à l'embouchure, sous l'action combinée des eaux venant des terres et des eaux de la mer. Ces barres empêchent la sortie des eaux de la rivière, les refoulent et les rejettent sur les terres voisines, qui sont inondées jusqu'au moment où le jusant de la marée permette à ces eaux de s'écouler dans la mer, à travers les nombreux canaux qu'elles se sont creusés dans le delta de l'embouchure de la rivière.

La régularisation de ces cours d'eau est beaucoup plus difficile et beaucoup plus coûteuse que celle des rivières dont il a été question plus haut, car le volume des eaux est plus considérable, la nature du terrain plus mauvaise, il faut également tenir compte des vents et des vagues. Elle oblige à donner aux ouvrages de protection des fondations solides et à les exécuter avec beaucoup de soin.

Les travaux nécessaires pour arriver à une bonne régularisation d'une pareille rivière consistent :

1° A rendre son cours aussi direct que possible, pour augmenter la pente du lit;

2° A enfermer la rivière, à son embouchure, entre des digues qui sont prolongées au-delà de la barre et aussi loin que possible en mer, afin d'obtenir un courant suffisant pour entraîner le sable et la vase à une assez grande profondeur, condition indispensable pour que ces dépôts ne soient pas troublés par les mouvements de la mer et qu'il ne se forme pas une seconde barre à l'embouchure.

S'il y a lieu de protéger les terres riveraines contre les inondations causées par la marée, il faudra construire sur les bords, au-delà de la limite de la marée, des digues disposées de telle sorte qu'au moment du jusant la force du courant de la rivière soit suffisante pour entraîner à la mer les vases qui se sont déposés pendant le flot.

Lorsque la rivière est ainsi endiguée, on peut alors drainer les terres basses qui se trouvent au-delà des digues et les livrer à la culture.

On peut mentionner comme exemple les célèbres travaux de Sulina, à l'embouchure du Danube; ceux en cours d'exécution à l'embouchure du Mississipi; les heureux travaux de drainage et de mise en culture des marais de la Toscane, des terres basses de la Hollande, dont le niveau est à 1<sup>m</sup>,50 au-dessous de celui des mers moyennes.

Ces travaux ont donné une telle expérience que, maintenant, tout ingénieur hydraulicien est en état de faire un projet et d'exécuter les travaux nécessaires à la rectification du cours d'eau le plus difficile.

En terminant cette étude générale, M. von Wex fait quelques remarques sur les mémoires de MM. Wheeler et Jacob, sur

l'aménagement des rivières dans le district de Eastern Midland en Angleterre et dans la vallée de l'Irwell.

Il paraît résulter de ces mémoires que les irrégularités du cours des quatre rivières des comtés de l'Eastern Midland et de l'Irwell provenaient moins de la configuration du sol que, 1° de la manière dont les propriétaires avaient défendu leurs terres sans respecter les lois de l'hydraulique et sans se préoccuper de la conséquence de leurs travaux sur le régime du cours inférieur de la rivière; 2° de la hauteur et de l'étroitesse exagérées des barrages, des écluses et des autres ouvrages, ce qui facilitait la formation des bancs de sable et l'envasement de la rivière en amont et l'inondation des terres; 3° de l'impossibilité où ces diverses obstructions mettaient les marées de dégager le lit des rivières et des arrêts occasionnés par les prises d'eau des moulins qui faisaient séjourner les eaux du flux pendant des semaines entières sur les propriétés voisines, transformées ainsi en marais.

D'après M. Jacob, le lit de l'Irwell et ses berges étaient devenus une décharge publique : on y jetait toutes les scories, tous les débris des démolitions des pays environnants; il n'est donc pas étonnant que des rivières ainsi traitées finissent par s'obstruer et que leurs eaux inondassent les rives.

Deux circonstances vinrent encore aggraver cet état de choses : 1° la barre de l'embouchure éleva le niveau des eaux ordinaires, ferma l'entrée de la rivière au flot qu'elle refoulait, de sorte que les riverains se trouvèrent sous le coup d'inondations perpétuelles; 2° par suite de l'amélioration des cultures et d'un meilleur drainage, les eaux de pluie du bassin supérieur de la rivière descendaient en plus grande quantité et avec une plus grande vitesse qu'autrefois, tandis que la section du chenal restait insuffisante.

Le projet dressé par MM. Wheeler et Jacob, pour remédier à cet état de choses, est tout à fait conforme aux principes appliqués avec succès, en Europe et ailleurs, dans tous les travaux de ce genre.

(Société des Ingénieurs civils anglais.)

## De l'emploi des résidus de pétrole par les Compagnies de chemins de fer pour le graissage du matériel roulant.

— Pour compléter l'étude publiée dans notre n° 68 sur les procédés d'exploitation des gisements de naphte au Caucase, nous résumons ci-dessous un travail fort intéressant publié par M. Salomon, ingénieur du matériel roulant de la Compagnie des chemins de fer de l'Est, sur l'emploi comparé des huiles de colza et des huiles minérales pour le graissage du matériel roulant.

C'est la Compagnie de l'Ouest qui a commencé la première (en 1878) l'essai de l'huile minérale pour le graissage des locomotives et tenders. Le résidu de naphte brut (densité 0,914) était d'abord incorporé dans la proportion de 1/4 au colza, jusqu'alors employé seul et sans mélange. Les résultats obtenus ayant été satisfaisants, on augmenta progressivement la proportion de l'huile minérale et on arriva finalement à composer un mélange de 1/4 colza et 3/4 d'huile russe.

A partir de l'année 1880, le chemin de fer du Grand Central Belge a employé en mélange les huiles provenant du Caucase.

La Compagnie de l'Est procéda aux essais de l'emploi exclusif du résidu de naphte brut sans mélange.

Enfin la Compagnie du Nord a trouvé avantageux de remplacer l'huile en usage (composée de 40 0/0 de colza brut et 60 0/0 de résine), coûtant 54 fr. les 100 kilogr., par un mélange formé de 20 0/0 de colza brut et de 80 0/0 de résidu de naphte, mélange dont le prix actuel est de 45 fr. les 100 kilogr.

En présence des emplois nouveaux de l'huile du Caucase, emplois qui sont destinés à accroître dans une grande proportion la consommation de cette huile, il est intéressant d'indiquer l'importance actuelle de l'extraction et de l'importation en France.

Les gisements de naphte, qui se trouvent sur les deux versants du Caucase, sont disséminés sur une étendue de plus de

1,000 kilomètres et occupent une superficie de 2 à 3,000 kilomètres carrés.

La contrée la plus riche en naphte est, ainsi que nous le disions dans l'article publié dans le n° 68, la presqu'île d'Apchéron. Les gisements de cette contrée sont accompagnés de volcans de boue, de sources d'eau salée ou sulfureuse et dans quelques cas de dégagements de gaz (carbure d'hydrogène, acide sulfhydrique). A côté du naphte, on rencontre les produits de son altération : une sorte d'asphalte désigné sous le nom de kir, et l'ozokérite, connue dans le pays sous le nom de naphtaguil. (L'ozokérite, qui se présente sous forme d'un corps solide, noir brun, ayant le toucher gras de la cire, paraît être un mélange de paraffine et de bitume. A la distillation, elle donne 8 0/0 d'huile et 60 0/0 de paraffine, qui, après raffinage, est incolore, translucide, cassante, inodore et fusible à 63°.)

Jusqu'à présent les seuls gisements en exploitation active, dans la presqu'île d'Apchéron, sont ceux des plateaux de Sourakhan et de Balakhan, situés à 13 kilomètres du port de Bakou. Plus de 400 puits sont actuellement concentrés sur une surface d'environ 9 kilomètres carrés. Le plateau, d'où on extrait le naphte, est à la cote 52 mètres au-dessus du niveau de la mer Caspienne.

La profondeur des puits, qui était primitivement de 30 mètres, a été successivement augmentée : elle atteignait 137 mètres en 1883. Le puits le plus profond à ce jour a 251 mètres.

Certains puits sont jaillissants et projettent l'huile à 20 ou 30 mètres de hauteur.

La production des puits de Bakou est très considérable; ainsi, par exemple, la production du puits Nobel n° 9 est estimée à 10,000 mètres cubes par jour. C'est énorme, si on la compare à celle du puits Armstrong n° 2, creusé dans le district de Butler (Pensylvanie), qui a fourni pendant quelque temps 1,200 mètres cubes par jour; or, ce puits est l'un des plus abondants des Etats-Unis.

Il ressort de toutes les observations faites jusqu'à ce jour que les gisements de naphte du Caucase ont une disposition cellulaire, l'huile se trouve dans des cantés ou poches isolées les unes des autres.

Le naphte, extrait du sol, est amené aux usines de distillation groupées à l'est de Bakou, par des conduites de 15 centimètres de diamètre.

Ces usines de distillation qui forment un faubourg appelé *Ville noire* sont au nombre de 200. L'outillage se compose d'un réservoir en fer pour l'emmagasinage du pétrole naturel, d'alambics de distillation chauffés par une partie du résidu de la distillation, d'un réservoir pour le refroidissement de l'huile d'éclairage, de réservoirs pour la purification de celle-ci par les traitements successifs à l'acide sulfurique et à la soude caustique, de réservoirs pour l'emmagasinement des huiles d'éclairage, des essences et du résidu, un réseau de tuyaux reliant entre eux les réservoirs et l'alambic, des petites pompes servant à refouler l'huile dans ces tuyaux, enfin des conduites en fer d'une longueur variable de 150 mètres à quelques kilomètres servant à conduire les huiles d'éclairage, les essences et le résidu, soit aux embarcadères, soit dans d'autres usines.

La densité de l'huile fournie par les sources de Balakhan varie de 0,850 à 0,890.

La distillation donne trois sortes de produits : la benzine ( $d = 0,754$ ), la gazoline ( $d = 0,787$ ), le kérosène ou huile lampante, proprement dite, ( $d = 0,820$  à  $0,822$ ) d'une manière générale, on peut admettre que 100 kilos de naphte brut donnent :

30 kilos d'essences et d'huiles lampantes légères.

70 kilos de résidu.

Et que le traitement de 100 kilos de résidu donne en moyenne :

75 kilos d'huiles lampantes lourdes et d'huiles de graissage.

25 kilos de goudron et de pertes.

Le naphte, extrait du sol, puis simplement débarrassé par un chauffage jusque vers 300° centigrades des essences et des huiles d'éclairage proprement dites, mais qui n'a pas été lui-même

distillé, forme ce que l'on appelle l'huile russe brute de graissage. Il constitue le lubrifiant dont la Compagnie de l'Ouest a fait depuis 1878 un usage toujours croissant dans son service de traction et que la Compagnie de l'Est a appliqué avec succès au graissage de son matériel roulant.

Ce résidu est un liquide noir à reflets violacés; en couches minces, il a une couleur mordorée; sa densité varie de 0,905 à 0,915. Il est liquide à  $-10^{\circ}$ . Au-dessous de cette température il s'épaissit, mais même à  $-30^{\circ}$  il ne prend que la consistance du savon vert. Il émet vers  $135^{\circ}$  des vapeurs inflammables.

Il est très visqueux à la température ordinaire. Au-dessus de  $+50^{\circ}$  centigrades, sa viscosité diminue plus rapidement que celle du colza, à mesure que la température augmente, mais jusqu'à  $+100^{\circ}$  le résidu de naphte est à ce point de vue supérieur au colza.

Le résidu du naphte est neutre sans action sur les métaux, pratiquement inaltérable et indécomposable à l'air, cela tient à ce qu'il y a dans l'huile une forte proportion de paraffine et une faible quantité de carbures solides tenus en dissolution.

Au moyen d'un traitement par l'acide sulfurique, on peut extraire du résidu une huile de graissage complètement dégoudronnée, mais ce procédé étant trop dispendieux, on préfère soumettre le résidu à une distillation facilitée par une injection de vapeur surchauffée.

Le seul emploi du résidu de seconde distillation est de servir de combustible. Par un dégoudronnage, on en a extrait de très bonnes graisses minérales et une variété de vaseline fondant de  $+32$  à  $+37^{\circ}$ .

La quantité de naphte brut extrait annuellement resta sensiblement constante de 1832 à 1863. On l'évalue à 2,460 tonnes pour l'année 1832. Elle fut de 5,570 tonnes en 1863, de 64,730 tonnes en 1873 et s'est élevée à 1,130,000 tonnes en 1884.

(La production du pétrole brut a dépassé l'année dernière, aux Etats-Unis, le chiffre de 4 millions de tonnes.)

Voici les quantités d'huile d'éclairage raffinée et de résidu (huiles de graissage) exportées annuellement de Bakou.

Années.	Huile d'éclairage raffinée.	Résidu.
1873	13.579.020 kil.	8.681.400 kil.
1875	32.104.800 —	18.427.500 —
1877	74.987.640 —	32.989.320 —
1879	112.907.340 —	99.983.520 —
1881	190.024.380 —	152.366.760 —
1882	203.112.000 —	292.923.540 —
1883	194.806.832 —	284.943.122 —
1884	328.463.095 —	457.477.511 —

En outre, on a exporté de Bakou du naphte brut, des huiles de graissage purifiées, du résidu de naphte distillé en vue de la fabrication de ces huiles et de la benzine. En voici le chiffre pour 1883 et 1884 :

	1883	1884
Naphte brut.....	23.209.641 kil.	31.471.353 kil.
Huiles de graissage purifiées et résidu distillé.....	15.527.388 —	22.210.674 —
Benzine.....	521.539 —	1.244.847 —

En rapprochant ces divers chiffres, on peut en déduire qu'à une extraction de 100 tonnes de naphte brut correspond la production de 35 tonnes de résidu disponible pour la vente, soit comme combustible, soit comme huile brute de graissage.

Le prix du naphte brut a subi dans ces dernières années des variations considérables produites par la spéculation.

De 9 fr. 70 la tonne en 1873, il a atteint 19 fr. 40 en 1875, pour descendre à 3 fr. 10 en 1881 et 1882. Pendant les 2 dernières années, ce prix n'a pas été dépassé et est parfois descendu à 0 fr. 35.

(Aux Etats-Unis, le cours du pétrole brut a varié, pendant l'année 1884, de 20 à 40 fr. la tonne.)

Le dernier prix de 0 fr. 35 est un prix de crise; on peut admettre que le prix normal est de 3 fr. 10.

Le prix du résidu de naphte est soumis aux mêmes fluctuations. Il a varié à Bakou, pendant l'année 1883, de 1 fr. 85 à 3 fr. 75 la tonne.

Actuellement, le prix de résidu de la meilleure qualité pour le graissage est d'environ 8 francs la tonne.

Si considérable que soit la production du résidu, on peut se demander si une fois les propriétés de ce lubrifiant mises à profit, sa consommation ne dépassera pas la production, ou si, tout au moins, il ne se produira pas une élévation notable dans le prix de vente.

Or, on peut calculer que les besoins des chemins de fer de l'Europe, en tant qu'huile de graissage des trains, n'atteignent pas les 15,4 centièmes du tonnage du résidu exporté de Bakou en 1884.

Le prix de vente du résidu du naphte ne sera donc pas sérieusement influencé par les variations de la consommation de cette matière comme lubrifiant, mais bien par sa consommation en tant que combustible par les chemins de fer de la Russie et par les bateaux à vapeur naviguant sur la mer Caspienne et la mer Noire.

Mais le prix du résidu livré à Batoum doit rester compris entre 35 et 43 fr. 75 la tonne (valeur actuelle), pour qu'il soit plus avantageux de le brûler que de consommer de la houille anglaise.

(Le prix actuel de la houille anglaise, rendue dans les ports de la mer Noire, varie de 20 à 25 francs la tonne, et la puissance calorifique du résidu de naphte est pratiquement supérieure de 75 0/0 à celui de la houille.)

Ainsi donc l'ouverture du marché méditerranéen ne semble devoir augmenter le prix du résidu que par l'effet d'un relèvement des frets et du cours des houilles anglaises.

Le prix en France du résidu, dans les adjudications faites depuis un an par les Compagnies de l'Ouest et de l'Est, a été respectivement de 27 fr. 50, et 27 fr. 45 les 100 kilog., rendus en gare de Paris, hors octroi, fûts rendus.

Il ne semble pas possible d'obtenir une réduction très sensible.

Afin de réduire les frais de transport de Bakou à Batoum, on a étudié le projet d'une conduite. (Ce projet a été exposé dans notre précédent article. Voir le n° 68.) Mais on rencontrera là certains obstacles, dont le principal est l'opposition que fera le gouvernement russe à cause de la concurrence qui en résulterait pour le chemin de fer de Bakou à Batoum. Or, le Gouvernement russe a tout intérêt à ne pas laisser diminuer le trafic de ce chemin dont l'importance stratégique, comme voie de communication vers les Indes, est très grande.

Le prix de revient du résidu rendu en France ne paraît donc pouvoir être abaissé que par la réduction des dépenses d'emballage, des frais de manipulation et de ceux de magasinage, réduction qui sera la conséquence d'une consommation régulière et suffisamment importante.

## Matériaux de construction

### Etude sur les chaux hydrauliques. (Suite.)

Nous arrivons actuellement au chapitre IV qui, sous le titre : « Essai de la résistance des matériaux », traite successivement de la prise des chaux et ciments, de l'écrasement, de l'arrachement, de la flexion, de la dureté, de la porosité et de la gélinité des divers matériaux.

Nous allons examiner successivement tous ces phénomènes en ce qui concerne uniquement la chaux et les mortiers.

1° *Prise des chaux et ciments.* — On constate ordinairement la prise au moyen de l'aiguille Vicat. Il est bon de rappeler ici, comme le fait M. Durand-Claye, ce qu'on entend par aiguille

Vicat, car nous avons constaté que son poids et sa section offraient suivant les expérimentateurs des variations assez sensibles.

Si, en prenant le kilo comme unité,  $p$  représente le poids total de l'aiguille normale, et  $s$  sa section portante en prenant pour unité le millimètre carré; la pression  $P$  par centimètre carré, exercée sur la pointe lorsque l'aiguille repose verticalement sera représentée par

$$P = \frac{100p}{s}$$

si on commet une erreur  $\pi$  sur le poids total et une erreur  $\sigma$  sur la section, la valeur de  $P$  deviendra

$$P_1 = \frac{100(p \pm \pi)}{s \pm \sigma}$$

et l'erreur  $\epsilon$  par centimètre carré sera représentée algébriquement par

$$\epsilon = \frac{100(\pi s - p \sigma)}{s(s + \sigma)}$$

La condition d'établissement d'une aiguille Vicat est donc

$$\pi s - p \sigma = 0$$

ou

$$\pi s = p \sigma$$

ce qui revient à

$$\frac{p}{s} = \text{constante.}$$

L'erreur sera d'autant plus grande positivement que  $\pi$  sera plus grand positivement et  $\sigma$  plus grand négativement en effet dans ce cas

$$\epsilon = \frac{100(\pi s + p \sigma)}{s(s - \sigma)}$$

et on voit immédiatement que  $\epsilon$  augmente lorsque  $\pi$  et  $\sigma$  augmentent.

L'erreur sera d'autant plus grande négativement que  $\pi$  sera plus grand négativement et  $\sigma$  plus grand positivement, car en introduisant les signes il vient :

$$\epsilon = - \frac{100(\pi s - p \sigma)}{s(s + \sigma)}$$

la valeur absolue de  $\epsilon$  croît avec  $\pi$ , c'est évident, elle croît aussi avec  $\sigma$  car  $\frac{d\epsilon}{d\sigma}$  est toujours positive.

On conçoit facilement combien il importe de comparer les chaux avec des aiguilles identiques, c'est-à-dire satisfaisant toujours à la condition  $\pi s - p \sigma = 0$ . S'il en était autrement, les résultats obtenus n'auraient aucune valeur puisqu'ils ne seraient pas comparables.

L'aiguille dont se servait Vicat, dit M. Durand-Claye, était une aiguille à tricoter de 0<sup>m</sup>,0012 de diamètre limée carrément à son extrémité et chargée d'une masse de plomb qui portait à *son poids total* à 300 grammes.

L'expression limée carrément doit s'entendre d'une aiguille cylindrique limée suivant un plan perpendiculaire aux génératrices. La section portante est égale à la surface d'un cercle de 0 cent. 12 de diamètre dont l'aire est de 0<sup>m</sup>²,0113. Cette aiguille est celle dont on se sert ordinairement; elle donne

$$P = \frac{100 \times 0^k,300}{1^k,13} = 26^k,50$$

mais rien n'empêche, comme nous l'avons vu de modifier  $p$  et  $s$  et de faire, par exemple,  $s = 1$  et  $p = 265$  grammes.

Si le poids d'une aiguille est trop fort de 10 grammes et la section trop faible de 0<sup>m</sup>²,3 l'erreur est de +6<sup>k</sup>,20 et la pression sur la pointe de 32<sup>k</sup>,70 par centimètre carré.

Aujourd'hui, on n'attache pas une grande importance aux résultats obtenus avec l'aiguille Vicat; voici ce que dit à ce sujet M. Durand-Claye,

« Cet essai ne donne pas d'indication bien précise. Outre que » la rapidité de la prise n'est pas toujours une preuve de la » qualité d'une chaux, elle est tellement influencée par le mode » de préparation de la pâte que le même échantillon donne des » résultats souvent très disparates. entre les mains de divers » opérateurs. La quantité d'eau introduite et le malaxage plus

» ou moins prolongé de la pâte peuvent faire varier du simple au triple et même davantage la durée de la prise. »

Il est vrai qu'on ne peut pas dire d'une chaux qu'elle est bonne parce que sa prise sera rapide; il y aura même plus de raisons de craindre pour l'avenir avec une chaux à prise rapide qu'avec une chaux à prise modérée; mais il est certain que si au bout d'un certain temps la prise n'est pas faite, la chaux doit être réputée mauvaise et, dès lors, l'aiguille devient plus utile que le doigt où la canne en ce sens qu'elle permet de mieux préciser.

Il faut remarquer que les essais à l'aiguille ne fournissent des résultats que pour un cas particulier.

L'aiguille adoptée fait connaître le temps que le produit soumis à l'épreuve met pour supporter, sans dépression  $26^k,5$  par centimètre carré; mais ce temps est-il plus important à connaître que celui qui serait nécessaire pour obtenir une résistance de 15 kilos ou de 50 kilos par centimètre carré?

Si l'état de cohésion qui correspond à la résistance absolue à l'aiguille Vicat était précisément l'état transitoire qui existe entre un corps mou qu'on peut modeler sans le briser et un corps solide peu résistant mais qui ne peut changer de forme sans se rompre et dont les morceaux remis en contact ne peuvent plus se réunir, l'instrument serait d'une grande utilité, puisqu'on pourrait fixer le moment à partir duquel on doit éviter de faire naître, dans les maçonneries, des pressions qui tendent à faire changer de formes les mortiers avant qu'ils aient atteint une résistance qui leur permette, en vertu de leur incompressibilité ou de leur élasticité, de réagir sans se rompre.

Si on prend une aiguille à section constante mais de poids variable, et que pendant les trois premiers jours on détermine toutes les 6 heures le poids de l'aiguille supportée par un produit maintenu sous l'eau et qu'on établisse ensuite ce même poids tous les deux jours pendant un mois par exemple, on pourra tracer la courbe *oa* représentative des poids supportés, en fonction du temps.

Mais si on procède aux mêmes essais sur des produits différents, on obtiendra des courbes telles que *ob, oc, od, oe, of, og, oh* (fig. 3), et on voit immédiatement que si une chaux (A)

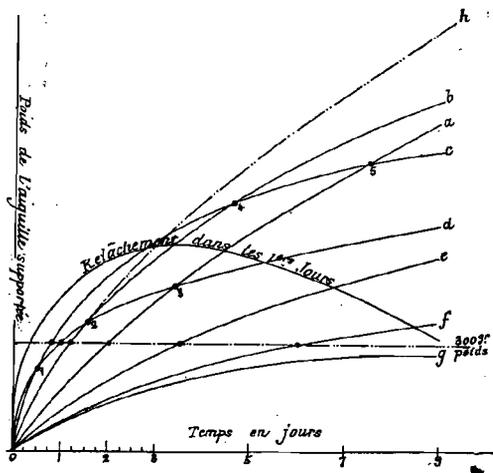


Fig. 3.

offre une prise plus rapide qu'une autre chaux (B) lorsqu'on adopte l'aiguille de  $26^k,5$ , la chaux (B) peut devenir plus rapide que la chaux (A) si on se sert d'une aiguille dont la pression correspondante à la section portante diffère de  $26^k,5$  et inversement.

Si on établissait une classification des chaux basée sur le temps de prise mesurée avec une aiguille de section et de poids constants il suffirait de changer le poids pour modifier profondément la classification admise en premier lieu.

Mais ce n'est pas là le plus grave reproche qu'on peut faire à l'emploi ordinaire de l'aiguille Vicat à poids constant! La critique repose notamment sur la différence des résultats qu'on obtient en opérant sur des gâchées différentes faites avec le même échantillon. En effet, la quantité d'eau et le malaxage ont une très grande influence sur la prise; mais si l'aiguille, en raison de cette influence, ne pouvait servir à caractériser une chaux par son temps de prise, elle serait encore d'une certaine utilité pour apprécier, précisément, les modifications produites et établir une relation entre les causes et l'effet.

L'influence de l'eau et du malaxage sur l'énergie d'une chaux est loin d'être la même pour des produits différents; c'est ce qui explique l'insuccès obtenu avec des mortiers confectionnés avec une chaux que les ouvriers mettent en œuvre pour la première fois. Certaines poudres réclament plus d'attention et plus de soins que d'autres pour obtenir les mêmes résultats, et dans la pratique on devrait toujours en tenir compte autant qu'il est possible.

Pour établir l'influence de l'eau et du malaxage, il suffit, simplement, d'employer, dans les expériences, toujours le même poids de poudre, la même quantité d'eau, et de déterminer le rendement c'est-à-dire le volume de pâte obtenu; il est égal à la somme du volume d'eau introduit et du volume de poudre contractée.

Si pour des poids égaux d'un même échantillon et des poids égaux d'eau on obtient des volumes égaux de pâte, le temps de prise sera le même pour tous les essais et la prise sera d'autant plus rapide que le volume de pâte sera moindre; on peut donc, par une suite d'expériences, établir une relation entre le temps de prise et le rendement.

Le poids d'eau à introduire est celui qui correspond à la contraction absolue de la poudre; si on dépasse ce poids, quelle que soit la trituration, le volume de pâte augmente d'une quantité précisément égale au volume de l'excès d'eau introduit.

L'eau nécessaire à la contraction absolue d'un poids donné de poudre peut varier pour des échantillons différents provenant d'une même fabrication, mais le volume de pâte semble varier dans les mêmes proportions de sorte que le volume contracté resterait le même; mais ce fait demande à être vérifié.

La contraction est énorme, en effet: prenons, par exemple, une chaux qui, au tassement d'emploi, pèse 850 kilos le mètre;  $1^k$  ou  $1^k,18$  de poudre rend avec  $0^l,40$  d'eau,  $0^l,81$  de pâte. Si on admet que la poudre renferme 8 pour cent d'eau, avant le gâchage, il y a en tout  $0^l,570$  d'eau, de sorte que le volume de la poudre solide proprement dite est réduite à  $(0^l,81 - 0^l,57) = 0^l,24$ . Un mètre cube de poudre ne donne donc en réalité qu'environ  $0^m^3,20$  d'éléments solides, qui, mélangés avec l'eau, constituent la pâte.

On admet généralement que l'âge d'une poudre a une certaine influence sur la prise; l'âge ici n'est qu'un mot. La cause réelle d'altération est due à la présence de différents éléments et notamment de l'acide carbonique qui tend à régénérer la poudre; l'humidité favorise la combinaison de cet acide avec la chaux libre et sa substitution à la silice. Il y a donc à la fois décomposition et combinaison.

L'avarie dépend donc des conditions dans lesquelles la chaux se trouve placée, et pour des conditions données l'avarie croît avec l'âge.

On pourra apprécier assez facilement l'avarie d'un produit en déterminant la teneur A en acide carbonique au moment de l'emploi, car si on connaît la teneur  $\alpha$  au moment de la mise en sac la différence (A -  $\alpha$ ) mesurera en quelque sorte l'avarie. La température ne paraît pas avoir une grande influence sur le temps de prise des chaux susceptibles de supporter l'aiguille ordinaire après 1 à 4 jours, il est néanmoins bon de l'observer pendant le cours des expériences.

Nous concluons de ce qui précède que pour être complètement fixé à l'égard d'un produit en ce qui concerne la prise,

et pour permettre de faire des expériences comparables, on devra toujours, pour chaque expérience, dresser un tableau semblable à celui que nous avons établi ci-dessous.

DÉSIGNATION des CHAUX	Poids par cent cube total de la section portant de l'aiguille.	ACIDE CARBONIQUE au moment		Avenir A-a	POIDS de poudre	POIDS d'eau	VOLUME de pâte obteau	TEMPÉRATURES extrêmes		TEMPS de prise
		de la mise en sacs α	de l'em- ploi A					B	H	
Chaux a.	26.5	2.5	3.2	0.7	k. 1.00	l. 0.49	l. 0.81	15°	22°	30h
Chaux b.	26.5	3.4	4.5	1.1	1.00	0.65	1.04	15°	23°	42
Chaux c.	26.5	5.5	6.3	0.8	1.00	0.74	0.35	12°	20°	45

La préparation de la pâte à essayer doit se faire dans un gâchoir qui ne puisse ni absorber l'eau ni la perdre; dans un mortier en porcelaine émaillée, par exemple.

L'aiguille Vicat doit être réservée exclusivement à l'étude des pâtes; elle ne peut en effet servir à apprécier la prise des mortiers, car, comme le fait remarquer M. Durand Claye, l'extrémité de l'aiguille peut reposer sur un grain de sable dont la plus grande section horizontale est notablement différente de celle de l'aiguille; donc alors impossible de préciser la prise.

Pour comparer deux mortiers entre eux au point de vue de la prise on en est réduit à les attaquer à la pointe d'acier ou avec la pointe d'un couteau et d'apprécier celui qui est le plus difficile à désagréger. La résistance à la désagrégation dépend ici de deux causes : la cohésion de la pâte proprement dite et l'adhérence de celle-ci au sable.

(A suivre.)

Pont-de-l'any le 3 octobre 1885.

H. BONNAMI.

### Bibliographie

#### Traité pratique d'électricité appliquée à l'exploitation des chemins de fer. (Suite.)

##### CHAPITRE XIII. — INTERCOMMUNICATION ÉLECTRIQUE DES TRAINS

Dans les trains, l'intercommutation électrique a pour but de permettre aux Agents de communiquer entre eux au moyen de signaux acoustiques et aux voyageurs de tous les compartiments d'avertir ces mêmes agents en cas de danger.

Le système le plus ancien d'intercommunication est le système Prudhomme; il consiste dans l'établissement d'une ligne métallique qui, partant du pôle positif d'une pile installée dans un fourgon, traverse une sonnerie, aboutit à un premier commutateur et de là se prolonge sur un côté du train, pour revenir par l'autre côté au premier commutateur et au pôle négatif de la pile; chaque compartiment contient d'autre part des fils de dérivation aboutissant à un commutateur spécial par lequel on peut les faire communiquer et fermer à volonté le circuit; ce qui détermine alors un courant qui fait marcher la sonnerie du fourgon et de la sorte avertit les agents.

Si l'on place une pile, un commutateur et une sonnerie, tant dans le fourgon de tête que dans le fourgon de queue, les agents qui s'y trouvent peuvent non-seulement recevoir les appels des voyageurs, mais encore communiquer entre eux; une seule pile pourrait suffire, mais la deuxième est en prévision d'un dérangement possible de l'autre; en outre les agents peuvent être prévenus, en cas de rupture d'attelage.

La Compagnie du Nord et le Paris-Lyon-Méditerranée ont appliqué le principe suivant des dispositions différentes dont on pourra suivre l'exposé dans le livre; le système du nord permet de savoir d'où part l'appel; cette particularité n'existe

pas au Paris-Lyon-Méditerranée; la Compagnie de l'Est a également adopté un organisme un peu différent des précédents.

Tous ces appareils sont en somme assez compliqués et ne réalisent pas absolument tous les desiderata; il eût été préférable de chercher de prime abord à établir entre les véhicules une communication pédestre, facilitant la surveillance et ce à l'aide d'un corridor latéral ou central; des tentatives de ce genre ont été faites et fonctionnent à l'étranger. En France, la Compagnie des Dombes en avait donné l'exemple, mais en général le principe de la distinction des classes et de l'isolement « complet » des catégories de voyageurs a prévalu et le matériel roulant a été étudié suivant cette donnée; de là les difficultés d'établir l'intercommunication et la conséquence de n'y parvenir qu'à la suite de précautions qui, même avec le concours de l'électricité, entraînent encore de nombreuses sujétions.

Cette question paraît donc constituer un problème réservé à l'avenir et dont la solution reposera plutôt dans l'agencement du matériel renouvelé et adopté aux allures d'une société transformée elle-même et dont les idées se seront ralliées à un modus vivendi tout différent des traditions, des habitudes et des préjugés du présent.

#### CHAPITRE XIV. — ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE

L'éclairage électrique a pris une grande importance depuis la production de l'électricité à un prix relativement économique, c'est-à-dire depuis l'invention des machines magnéto et dynamo-électriques. La lumière électrique était bien connue, dès le commencement du siècle, par la découverte en 1813 de l'arc voltaïque, découverte due à Davy, mais comme les piles étaient les seules sources d'électricité à la disposition des inventeurs, les essais ne dépassaient guère les expériences de laboratoire et ne pouvaient entrer dans l'industrie, en raison de la cherté même du pouvoir éclairant.

Depuis, l'on a obtenu et appliqué la lumière électrique à l'aide de divers procédés, tels que les régulateurs, les bougies, les lampes à incandescence dans l'air, celles à incandescence dans le vide, enfin la lampe Soleil qui est un organe tout particulier.

Les régulateurs ont pour but de maintenir en contact les charbons par lesquels passe l'arc voltaïque; les trois régulateurs les plus usités sont la lampe Gramme, la lampe Brush et la lampe Piette et Krisik, dont le traité donne la description détaillée.

Les bougies consistent dans l'usure semblable des charbons placés parallèlement et non plus en opposition comme dans les régulateurs. Le premier type est la bougie Jablochkoff; cet appareil qui ne nécessite aucun mécanisme, mais simplement un corps isolant entre les deux charbons, a été perfectionné dans la suite et l'air est devenu, dans ces perfectionnements, l'isolateur des baguettes de charbon.

Les lampes à incandescence dans l'air opposent une baguette de charbon à un disque de même matière; la baguette seule s'use et un mécanisme assez simple est chargé de la ramener sans cesse au contact.

Les lampes à incandescence dans le vide sont fondées sur la propriété que possède un filament de charbon mince, enfermé dans une ampoule de verre où l'on a fait le vide et traversé par un courant, de produire un foyer lumineux.

Enfin la lampe-soleil repose sur ce principe, que l'arc voltaïque, au sortir de deux charbons assez gros, lèche le fond d'une cavité pratiquée dans un bloc de matière réfractaire (marbre ou magnésite), la rend incandescente et, tout en augmentant la lumière, lui donne une teinte dorée.

Malgré ces inventions, l'éclairage électrique des trains n'a pas encore été résolu; le principal obstacle provient des manœuvres généralement nécessaires en cours de route, addition ou abandon de voitures, occasionnant la rupture du circuit et l'extinction des lampes; aussi cette question reste-t-elle à l'ordre du jour, au double point de vue de la réalisation d'un éclairage non interrompu d'une part et, d'autre part, de l'économie dans la dépense.

(A suivre.)

### Etablissement de passages pour les poissons migrateurs. (*Suite et fin.*)

Dans les passes disposées en zig-zag, la largeur varie de 1 m. à 2 m. et le débit de l'eau entre 0<sup>m</sup>,400 et 0<sup>m</sup>,650 par seconde; la brochure donne des exemples de passages ainsi combinés. Quant aux conditions de la sortie à l'amont, elles sont plus simples; l'essentiel est que, pendant les basses eaux, la passe soit garnie quand même du volume d'eau nécessaire, et que, pendant les hautes eaux, elle soit garantie de la destruction par des brise-glaces, heurtoirs et autres obstacles arrêtant les bois flottants; ces précautions ne sont plus nécessaires si la sortie de la passe a lieu assez loin du barrage. Le plafond de la passe à l'amont doit être de 0<sup>m</sup>,30 à 0<sup>m</sup>,40 au-dessous du niveau des basses eaux, pour assurer un courant continu.

Les escaliers pour poissons se distinguent en trois catégories :

1° Escaliers naturels où la couche de fond est une roche et où l'on taille les gradins dans le terrain même; leur largeur est de 1 mètre à 1<sup>m</sup>,25; la profondeur d'eau varie de 0<sup>m</sup>,50 à 1 mètre; ces redans inclinés sont séparés par des bassins de 3 à 4 mètres de longueur, 2<sup>m</sup>,25 à 3<sup>m</sup>,50 de large et 1 mètre à 1<sup>m</sup>,50 de profondeur; le poisson s'y repose un instant avant de franchir le gradin supérieur;

2° Escaliers avec digues-annexes; dans ce système, on décompose une chute totale en chutes partielles de peu de hauteur que le poisson franchit; ce système n'est applicable que pour des cours d'eau dont le régime est paisible;

3° Escaliers artificiels. Ces escaliers, entièrement en maçonnerie, sont de véritables ouvrages d'art; quelques-uns rappellent le genre des escaliers avec digues-annexes, d'autres affectent une disposition toute particulière; on a constaté, en effet, que, quand les escaliers en forme de chutes successives présentent un passage par dessous, le poisson préfère passer par cette ouverture plutôt que de franchir la chute. Ce genre d'escalier se nomme l'escalier Gail.

En dehors des escaliers, il y a encore la série des chemins appelés couramment passes ou passages et qui consistent en tranchées faites dans les digues, passages en biais, passages artificiels avec escaliers de secours ou avec contre-courant.

Les tranchées dans les digues, en cas de basses eaux extraordinaires, peuvent être fermées avec des vannes mobiles; elles ont l'inconvénient d'exiger toujours un certain débit; il faut aussi que leur déclivité ne soit pas trop considérable, pour que le courant n'ait pas une vitesse à fatiguer le poisson lors de la remonte.

Aussi faut-il les remplacer souvent par les passages biais ou en diagonale, où la pente varie de 1/12 à 1/20; ces passages sont limités latéralement par une cloison en bois de 0<sup>m</sup>,30 à 0<sup>m</sup>,60 de hauteur; la vitesse étant adoucie par le frottement le long de cette cloison, le poisson la suit et ainsi franchit le passage terminé par une échancrure vers le couronnement de la digue; le fond du passage est pavé; quelquefois, il est recoupé par des cloisons intérieures régnant sur la majeure partie de la largeur et où les vides alternent tantôt vers une paroi, tantôt vers l'autre, et ce, pour diminuer la vitesse de l'eau; cette disposition est employée lorsque la hauteur de chute atteint 1<sup>m</sup>,80 à 2 mètres; lorsqu'au contraire on a affaire à de petits cours d'eau, on recoupe le passage par des petites digues successives, constituant, en arrière de chacune d'elles, des bassins d'un certain volume, de telle sorte que le poisson s'y repose et franchit ensuite le degré supérieur sous la hauteur d'eau que le courant débite normalement.

Les passages artificiels à escaliers consistent de leur côté en des plans inclinés ayant alternativement à droite et à gauche des escaliers fixés dans les parois latérales, suivant des dispositions variables assez difficiles à décrire mais très faciles à saisir par l'inspection des figures du livre; une installation grandiose dans ce genre existe en Norvège, pour racheter une chute de 27 mètres; la longueur du passage est de 285 mètres dont 73 mètres situés en plein rocher avec une déclivité de 1/18 et

212 façonnés en bois avec une disposition ingénieuse pour allonger le parcours de l'eau, de telle sorte que le chemin total suivi par le poisson est de 785 mètres; il y a trois bassins de repos, en paliers de 10 à 18 m. de surface et 1<sup>m</sup>,75 de profondeur. Mais on reproche justement à ces passages d'offrir au poisson un chemin considérable à effectuer, de ne présenter qu'une profondeur d'eau faible, en raison de la trop grande quantité nécessitée par le maintien du courant. Aussi un Américain, Mac-Donald, a-t-il cherché à construire des passages à montée directe, à profondeur d'eau plus considérable, sans augmentation de vitesse, grâce à la création de courants en sens contraire.

Ce genre de passage, assez compliqué, ne peut guère s'étudier qu'avec les dessins de la brochure; il nous suffira de dire que l'eau de chute se heurtant, dans la partie inférieure du courant descendant, contre des lames inclinées convenablement, est obligée de revenir sur son chemin, ce qui amoindrit la vitesse du courant dans sa partie supérieure et que par suite le poisson y peut opérer l'ascension sans efforts.

Le dernier chapitre du livre est consacré aux anguilles; au contraire du saumon, l'anguille, au moment du frai, émigre, en été et quelquefois au printemps, des lacs et des rivières vers la mer, dans des baies tranquilles où a lieu l'éclosion des œufs. Les œufs éclos, les petits, une fois longs de 5 à 15 centimètres quittent la mer par bandes pour regagner les embouchures des fleuves; doués de peu de force, ces petits évitent les eaux tumultueuses et se plaisent sur les rivages plats et graveleux; ils se cachent le jour et voyagent la nuit; pendant ces migrations ils prennent de la vigueur et arrivent à vaincre des courants. On raconte que l'on a vu des anguilles franchir la chute du Rhin à Schaffouse, mais, dit l'auteur, ce sont là tours de forces qui ne contribuent pas à la multiplication de l'espèce; aussi est-il préférable de créer des passages à fond rugueux, de 1/6 de pente; en Irlande on fait des couloirs en planches de 1/5 à 1/8 de déclivité et que l'on remplit avec des fascines pour faciliter la montée de la jeune anguille; en Allemagne on remplit le fond de ces couloirs avec du sable fin retenu de distance en distance par des planches à travers lesquelles sont pratiquées des ouvertures minces, plus larges à l'aval qu'à l'amont et par où passe l'alevin.

Ce dernier exposé est suivi de conclusions que nous regrettons de ne pouvoir reproduire, n'étant pas assez pour cela au courant de la langue d'outre-Rhin; mais il est facile de les deviner et même de les appliquer à notre terre de France où les rivières sont dans un état de dépopulation affligeant et où il serait urgent d'aviser, par tous les moyens possibles, à la protection et à la multiplication des espèces.

Les passages à poissons n'abondent pas en général même sur des cours d'eau d'importance; on ne s'en préoccupait guère dans les anciens barrages à poutrelles, fermettes, aiguilles, etc. systèmes Poirée et autres; tout récemment nous avons vu à un barrage près Roanne une échelle à poissons; c'était pour la première fois de notre vie, mais en revanche sur la Loire haute comme sur l'Yonne, sur leurs affluents, sur maintes rivières et maints ruisseaux, partout où nous avons constaté l'existence d'usines, de moulins, de foulons et par suite de barrages, nulle part nous n'avons rencontré aucune installation faite pour la circulation du poisson; cela expliquerait jusqu'à un certain point le cantonnement de certaines espèces qui ne peuvent franchir des rapides et la disparition d'autres espèces qui ne se renouvellent pas par suite d'impossibilité d'émigration d'aval en amont.

L'administration qui a pris sous sa tutelle la police de la pêche et le repeuplement des rivières a devant elle une tâche considérable; elle pourra donc à bon droit s'inspirer du principe de Keller et assurer au poisson une circulation libre, le tout pour la satisfaction bien légitime des pisciculteurs et des pêcheurs ainsi que pour l'intérêt public attaché à la conservation et à l'extension de cette ressource alimentaire, toutes conclusions qui doivent se trouver dans le livre ou tout au moins dans la pensée de l'ingénieur allemand.

# TABLE DES MATIERES

Contenues dans le sixième volume des Annales des Travaux publics

	Nombre des croquis intercalés dans le texte.	Numéros des planches.	Pages.	Numéros des livraisons
<b>I. — Canaux et Rivières.</b>				
Nouveau système de barrages mobiles construits en Amérique pour l'amélioration du fleuve Kanawha.	3	»	1276-1277	(61)
Mesure des vitesses dans les grands cours d'eau.	»	»	1289	(62)
Des inondations et des moyens de les prévenir	»	»	1292-1293	(62)
Barrages de la Kanawha	»	»	1317-1319	(63)
Améliorations du fleuve Hudson	»	»	1336-1337	(64)
Types d'écluses pour canaux maritimes (Canal d'Amsterdam à la mer du Nord).	3	»	1363-1366	(66)
Canal d'Amsterdam à la mer du Nord. — Types d'écluses. — Mise en valeur des terrains. — Construc- tion du port. — Assainissement d'Amsterdam	7	CXXXI		
Projet de canal maritime de Paris à Boulogne-sur-Mer et Lille.	4	»	1483-1485	(72)
id.	3	»	1368-1370	(66)
id.	»	»	1388	(67)
id.	5	»	1405-1407	(68)
Procédés employés en Amérique pour améliorer la navigation des fleuves	1	»	1373-1375	(66)
Endiguement de la petite Weser à Brême. Type de digue métallique.	3	»	1376	(66)
Endiguement des grands cours d'eau des Etats-Unis.	»	»	1393	(67)
Barrage construit près Pretzien	»	»	1394	(67)
Amélioration apportée à la construction des portes ou vannes des barrages	1	»	1416	(68)
Le canal des Deux Mers au Congrès géographique de Bergerac.	»	»	1448-1449	(70)
Les ascenseurs hydrauliques pour canaux de navigation	»	»	1472	(71)
Nouveau système d'écluse.	4	»	1474-1475	(71)
La navigation du Rhône.	»	»	1486-1487	(72)
Les travaux publics à l'Exposition des inventions de Londres (canaux, amélioration des fleuves et ri- vières, travaux d'endiguement).	»	»	1487-1488	(72)
De l'aménagement des rivières et des cours d'eau par Von Vex.	»	»	1488-1491	(72)
<b>II. — Chemins de fer.</b>				
Installation d'un chemin de fer funiculaire (système Aguado) dans les environs de Turin, à la Superga.	»	»	1275-1276	(61)
Les chemins de fer en Amérique.	»	»	1279	(61)
Etude sur la construction et l'exploitation d'un chemin de fer à voie étroite	»	CXXXIII	1282-1286	(62)
Le chemin de fer du Righi-Vaudais.	»	»	1290	(62)
Nouveau coussinet pour rails	2	»	1290-1291	(62)
Transport des ponts sur les voies ferrées	1	»	1291	(62)
Le chemin de fer de l'Arlberg.	»	»	1314	(63)
Le Métropolitain de Paris	1	»	1328-1330	(64)
Résultats d'expériences sur l'emploi des différents modèles de platines ou rondelles pour empêcher le desserrage des boulons d'éclisses	10	»	1332-1333	(64)
Voies métalliques pour tramways et pour chemins de fer économiques ou vicinaux.	»	»	1333-1334	(64)
Les gares terminus du Central New-York	2	CXXIX	1345-1347	(65)
Développement des voies entièrement métalliques en Allemagne et dans les autres pays	»	»	1353-1354	(65)
Boulon pour fixer les rails sur les traverses (système Bush)	1	»	1354	(65)
Roues de wagons en papier	»	»	1354-1355	(65)
Le chemin de fer du Soudan	»	»	1376-1377	(66)
Les rails les plus lourds	1	»	1377-1378	(66)
Travaux exécutés à Londres sur le chemin de fer Métropolitain	8	»	1395-1397	(67)
Renseignements sur la construction des voies ferrées en Amérique.	»	»	1409	(68)
Améliorations récentes apportées dans la superstructure des voies.	15	»	1409-1412	(68)
Raccordement de la ligne secondaire de Creuzthal Hilchenbach avec les ateliers de construction méca- nique de MM. Klein frères.	»	»	1412	(68)
Types de remises pour locomotives du chemin de fer du North-Western (Angleterre)	»	»	1412-1413	(68)
Moyen pour empêcher le desserrage des écrous des boulons d'éclisses	2	»	1413	(68)
Les voies entièrement métalliques employées dans la construction des chemins de fer de l'Inde (Exposi- tion des inventions à Londres).	11	»	1430-1432	(69)
Les travaux publics à l'Exposition internationale des inventions de Londres (Routes et chemins. — Chemins de fer).	»	»	1449	(70)
Méthodes employées en Russie pour l'essai des rails	3	»	1450-1451	(70)
Voie en acier employée sur le North-Western.	»	»	1451	(70)
Le chemin de fer funiculaire de la ville de Kansas (Amérique)	2	»	1451-1452	(70)
Les travaux publics à l'Exposition internationale des inventions de Londres (Chemins de fer métropoli- tains, chemins de fer de montagne, tramways)	»	»	1472-1473	(71)
<b>III. — Constructions civiles.</b>				
Plafond incombustible en briques de terre réfractaire	»	»	1294	(62)
Nouvelle méthode de construction pour plafonds et cloisons d'appartements	2	»	1294	(62)
Le nouvel entrepôt de marchandises de Berlin.	»	»	1294-1295	(62)
Renseignements pratiques sur la construction des édifices : Préservation des murs contre l'humidité (suite).	»	»	1295-1296	(62)
id.	»	»	1319	(63)
id.	»	»	1358	(65)
Construction d'un plancher pour atelier où manoeuvrent des grues roulantes.	1	»	1358	(65)
Plafonds en béton de ciment	1	»	1358	(65)
Nouvelle forme de tuiles flamandes	5	»	1358-1359	(65)
Pression maxima à faire subir aux maçonneries de briques.	»	»	1359	(65)
Les tours de 300 mètres. Projets de M. Bourdais et de M. Eiffel	»	»	1371-1373	(66)
Déplacement d'une tour en maçonnerie	»	»	1379	(66)
La coupole du grand équatorial de l'Observatoire de Nice	»	»	1390	(67)
Le Palais de l'Industrie à l'Exposition nationale de Budapesth en 1885.	3	»	1395	(67)
Mécanisme de fermeture pour les portes de remises de pompes à incendie	»	»	1414	(68)
Applications récentes des sphères pour substituer le frottement par roulement au frottement par glissement	»	»	1415	(68)
Procédés du baron de Liebhafner pour le nettoyage des parements en maçonnerie.	»	»	1430	(69)
Observations sur les expériences faites en vue de déterminer les conditions à observer pour obtenir un bon rivetage	»	»	1432-1434	(69)

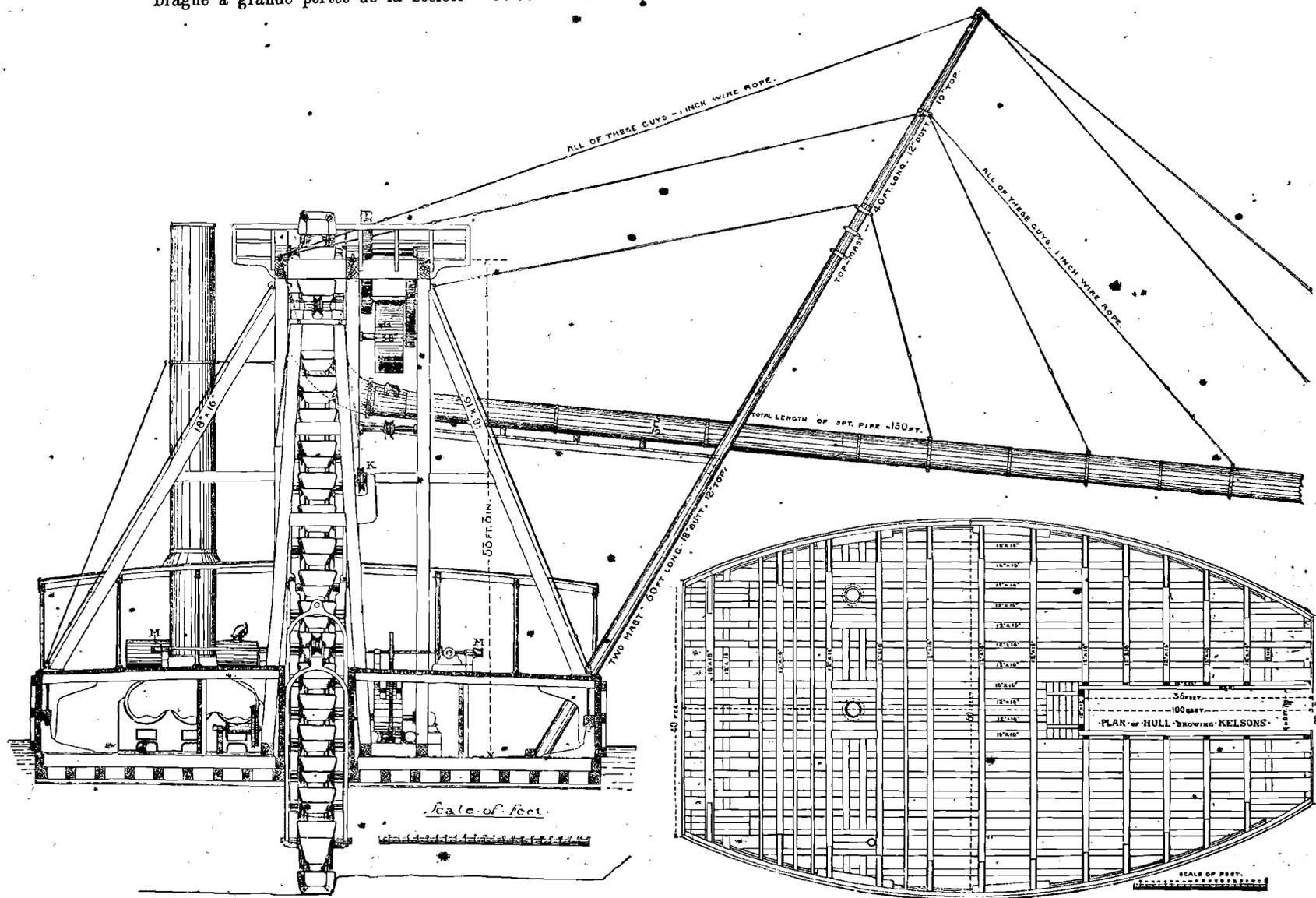
	Nombre des croquis intercalés dans le texte.	Numéros des planches.	Pages.	Numéros des livraisons
<b>IV. — Construction des Tunnels.</b>				
Etudes sur la construction des tunnels de la ligne de Pontebba (Italie) . . . . .	2	»	1272-1273	(61)
Nouvelle méthode pour la construction des tunnels sous-marins . . . . .	1	»	1391-1392	(67)
<b>V. — Distributions d'eaux et assainissement des villes.</b>				
Construction des réservoirs d'eaux couverts en Angleterre, en Allemagne et dans les autres pays (suite et fin) . . . . .	»	CXXI	1263-1265	(61)
Construction du barrage d'Abbeystead . . . . .	»	»	1291	(62)
Distribution d'eau de la ville de Sholapur (Indes). Types de réservoirs de distribution d'eau . . . . .	3	»	1293	(62)
Distribution des eaux de la ville de Dieppe . . . . .	»	»	1312-1313	(63)
Conduite d'eau en tôle . . . . .	»	»	1375	(66)
Réservoir d'eau couvert pour l'alimentation de la ville de Nottingham . . . . .	»	»	1417-1418	(68)
Exposition internationale des inventions de Londres (travaux de dessèchement) . . . . .	»	»	1488	(72)
<b>VI. — Études d'avant-projet.</b>				
Aperçus sur l'état actuel de la tachéométrie (suite et fin) . . . . .	1	»	1261-1263	(61)
Calcul d'une ferme à la Mansard, par M. L. Cornu . . . . .	3	»	1281-1282	(62)
Détermination précise de la stabilité des murs de soutènement et de la poussée des terres (suite) . . . . .	2	»	1266-1268	(61)
id. id. id. . . . .	3	»	1301-1303	(63)
id. id. id. . . . .	»	»	1321-1323	(64)
id. id. id. . . . .	7	»	1341-1344	(65)
id. id. id. . . . .	2	»	1361-1363	(66)
id. id. id. . . . .	2	»	1381-1382	(67)
id. id. id. . . . .	6	»	1401-1403	(68)
id. id. id. . . . .	3	»	1421-1423	(69)
id. id. id. . . . .	4	»	1441-1442	(70)
id. id. id. . . . .	5	»	1461-1463	(71)
id. id. id. . . . .	7	»	1268-1271	(61)
Siphon d'irrigation . . . . .	»	»	»	»
Tracé des courbes circulaires. — Procédé Ghédou. — Antériorités, application du tachéomètre, par H. Bonnamy . . . . .	1	»	1352-1353	(65)
Calcul sommaire d'un arc métallique, par M. L. Cornu . . . . .	2	»	1386-1388	(66)
Détermination des aires par pesées . . . . .	»	»	1397-1398	(67)
Note sur la formule : $b = 0,03 l$ , par M. L. Cornu . . . . .	»	»	1483	(72)
<b>VII. — Matériaux de construction.</b>				
Les nouveaux pavages . . . . .	»	»	1271	(61)
De l'emploi du ciment ou du mortier de ciment et de chaux . . . . .	»	»	1279	(61)
Durcissement des mortiers de ciment de Portland dans l'eau et dans l'air . . . . .	»	»	1289	(62)
Le pavage en bois . . . . .	»	»	1391	(67)
Études sur les chaux hydrauliques, par M. H. Bonnamy . . . . .	»	»	1398-1399	(67)
id. id. id. . . . .	»	»	1418-1419	(68)
id. id. id. . . . .	»	»	1439-1440	(69)
id. id. id. . . . .	2	»	1455-1460	(70)
id. id. id. . . . .	»	»	1475-1478	(71)
id. id. id. . . . .	1	»	1493-1495	(72)
Traitement antiseptique des bois . . . . .	»	»	1434-1436	(69)
Exposition internationale des inventions de Londres (matériaux de construction) . . . . .	»	»	1488	(72)
<b>VIII. — Outillage des chantiers de travaux publics.</b>				
Excavateurs à deux élinde travaillant ensemble ou séparément . . . . .	»	CXXII	1265-1266	(61)
Perçement des galeries souterraines avec un perforateur mu par l'électricité . . . . .	»	»	1271	(61)
Nouveau type de wagon à ballast . . . . .	2	»	1287-1289	(62)
Détails sur les travaux de dragage à Panama . . . . .	»	»	1311-1312	(63)
Type de déchargeur à ballast . . . . .	1	»	1314-1315	(63)
Ventilateurs Blackman . . . . .	1	»	1327	(64)
Pompe à vide pour vidange atmosphérique . . . . .	1	»	1327-1328	(64)
Modèle d'installation pour la fabrication du mortier dans un grand chantier de construction . . . . .	2	»	1351	(65)
Type d'échafaudage pour la réparation des grandes halles des gares . . . . .	3	»	1370-1371	(66)
Plate-formes flottantes pour la construction des piles de pont (application à la construction des piles du nouveau pont de la Tay) . . . . .	5	»	1388-1389	(67)
Procédé pour le coulage du béton sous l'eau . . . . .	»	»	1407	(68)
Grue roulante et préparation du béton pour la construction des môles en Sunderland . . . . .	4	»	1429-1430	(69)
Types de pompes à sable et de dragues à godets employées en Hollande . . . . .	3	»	1445-1447	(70)
L'outillage des travaux publics à l'exposition internationale des inventions de Londres . . . . .	»	»	1447	(70)
Les travaux publics à l'exposition des inventions de Londres (outillage des travaux publics) . . . . .	»	»	1449	(70)
Echafaudage pour la construction des cheminées d'usine . . . . .	1	»	1453-1454	(70)
Appareil élévatoire pour la pose rapide des pierres dans les grandes constructions (application à la construction de l'église de Montmartre) . . . . .	»	»	1470-1472	(71)
Drague à grande portée de la Société golden state and miners iron works de Californie (Etats-Unis) . . . . .	»	»	1480	(71)
<b>IX. — Ponts, passerelles, aqueducs et viaducs.</b>				
Passages inférieurs pour voie ferrée . . . . .	3	»	1274-1275	(61)
Construction en un jour d'un pont en béton de 12 mètres d'ouverture . . . . .	»	»	1290	(62)
Le pont de l'Impératrice sur le Sutlej (Indes) . . . . .	»	CXXVI	1305-1306	(63)
Pont de chemin de fer construit sur le Dnieper (ligne de Iekaterinen) . . . . .	2	»	1313-1314	(63)
Études sur la construction de viaducs et d'aqueducs pour routes en Amérique . . . . .	7	»	1335-1336	(64)
Pont construit sur le Niagara . . . . .	4	»	1338	(64)
Travaux en cours d'exécution pour l'élargissement du pont d'Austerlitz à Paris . . . . .	»	»	1352	(65)
Pont construit sur le Schwarzwasserbrücke (Suisse) . . . . .	5	»	1355-1357	(65)
Le pont Tekapo, comté de Mackenzie (Nouvelle-Zélande) procédés d'exécution des fondations des piles . . . . .	»	»	1391-1392	(67)
Pont-levis construit sur le Danube . . . . .	»	»	1392	(67)
Exhaussement d'une voûte de pont . . . . .	»	»	1392-1393	(67)
Étude sur deux projets de ponts métalliques à grande portée . . . . .	»	CXXXV	1403-1404	(68)
Type de pont construit sur la rivière Kennet près de Reading, au confluent de cette rivière avec la Tamise . . . . .	2	»	1413-1414	(68)
Le pont du Fortb. Etat actuel des travaux . . . . .	»	»	1417	(68)
Les Travaux publics à l'Exposition internationale des inventions de Londres (ponts et viaducs) . . . . .	»	»	1473	(71)

	Nombre des croquis intercalés dans le texte.	Numéros des planches.	Pages.	Numéros des livraisons
<b>X. — Ports de mer.</b>				
Etudes sur la construction et l'aménagement des ports de commerce (suite) . . . . .	»	CXXIV	1286-1287	(62)
Id. Id. . . . .	6	CXXV	1303-1305	(63)
Id. Id. . . . .	»	CXXVII	1323	(64)
Id. Id. . . . .	»	CXXVIII	1337-1338	(64)
Jetée sur pieux à vis construite à l'embouchure de la Delaware . . . . .	»	CXXX	1347-1348	(65)
Construction d'un bassin à Hambourg pour le déchargement des pétroles . . . . .	»	»	1378	(66)
Le port de Fiume . . . . .	»	CXXXIII	1382-1386	(67)
Construction d'un bassin de radoub dans l'arsenal de Saïgon au moyen de caissons métalliques et d'air comprimé . . . . .	»	CXXXIV	1435-1429	(69)
Le nouveau port d'Anvers . . . . .	»	CXXXVIII	1442-1444	(70)
Id. Id. . . . .	»	CXXXIX	1463-1465	(71)
Id. Id. . . . .	»	CXLI	1436-1438	(69)
Travaux maritimes, extraction de roches sous-marines et construction d'un mur de quai dans le port de Blyth (Angleterre) . . . . .	1	»	1452-1453	(70)
Port en eau profonde et docks de Tilbury sur la Tamise . . . . .	1	»	1454-1455	(70)
Engins employés en Angleterre pour le transbordement de la houille . . . . .	4	»	1473-1474	(71)
Les travaux publics à l'Exposition internationale des inventions de Londres (Les travaux des ports) . . . . .	»	»	1465-1486	(72)
Dépenses occasionnées par les dragages des ports de Calais et de Boulogne . . . . .	»	»	1487	(72)
Les travaux publics à l'Exposition internationale des inventions de Londres (les Phares) . . . . .	»	»		
<b>XI. — Travaux de terrassement.</b>				
Progrès réalisés dans l'exécution des travaux de mines en Autriche-Hongrie . . . . .	»	»	1277-1279	(61)
Extraction d'une roche dans la Moselle . . . . .	»	»	1295	(62)
<i>Consolidation des terrains ébouleux par masses :</i>				
Exposé. Théories sur les éboulements par masses. Systèmes généraux de consolidation . . . . .	»	»	1323-1327	(64)
Assainissement et consolidation des terrains argileux et glaiseux . . . . .	»	»	1348-1351	(65)
Commentaires de la méthode . . . . .	1	»	1366-1368	(66)
Application du système P.-L.-M. . . . .	»	CXXXVI	1404-1405	(68)
Ligne du Puy à Saint-Georges d'Aurac . . . . .	»	CXXXVII	1423-1425	(69)
Remblai de Marcelliac . . . . .	»	CXL	1444	(70)
Id. . . . .	»	CXLII	1466-1467	(71)
Remblai de la Valette . . . . .	»	CXLIII	1482	(72)
Id. . . . .	»	CXLIV	1330-1332	(64)
L'éboulement de la ligne de Bollégarde à Genève . . . . .	3	»	1355	(65)
Nouvelle méthode pour la construction des murs de soutènement . . . . .	2	»	1355	(65)
Plate-forme pour remblai (chemin de fer central du Michigan) . . . . .	1	»	1418	(68)
Travaux de mines . . . . .	»	»	1418	(68)
Construction des murs de soutènement . . . . .	2	»	1436	(69)
<b>XII. — Travaux de fondation.</b>				
Détails sur la construction des piles du viaduc du Forth . . . . .	»	»	1273-1274	(61)
Nouveau système de caisson à air comprimé (système Klein, Schmoll et Gaertner à Vienne) . . . . .	4	»	1315-1317	(63)
Procédé de fondation pour murs de quai . . . . .	»	»	1317	(63)
Méthode employée pour renforcer les culées d'un grand pont . . . . .	2	»	1334-1335	(64)
Nouveau système de construction pour les parois des caissons métalliques . . . . .	1	»	1378-1379	(66)
Fondations des piles du pont Tekapo . . . . .	»	»	1391-1392	(67)
Enlèvement d'une roche sous-marine à l'entrée du canal Welland et du port de Colborne . . . . .	»	»	1414-1415	(68)
Procédé de fondation par congélation . . . . .	»	»	1416-1417	(68)
Modifications apportées au matériel de sondages . . . . .	»	»	1438	(69)
<b>XIII. — Bibliographie.</b>				
Ouvrages relatifs à la construction des chemins de fer . . . . .	»	»	1279-1280	(61)
Id. id. . . . .	3	»	1296-1300	(62)
Id. id. . . . .	»	»	1339-1340	(64)
Traité pratique d'électricité appliquée à l'exploitation des chemins de fer . . . . .	»	»	1320	(63)
Id. id. . . . .	»	»	1359-1360	(65)
Id. id. . . . .	»	»	1379-1380	(66)
Id. id. . . . .	»	»	1399-1400	(67)
Id. id. . . . .	»	»	1419-1420	(68)
Id. id. . . . .	»	»	1440	(69)
Id. id. . . . .	»	»	1460	(70)
Id. id. . . . .	»	»	1478-1479	(71)
Id. id. . . . .	»	»	1495-1496	(72)
Etablissement de passages pour poissons migrateurs . . . . .	»	»	1479-1480	(71)
Id. id. . . . .	»	»	1497	(72)
Eléments de statique graphique appliquée aux constructions . . . . .	»	»	1496	(72)
<b>XIV. — Correspondance et Divers.</b>				
Application de l'électricité comme agent calorifique . . . . .	»	»	1271-1272	(61)
Treuil mu par l'électricité . . . . .	»	»	1279	(61)
Transmission électrique de la force dans les mines . . . . .	»	»	1289	(62)
L'utilisation des chutes du Niagara et le transport de l'électricité . . . . .	»	»	1291-1292	(62)
La téléphonie à grande distance . . . . .	5	»	1306-1311	(63)
Règle servant à transformer les grades et fractions de grades en degrés et réciproquement . . . . .	1	»	1319	(63)
Définition de l'électricité . . . . .	»	»	1339	(64)
Lettre du capitaine Mahan à l'occasion des barrages du Kanawha . . . . .	»	»	1360	(65)
Le chauffage des voitures de chemins de fer par l'électricité . . . . .	»	»	1379	(66)
Société de topographie parcellaire et réforme cadastrale . . . . .	»	»	1397	(67)
Le prix de revient de la lumière électrique à l'Hôtel de ville de Paris . . . . .	»	»	1407-1409	(68)
Procédés d'exploitation de gisements de naphte au Caucase . . . . .	»	»	1415-1416	(68)
Nouveau mode de construction des lignes télégraphiques souterraines . . . . .	»	»	1438	(69)
L'exposition des ponts et chaussées Belges à Anvers . . . . .	»	»	1438	(69)
Exposition d'Anvers. Récompenses obtenues par les constructeurs français . . . . .	»	»	1447	(70)
Emploi des résidus de pétrole pour le chauffage des machines . . . . .	»	»	1447	(70)
Note sur un nouveau disque électrique fonctionnant par un courant continu (Système G Dumont et Postel-Vinay) . . . . .	6	»	1467-1470	(71)
De l'emploi des résidus de pétrole par les Compagnies de chemins de fer pour le graissage du matériel roulant . . . . .	»	»	1491-1493	(72)

# TABLE DES PLANCHES

Etudes sur la construction des réservoirs d'eau (Types de réservoirs) . . . . .	CXXI
Nouveau type d'excavateur à deux élinde travaillant ensemble ou séparément . . . . .	CXXII
Chemins de fer à voie étroite . . . . .	CXXIII
Construction et aménagement des ports de commerce . . . . .	CXXIV
Construction et aménagement des ports de commerce (Entrepôts de la digue de Neustadt à Brême et entrepôts de Berlin) . . . . .	CXXV
Pont construit sur le Sutlej (Indes) . . . . .	CXXVI
Construction et aménagement des ports de commerce (Batiments de l'entrepôt de l'union du commerce à Rotterdam) . . . . .	CXXVII
id. id. id. . . . .	CXXVIII
Gares maritimes de New-York . . . . .	CXXIX
Construction du bassin à pétrole de Hambourg . . . . .	CXXX
Types d'écluses pour canaux maritimes (Canal d'Amsterdam à la mer du Nord) . . . . .	CXXXI
Consolidation de tranchées et remblais (Types généraux) . . . . .	CXXXII
Bassin de radoub de l'arsenal de Saïgon (Dispositions d'ensemble) . . . . .	CXXXIII
id. (Dispositions du chantier) . . . . .	CXXXIV
Projets de ponts métalliques à grande portée (Pont sur la Tamise à Londres. — Pont sur le fleuve St-Laurent près de Québec) . . . . .	CXXXV
Consolidation des terrains ébouleux. (Ligne du Bourbonnais section de Moret à Nevers) . . . . .	CXXXVI
Consolidation de tranchées et remblais . . . . .	CXXXVII
Le nouveau port d'Anvers . . . . .	CXXXVIII
id. . . . .	CXXXIX
Consolidation de tranchées et remblais . . . . .	CXL
Le nouveau port d'Anvers . . . . .	CXLI
Consolidation de tranchées et remblais . . . . .	CXLII
Consolidation de tranchées et de remblais (Remblai de la Valette) . . . . .	CXLIII
Consolidation de tranchées et de remblais id. . . . .	CXLIV

Drague à grande portée de la Société « Golden state and Miners iron works » de Californie. (Voir le texte page 1480.)



LES ANNALES DES TRAVAUX PUBLICS

# ANCIENS ÉTABLISSEMENTS CAIL

SOCIÉTÉ ANONYME — CAPITAL : VINGT MILLIONS

SUCCESSIONS DE LA SOCIÉTÉ CAIL ET C<sup>ie</sup>

SIÈGE SOCIAL ET ATELIER PRINCIPAL, 5, QUAI DE GRENELLE — PARIS  
**SUCCURSALES A DENAIN ET A DOUAI (Nord)**

Constructions Mécaniques, Travaux Publics, Matériel de Chemins de fer  
 INSTALLATIONS COMPLÈTES POUR SUCRERIES, RAFFINERIES, DISTILLERIES, BRASSERIES, MEUNERIES, ETC., ETC.

Locomotives pour entrepreneurs. — Locomotives de toutes puissances pour grandes lignes. — Locomotives depuis 1.500 kilogr. pour exploitations agricoles. — Locomotives routières. — Ponts roulants et tournants. — Grues roulantes. — Appareils d'élevage. — Marteaux pilons. — Machines à vapeur à 4 distributeurs (genre Corliss) et de tous autres systèmes. — Machines de bateaux. — Générateurs de tous systèmes. — Machines soufflantes pour hauts-fourneaux. — Appareils élévatoires pour alimentation d'eau des villes. — Ascenseurs hydrauliques. — Pièces de forge de toutes dimensions. — Pièces embouties pour générateurs. — Moules tournants pour bouteilles, système Chartier, etc., etc. — Constructions métalliques. Ponts en fer et en fonte. — Halles, marchés, bâtiments en fer. — Matériel de guerre. — Affûts et canons pour artillerie de terre et artillerie de marine.

**Huilerie**  **à Vapeur**  
 Croix d'Arcueil  
 97, route d'Orléans, à Montrouge, près Paris (Seine)  
**SAUTET**  
 Fournisseur de Chemins de fer et d'Entrepreneurs de Travaux publics  
 Huiles, Graisses, Suifs, Désincrustant spécial

**HUILES & GRAISSES POUR MACHINES**  
 RÉCOMPENSES AUX EXPOSITIONS  
**VERDIER, CAEN & C<sup>ie</sup>**  
 INGÉNIEURS DES ARTS ET MANUFACTURES  
 86, Avenue de Paris (Plaine St-Denis)  
 HUILES MINÉRALES RUSSES DE BAKOU (CAUCASE)  
**TÉLÉPHONE**

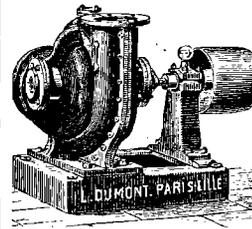
COMPAGNIE GÉNÉRALE DES  
**ASPHALTES DE FRANCE L<sup>d</sup>**  
 Seule concessionnaire pour la France des Mines SEYSSEL, Val-de-Travers, etc.  
  
 Médaille d'or aux mines de Seyssel (Exposition universelle de 1878).  
 Pour vente de matières et devis, s'adresser au Directeur de la Compagnie M. W.-H. DELANO, 117 et 119, quai Valmy, Paris.  
 M. Léon MALO, Ingénieur-Conseil

Plâtres, Chaux, Ciment, Laitier, Minéral  
 Ballast, Macadam, Béton  
**L. LOIZEAU**  
 Rue du Vieux-Colombier, 21  
 PARIS

**BROYEURS DE PIERRES**

RÉDUISANT  
 d'une seule opération  
 EN  
**SABLE DE MAÇONNERIE**  
 TRÈS RÉGULIER ET TRÈS PROPRE  
 tous moellons durs ou tendres  
 POUR  
 Génie, Chemins de fer, Travaux publics, etc.

## POMPES POUR TRAVAUX D'ÉPUISEMENT



**L. DUMONT**  
 PARIS, 55, rue Sedaine.

SUCCÈS JUSTIFIÉ PAR  
 6,500 APPLICATIONS  
 dont 1,200 aux Travaux publics

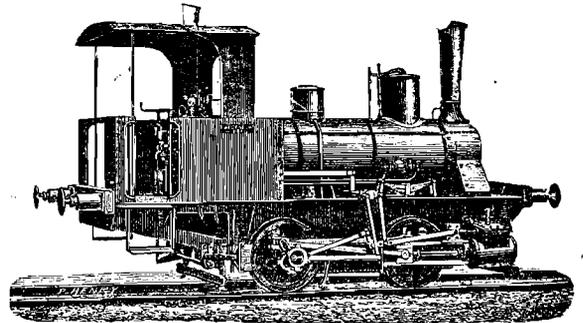
LOCATION DE MACHINES ET POMPES

Envoi franco du catalogue

## F. WEIDKNECHT

INGÉNIEUR-CONSTRUCTEUR

Ateliers de construction : boulevard Macdonald, n° 1.  
 Bureaux : 47, rue Paradis-Poissonnière et aux ateliers.



## MATÉRIEL POUR ENTREPRENEURS

**LOCOMOTIVES-TENDERS** à voies étroites et normales, du poids de 3 à 25 tonnes à vide, pour entrepreneurs, chemins de fer sur routes, tramways, mines, usines, etc.

**MATÉRIEL FIXE ET ROULANT** pour chemins de fer et travaux publics.

**RÉPARATION ET TRANSFORMATION DE LOCOMOTIVES** de tous systèmes, fabrication de roues montées pour locomotives et wagons, pose et retournage des bandages de roues.

**LOCOMOBILES-TAMBOURS** (brevetés s. g. d. g.) ou Treuils à vapeur pour extraction des mines, fossés des forts, terrassements par plans inclinés.

**LOCOMOBILES MI-FIXES ET SUR ROUES** de la force de 2 à 30 chevaux

**WAGONS** excavateurs, grues, broyeurs à mortier, broyeurs à sab, broyeurs concasseurs, sonnettes pour battage de piet pompes, pulsomètres, rails, plaques tournantes, aiguillage, croisements porteurs en fer.

**CHEMIN AÉRIEN** syst. BLEICHERT. pour transport de terre, houille minerais, betteraves, bois de construction, etc.

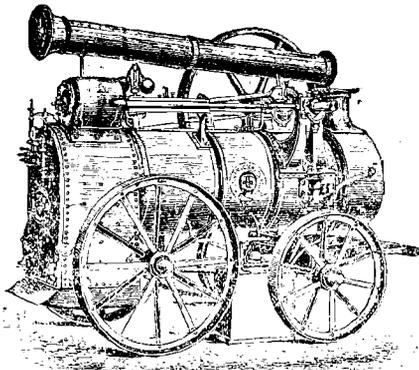
EXPOSITION UNIVERSELLE 1878 : 1 GRAND PRIX, 2 MÉDAILLES D'OR, 1 MÉDAILLE D'ARGENT

## L. CORPET, Ingénieur-Constructeur

Représentant de la Maison RUSTON \*, PROCTOR et C<sup>o</sup>, Constructeurs à Lincoln (Angleterre)

EXPOSITION UNIVERSELLE DE 1878 : DIPLOME D'HONNEUR

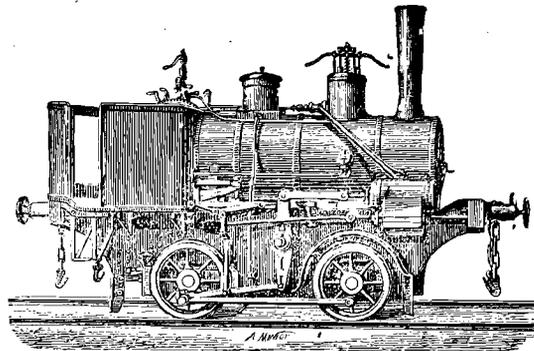
PARIS — 117, 119, Avenue Philippe-Auguste, 117, 119 — PARIS



**MACHINES LOCOMOTIVES**  
POUR EXPLOITATION DE CHEMINS DE FER  
ET TRAVAUX DE TERRASSEMENT.  
GRUES A VAPEUR A GRANDE PORTÉE

VENTE ET LOCATION

\* Envoi FRANCO du Catalogue sur demande.

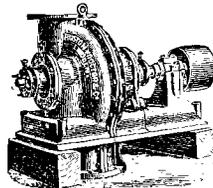


## BATEAUX A VAPEUR

CHAUDIÈRES DE TOUS SYSTÈMES  
INSTALLATION DE POMPES. — PORCEURS AUTOMATIQUES  
MÉCANIQUE. — CHAUDRONNERIE

IL Y A TOUJOURS EN MAGASIN  
117, Avenue Philippe-Auguste

DES MACHINES PRÊTES A LIVRER



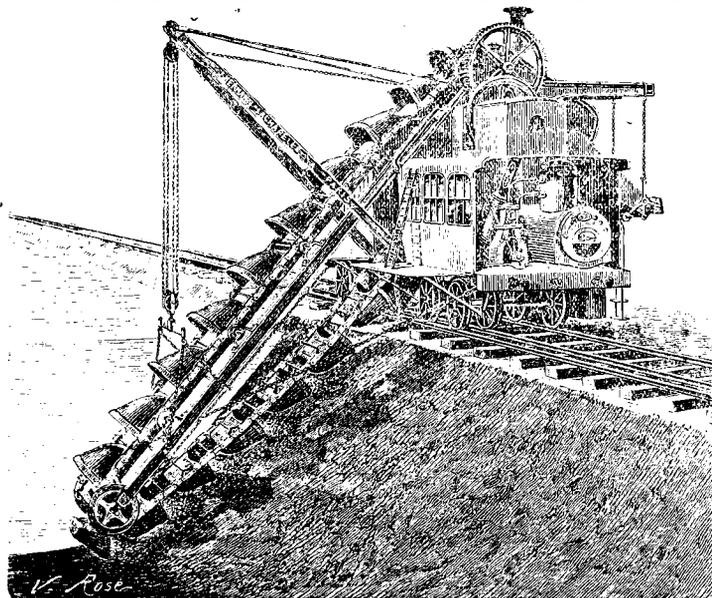
EXPOSITION UNIVERSELLE DE 1878, Médaille d'Or (Classe 52, Argent Classe 54) — 4 Diplômes d'honneur 1867, 1875, 1876, 1876  
Méd. d'Or et Gr. Méd. d'Or aux Expos. de Lyon et Moscou 1873; Méd. de Progrès, Vicars 1873. — Membre du Jury, aux Expos. de Paris, 1875 et 1879

Maison **HERMANN-LACHAPPELLE**, Ingénieur-Mécanicien  
J. BOULET et C<sup>o</sup>, Succ<sup>rs</sup>, rue Boissod, 31 et 33 (boul. Ornano, 4 et 6), Paris

## EXCAVATEURS SYSTÈME COUVREUX

POUR TRAVAUX DE TERRASSEMENT — CANALISATION — BALLASTAGE DES VOIES

Machines verticales  
—  
Machines horizontales  
—  
Chaudières à flamme directe  
—  
Machines fixes  
—  
Chaudières de tous systèmes  
—  
Matériel complet d'entrepreneurs  
—  
Machines à vapeur de tous systèmes  
—  
Grues



Moulins à farine  
—  
Batteuses — Pompes  
—  
Matériel d'irrigation  
—  
Appareils pour la fabrication des boissons gazeuses  
—  
Treillis  
—  
Pompes  
—  
Plans inclinés  
—  
Malaxeurs  
—  
Petites locomotives