

## Conditions d'utilisation des contenus du Conservatoire numérique

1- [Le Conservatoire numérique](#) communément appelé [le Cnum](#) constitue une base de données, produite par le Conservatoire national des arts et métiers et protégée au sens des articles L341-1 et suivants du code de la propriété intellectuelle. La conception graphique du présent site a été réalisée par Eclydre ([www.eclydre.fr](http://www.eclydre.fr)).

2- Les contenus accessibles sur le site du Cnum sont majoritairement des reproductions numériques d'œuvres tombées dans le domaine public, provenant des collections patrimoniales imprimées du Cnam.

Leur réutilisation s'inscrit dans le cadre de la loi n° 78-753 du 17 juillet 1978 :

- la réutilisation non commerciale de ces contenus est libre et gratuite dans le respect de la législation en vigueur ; la mention de source doit être maintenue ([Cnum - Conservatoire numérique des Arts et Métiers - https://cnum.cnam.fr](#))
- la réutilisation commerciale de ces contenus doit faire l'objet d'une licence. Est entendue par réutilisation commerciale la revente de contenus sous forme de produits élaborés ou de fourniture de service.

3- Certains documents sont soumis à un régime de réutilisation particulier :

- les reproductions de documents protégés par le droit d'auteur, uniquement consultables dans l'enceinte de la bibliothèque centrale du Cnam. Ces reproductions ne peuvent être réutilisées, sauf dans le cadre de la copie privée, sans l'autorisation préalable du titulaire des droits.

4- Pour obtenir la reproduction numérique d'un document du Cnum en haute définition, contacter [cnum\(at\)cnam.fr](mailto:cnum(at)cnam.fr)

5- L'utilisateur s'engage à respecter les présentes conditions d'utilisation ainsi que la législation en vigueur. En cas de non respect de ces dispositions, il est notamment passible d'une amende prévue par la loi du 17 juillet 1978.

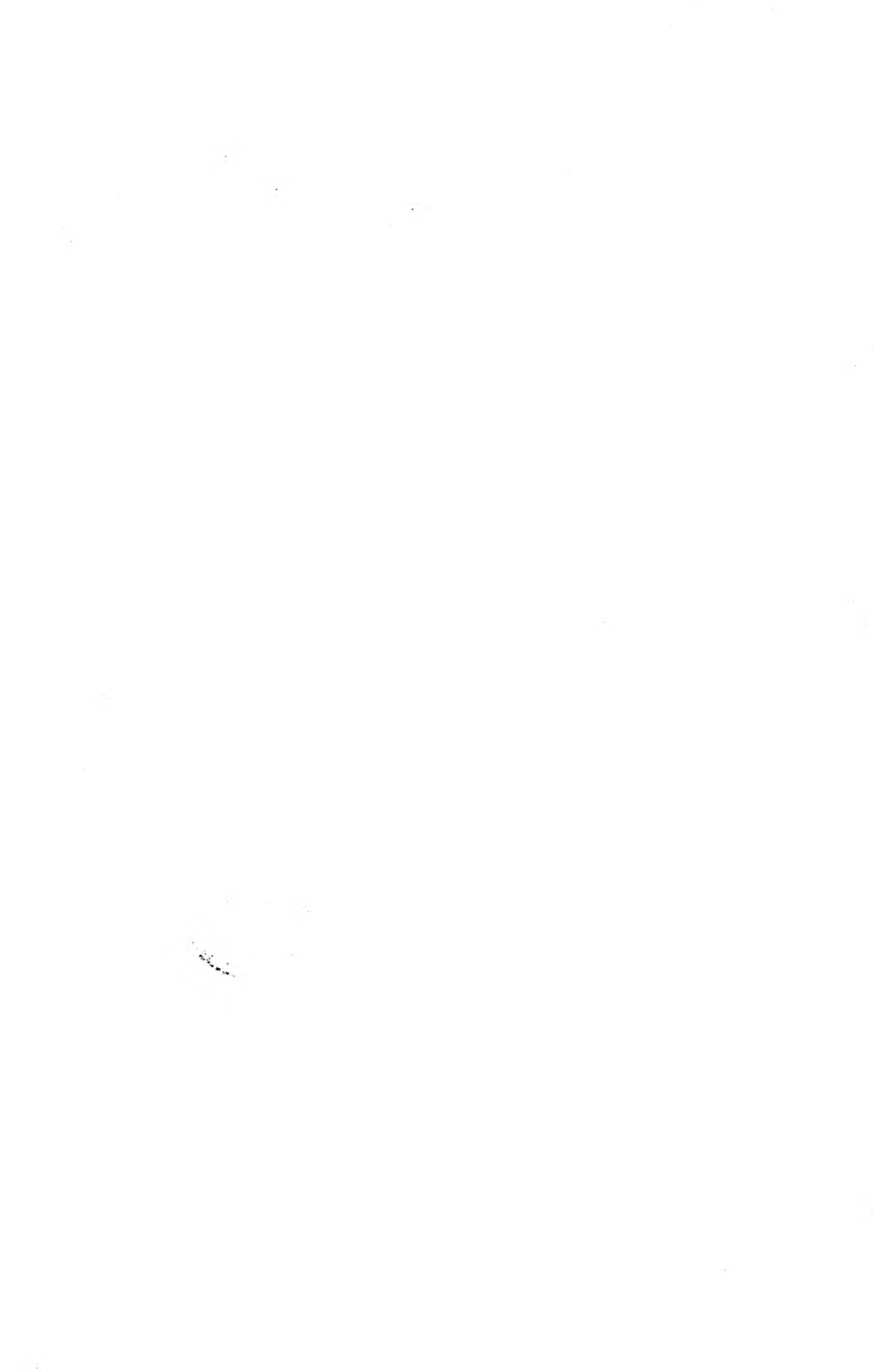
6- Les présentes conditions d'utilisation des contenus du Cnum sont régies par la loi française. En cas de réutilisation prévue dans un autre pays, il appartient à chaque utilisateur de vérifier la conformité de son projet avec le droit de ce pays.

NOTICE DE LA REVUE	
Auteur(s) ou collectivité(s)	Revue technique de l'exposition universelle de 1889
Auteur(s)	Revue technique de l'exposition universelle de 1889
Titre	Revue technique de l'exposition universelle de 1889
Adresse	Paris : E. Bernard et Cie, 1893
Collation	16 vol. ; in-8
Nombre de volumes	21
Cote	CNAM-BIB 8 Xae 353
Sujet(s)	Exposition universelle (1889 ; Paris)
Permalien	<a href="https://cnum.cnam.fr/redir?8XAE353">https://cnum.cnam.fr/redir?8XAE353</a>
LISTE DES VOLUMES	
	<a href="#">1. Première partie. L'architecture</a>
	<a href="#">2. Deuxième partie. La construction</a>
VOLUME TÉLÉCHARGÉ	<a href="#">3. Troisième partie. Les travaux publics</a>
	<a href="#">4. Quatrième partie. Mines et métallurgie</a>
	<a href="#">5. Quatrième partie. La minéralogie, la minéralurgie et la géologie</a>
	<a href="#">6. Cinquième partie. Les chemins de fer</a>
	<a href="#">7. Sixième partie. [Tome I] Chaudières à vapeur et machines thermiques</a>
	<a href="#">8. Sixième partie. Tome II. Chaudières à vapeur et machines thermiques</a>
	<a href="#">9. Septième partie. Mécanique générale. Machins outils. Hydraulique générale. Travail du bois. Travail des métaux. Machineries industrielles</a>
	<a href="#">10. Septième partie. Tome II. Les machines outils</a>
	<a href="#">11. Huitième partie. Électricité et applications</a>
	<a href="#">12. neuvième partie. Marine et arts militaires</a>
	<a href="#">13. Dixième partie. Arts industriels</a>
	<a href="#">14. Onzième partie. Industries chimiques</a>
	<a href="#">15. Onzième partie. Tome II. Industries chimiques</a>
	<a href="#">16. Première partie. Comptes-rendus des séances générales. Procès verbaux des séances de section. Listes des membres, etc</a>
	<a href="#">Atlas des 1re, 2e et 3e parties comprenant : Architecture. La construction. Travaux publics</a>
	<a href="#">Atlas des 4e et 5e parties comprenant : Mines et métallurgie. Chemins de fer (Signaux). Chemins de fer (Voie et matériel roulant)</a>
	<a href="#">Atlas de la 6e partie comprenant : Chaudières à vapeur. Machines à vapeur</a>
	<a href="#">Atlas des 7e et 8e parties comprenant : Hydraulique. Machines-outils. Electricité</a>
	<a href="#">Atlas des 9e, 10e, 11e parties comprenant Marine et Arts militaire, Arts industriels, Industries chimiques</a>

NOTICE DU VOLUME TÉLÉCHARGÉ	
Auteur(s) volume	Revue technique de l'exposition universelle de 1889
Titre	Revue technique de l'exposition universelle de 1889
Volume	<a href="#">3. Troisième partie. Les travaux publics</a>
Adresse	Paris : E. Bernard et Cie, 1893
Collation	1 vol. (226 p.) : ill. en noir et blanc ; 27 cm
Nombre de vues	230
Cote	CNAM-BIB 8 Xae 353 (3)



Sujet(s)	Exposition universelle (1889 ; Paris) Appareils de levage Ascenseurs et monte-charge Écluses
Thématique(s)	Expositions universelles
Typologie	Revue
Langue	Français
Date de mise en ligne	15/12/2020
Date de génération du PDF	06/02/2026
Recherche plein texte	Disponible
Notice complète	<a href="https://www.sudoc.fr/106718762">https://www.sudoc.fr/106718762</a>
Permalien	<a href="https://cnum.cnam.fr/redir?8XAE353.3">https://cnum.cnam.fr/redir?8XAE353.3</a>



70 526

80 Mai 353<sub>3</sub>

# REVUE TECHNIQUE DE L'EXPOSITION UNIVERSELLE DE 1889

PAR UN COMITÉ D'INGÉNIEURS, DE PROFESSEURS  
D'ARCHITECTES ET DE CONSTRUCTEURS

~~~~~  
**CH. VIGREUX, FILS**

Ingénieur des Arts et Manufactures

Inspecteur du Service mécanique et électrique à l'Exposition Universelle de 1889

Secrétaire de la Rédaction  
~~~~~

**ORGANE OFFICIEL**  
DU CONGRÈS INTERNATIONAL DE MÉCANIQUE APPLIQUÉE

Tenu à Paris du 16 au 21 Septembre 1889



PARIS

E. BERNARD et C<sup>ie</sup>, IMPRIMEURS-ÉDITEURS

53<sup>ter</sup>, Quai des Grands-Augustins, 53<sup>ter</sup>

1893



TROISIÈME PARTIE



LES TRAVAUX PUBLICS



## TROISIÈME PARTIE

---

# LES TRAVAUX PUBLICS

---

## CANAUX, PORTS MARITIMES & FLUVIAUX

PAR

M. FLAMANT

INGÉNIEUR EN CHEF DES PONTS ET CHAUSSÉES

---

### ASCENSEURS HYDRAULIQUES des Fontinettes et de la Louvière

Lorsque l'on établit des canaux de navigation dans des régions accidentées on peut être obligé de faire franchir aux bateaux de grandes dénivellations sur un faible parcours ; les écluses à sas superposées ont été pendant longtemps le seul moyen employé pour résoudre le problème.

Mais cette solution primitive offre beaucoup d'inconvénients : le passage des bateaux dans ce groupe d'écluses demande beaucoup de temps et exige une grande consommation d'eau, de sorte que si la fréquentation du canal est suffisamment grande, ce système devient inapplicable et il faut en chercher un autre.

On peut, comme on l'a fait en France au canal du Centre, conserver la forme ordinaire des écluses à sas et augmenter leur chute. La durée de l'éclusage se trouve alors réduite dans de grandes proportions, et ce système n'offre guère de prise aux critiques qu'au point de vue de la consommation d'eau, qui reste aussi grande qu'auparavant.

Cet inconvénient de la grande dépense d'eau disparaît par l'emploi des plans inclinés et des ascenseurs hydrauliques. Ces derniers appareils sont peut être les

plus remarquables, et ils sont d'invention toute récente, puisque, à notre connaissance, il n'en existe que trois en fonctionnement, à l'heure actuelle dans toute l'Europe, savoir :

Celui d'Anderton en Angleterre,

Celui des Fontinettes en France,

Et enfin celui de la Louvière en Belgique.

La description de ces deux derniers ascenseurs va faire l'objet de cette note.

L'ascenseur des Fontinettes, sur le canal de Neufossé, a été construit de 1883 à 1887; celui de la Louvière, sur le canal du centre belge, de 1885 à 1888. Ces appareils ingénieux ont complètement résolu le problème de l'élévation, à une hauteur d'une quinzaine de mètres, d'un bateau chargé de 300 à 400 tonnes.

L'avant-projet des deux ascenseurs a été dressé par MM. L. Clark, Standfield et Edwin Clark; ce dernier est l'auteur du projet du premier ascenseur hydraulique pour bateaux, établi à Anderton, en Angleterre.

L'ascenseur de la Louvière a été exécuté sous la direction de l'Administration des ponts et chaussées de l'État belge; la Société Cokerill avait l'entreprise de la partie métallique.

L'ascenseur des Fontinettes a été exécuté sous la direction de l'Administration des ponts et chaussées de France.

La partie métallique de l'ascenseur des Fontinettes a été exécutée par la maison Cail, qui avait confié les études et les travaux à son ingénieur en chef, M. Brunet.

M. Gruson, ingénieur en chef des ponts et chaussées, et M. Cêtre, ingénieur ordinaire, ont dirigé les travaux.

Comme le principe de ces deux ascenseurs est le même, et qu'ils ne diffèrent que dans les détails, la description peut en être faite simultanément, après quelques indications particulières sur la situation de chacun d'eux.

L'ascenseur des Fontinettes est construit à côté de l'écluse du même nom. Cette écluse se compose de cinq sas superposés rachetant ensemble une chute de 13<sup>m</sup>,13. Ces sas n'ont qu'une longueur utile de 34<sup>m</sup>,80 à 35<sup>m</sup>,10, et ne peuvent par conséquent livrer passage aux bateaux de 38<sup>m</sup>,50, déplaçant 300 tonnes.

On a creusé une dérivation parallèle à l'écluse sur la rive droite du canal. Le plafond de cette dérivation, dont la largeur est de 17<sup>m</sup>,95, est réglé à 2<sup>m</sup>,20 au dessous du plan d'eau.

Au point où la dérivation passe du déblai au remblai est placé une écluse de garde de 6 mètres d'ouverture. Un pont canal métallique à deux voies indépendantes, de 20<sup>m</sup>,80 de portée et de même largeur que les sas, permet de franchir le chemin de fer de Boulogne à Saint-Omer qui passe en cet endroit. Les sas, amenés à leur position supérieure, sont dans le prolongement immédiat du pont-canal. Le raccordement avec le bief d'aval s'opère, au sortir de la cale sèche, par un simple élargissement du canal.



L'ascenseur de la Louvière est le premier construit d'un groupe de quatre ascenseurs nécessaires à l'achèvement du canal du Centre belge, entre la Louvière et Thieu, sur une longueur de 7 kilomètres, et rachetant ensemble une chute de 66<sup>m</sup>,96; celui de la Louvière rachète une chute moyenne de 15<sup>m</sup>,397.

Le canal du Centre est destiné à relier le canal de Mons à Condé à celui de Charleroi à Bruxelles. La différence de niveau à racheter sur un faible parcours et la difficulté d'alimentation du canal ont fait renoncer aux écluses à sas et adopter de grands ascenseurs pouvant contenir des bateaux de 39<sup>m</sup>,10 de longueur (y compris le gouvernail) de 5 mètres de largeur, d'un tirant d'eau maximum de 2<sup>m</sup>,10 et déplaçant 360 tonnes. Deux aqueducs de 10<sup>m</sup>,80 de portée et de même largeur que les sas sont établis entre l'ascenseur proprement dit et le bief amont. A l'aval existent deux raccords métalliques de 3 mètres de longueur.

## Principes du fonctionnement des ascenseurs

Chacun des deux ascenseurs se compose de deux caissons métalliques de mêmes dimensions, contenant de l'eau, supportés par deux pistons qui plongent dans des cylindres de presses hydrauliques. Les deux presses communiquent par une conduite munie d'une vanne qui sert soit à les isoler l'un de l'autre, soit à les faire communiquer ensemble.

Les caissons sont de véritables sas mobiles dans lesquels on peut amener les bateaux qui ont à franchir la dénivellation. Le poids d'un sas étant le même, qu'il contienne ou non un bateau, pourvu que le niveau de l'eau n'y varie pas, l'ensemble du système forme une balance hydraulique, et un léger excès d'eau dans l'un des sas détermine la descente de ce sas et l'ascension de l'autre, lorsque l'on ouvre la vanne de communication.

## Sas mobiles

Aux Fontinettes, les sas sont distants de 12<sup>m</sup>,15 d'axe en axe; la longueur totale d'un sas est de 40<sup>m</sup>,35 et sa longueur utile de 39<sup>m</sup>,50. Il est formé de deux poutres à âme pleine, en forme de double T dont l'espacement d'axe en axe est 5<sup>m</sup>,60. L'épaisseur de l'âme est de 15 millimètres. Les plates bandes ont 400 millimètres de largeur, et les dimensions des cornières sont 130 × 130 × 13.

Les poutres sont à hauteur variable. La plate bande supérieure est horizontale. Leur plate-bande inférieure est horizontale aussi sur une longueur de 3 m. au milieu de la portée des poutres. En cet endroit la hauteur d'une poutre est de 5<sup>m</sup>,50. De part et d'autre, la plate-bande inférieure s'incline, en sorte qu'aux abouts d'un sas la hauteur des poutres n'est que de 3<sup>m</sup>,50.

Les poutres sont reliées par des pontrelles en forme de double T, formées d'une âme de  $525 \times 8$  et de 4 cornières de  $80 \times 80 \times 10$ , entretoisés par 3 cours de longerons de 400 millimètres de hauteur, à treillis, sur lesquels est rivé un bordé étanche de 10 millimètres d'épaisseur. Ce bordé forme le fond du sas, qui se trouve à 2<sup>m</sup>,57 au-dessous du niveau de la plate-bande supérieure. Le mouillage normal dans le sas est de 2<sup>m</sup>,10.

Les pontrelles et les longerons sont remplacés, au droit de la tête du piston qui supporte le sas, par quatre sommiers en double T à âme pleine, de 1<sup>m</sup>,500 de hauteur, avec cornières de  $\frac{120 \times 120}{12}$ . Ces sommiers, espacés de 1 mètre sont fortement entretoisés par d'autres fers à double T de mêmes dimensions générales, mais à treillis.

C'est par l'intermédiaire de ces fortes pièces que le sas repose sur la tête de son piston, élargie au moyen de fortes nervures et présentant la forme d'un rectangle de 3<sup>m</sup>,45 sur 3<sup>m</sup>,10. (Voir les planches de l'atlas.)

Au niveau normal de la flottaison, sur les parois intérieures du sas, sont boulonnées des lisses en chêne de  $25 \times 20$ , destinées à amortir les chocs des bateaux sur les plate-bandes.

On vient de voir qu'aux Fontinettes les poutres forment les parois latérales du sas ; à la Louvière il n'en est pas ainsi ; les poutres sont indépendantes du sas qu'elles supportent.

Les sas sont distants de 9<sup>m</sup>,85 d'axe en axe ; la longueur totale d'un sas est de 43 mètres, de façon qu'il puisse recevoir des bateaux mesurant 39<sup>m</sup>,10 avec leur gouvernail. (Voir les planches.)

Les deux poutres à treillis sont du système Linville. Leur hauteur maximum, en leur milieu, est de 6 mètres et leur hauteur minimum aux extrémités, est de 4 mètres ; leur espacement d'axe en axe est de 6<sup>m</sup>,496. Le sas s'appuie sur la tête du piston qui présente la forme d'un carré de 3<sup>m</sup>,20 de côté par l'intermédiaire de 4 sommiers en fer à double T, formés d'une âme de 1<sup>m</sup>,50 de hauteur et de 25 millimètres d'épaisseur, de 4 cornières de  $\frac{150 \times 150}{16}$  et de plate-bandes formées de 3 tôles de  $500 \times 15$ .

Ces sommiers sont espacés de 0<sup>m</sup>,933 d'axe en axe et sont assemblés aux poutres par des poteaux montants de même espacement.

De part et d'autre de ce système central les poteaux montants sont espacés de 2<sup>m</sup>,50 d'axe en axe. Tous les poteaux montants sont des fers à double T formés par une âme de  $600 \times 15$ , des cornières de  $\frac{120 \times 120}{12}$  et des plate-bandes variant de  $300 \times 15$  à  $400 \times 15$ . Ils sont assemblés par des goussets aux portions pleines des doubles âmes de la poutre dont ils font partie. Les cornières des poutres ont  $\frac{120 \times 120}{12}$  leurs plates-bandes sont des tôles de  $900 \times 12$  en nombre variable.

Les diagonales sont des fers méplats dont la section varie de  $420 \times 25$  au milieu à  $130 \times 25$  aux abouts.

Les poutres sont reliées par des poutrelles formées d'une âme de  $700 \times 15$  et de cornières de  $\frac{80 \times 80}{10}$  avec plates-bandes de  $300 \times 10$ .

Ces poutrelles sont entretoisées par 7 cours de longerons de 180 de hauteur en fer laminé, sur lesquelles on rive le bordé étanche de 12 millimètres que forme le fond du sas, situé à 3<sup>m</sup>,25 au-dessous du niveau de la plate-bande supérieure des poutres. Le mouillage normal dans le sas est de 2<sup>m</sup>,30.

Le bordé latéral est formé par une tôle de 10 millimètres rivée aux poteaux montants et rendue rigide par deux fers en *u* de  $\frac{200 \times 80}{10}$  placés respectivement à 0<sup>m</sup>,650 et 1<sup>m</sup>,400 au dessus du fond du sas. Un troisième fer en *u*, de  $\frac{145 \times 60}{80}$  rivé sur le bordé latéral au niveau normal de l'eau dans le sas, soit à 2<sup>m</sup>,40 au dessus du fond, sert à soutenir un bordage en bois formé de deux pièces accolées de  $13 \times 21$  et  $14 \times 21$ , destinées à amortir les chocs des bateaux.

Les aqueducs situés à l'amont des deux ascenseurs et les raccordements métalliques de la Louvière ont les mêmes dispositions générales que les sas.

## Portes levantes aux abouts des sas et aux extrémités des biefs

Dans les deux ascenseurs les sas sont terminés à leurs abouts par des portes levantes qui glissent dans des rainures ménagées à cet effet dans les poutres.

Les extrémités des ponts-canaux terminant le bief supérieur et des aqueducs terminant le bief inférieur sont également fermées par des portes levantes qui glissent dans des rainures. Les portes correspondantes d'un sas et d'un bief se manœuvrent simultanément après avoir été rendues solidaires. Entre ces deux portes existe un espace nuisible qu'il faut garnir d'un joint et remplir d'eau avant de commencer la manœuvre de levage ; on verra plus loin comment ce joint a été formé dans les deux ascenseurs.

Aux Fontinettes l'ossature d'une porte comprend deux entretoises horizontales et six aiguilles verticales. La première entretoise, placée au haut de la porte, est un fer en U formé d'une âme de  $300 \times 8$  et de deux cornières de  $\frac{90 \times 90}{8}$  la deuxième entretoise, placée à 1<sup>m</sup>,97 au dessous du niveau de la première, est un fer à double T formé d'une âme de  $400 \times 8$  et de quatre cornières de  $\frac{90 \times 90}{8}$

Les aiguilles verticales sont des fers à double T formés d'une âme de 8 millimètres de hauteur variable, et de 4 cornières de  $\frac{70 \times 70}{8}$

Le bordé étanche est formé par une tôle de 10 millimètres d'épaisseur, dans laquelle est ménagée une double ouverture rectangulaire sur laquelle s'adapte une ventille glissante.

Enfin une cornière de  $\frac{85 \times 85}{8}$  entoure la porte.

Les portes des aqueducs sont suspendues seules aux chaînes de levage, par l'intermédiaire de rondelles Belleville disposées de façon à remplir l'office d'un ressort à boudin, pour amortir les chocs.

L'accrochage des portes d'amont se fait à la main en faisant tomber un crochet en col de cygne fixé à la porte du sas dans une chape fixée à la porte de l'aqueduc.

A l'aval l'accrochage se fait automatiquement. Quand on soulève la porte du canal, des crochets solidaires de cette porte viennent se placer dans des chapes disposées un peu au dessus et solidaires de la porte du sas ; mais ces dernières ne peuvent être décrochées que par un mouvement d'abaissement du sas.

Les portes sont guidées dans leurs mouvements par des cornières garnies de caoutchouc, fixées au sas et à l'aqueduc, puis par d'autres cornières fixées à un portique, et entre lesquelles glissent les ailes saillantes des cornières qui forment le pourtour des portes.

Sur le portique est placé l'appareil moteur qui permet d'opérer le levage des portes. Ce moteur est une presse hydraulique dont le piston a 0<sup>m</sup>,310 de diamètre. Le diamètre de la tige du piston est 0<sup>m</sup>,215, la course de ce piston est 1<sup>m</sup>,09. L'eau agit à la pression de 26 k. 500 environ. La petite face du piston est constamment en communication avec cette eau comprimée. La grande face peut être mise à volonté en communication avec l'eau comprimée ou l'atmosphère, au moyen d'un distributeur analogue à celui des grandes presses, que nous décrirons plus loin.

Le piston de la presse porte sur son prolongement deux crémaillères guidées par des sommiers, et qui engrènent avec des pignons placés sur les axes des deux poulies à empreintes, sur lesquelles passent les deux chaînes de suspension. Chacune de ces chaînes passe encore sur une autre poulie et se termine enfin par un contrepoids de 3 400 kilogrammes, de sorte que chaque presse n'a plus à vaincre qu'un effort égal à la 1/2 somme des poids des portes diminuée de 3 400 kilogrammes.

Le rapport des diamètres des pignons et des poulies à empreintes correspondantes est de 5,5 (le diamètre des poulies étant 0<sup>m</sup>,105) ; il en résulte que l'effort maximum à vaincre, qui mesuré sur la circonférence de la poulie, est de 700 kilogrammes, devient égal à 3 750 kilogrammes lorsqu'on le mesure sur la circonférence du pignon, et par suite sur le piston. D'autre part l'effort sur ce piston, étant données ses dimensions, est de 10 335.

A la Louvière, chaque porte a 3<sup>m</sup>,385 de hauteur et 6<sup>m</sup>,05 de largeur, son ossature se compose de 4 entretoises horizontales et 11 aiguilles verticales.

La première entretoise, située à la partie supérieure de la porte, est une cornière de 100 × 100 × 10. La suivante, placée à 1<sup>m</sup>,35 au-dessous du niveau de la première, à double T formé par une âme de 200 × 10 et de cornières de 80 × 80 × 8. La troisième, à 1 mètre (d'axe en axe) de la seconde, est un fer à double T formé par une âme de 200 × 10 des cornières de 100 × 80 × 8. Enfin la dernière, en bas de la porte, à 1 mètre de la troisième, est une cornière de 80 × 80 × 8, sur laquelle est appliquée une garniture de caoutchouc de 40 d'épaisseur et de 150 de largeur, qui porte extérieurement une bande de tôle de 80 × 15. L'ensemble de ces trois pièces règne également sur les côtés latéraux de la porte.

Les aiguilles verticales sont des cornières de 80 × 80 × 8 espacées de 0<sup>m</sup>,50.

L'accrochage des portes se fait d'une façon plus simple qu'aux Fontinettes. Il suffit de tourner une manivelle horizontale placée sur une passerelle fixée à la porte de l'aqueduc pour que, au moyen d'une transmission très simple, deux doigts horizontaux, mobiles autour d'axes verticales, viennent s'engager dans des crochets fixés à la porte du sas. Le mouvement de la manivelle entraîne en même temps l'ouverture d'une ventelle destinée à remplir l'espace nuisible compris entre les portes.

Les portes sont guidées dans leurs mouvements par des fers en U formés de 2 cornières de 150 × 50 × 11 entre les ailes desquelles vient s'engager la garniture de caoutchouc dont il a été parlé plus haut. Ces fers en U sont fixés les uns aux parois de l'aqueduc et du sas, les autres, dans le prolongement des premiers, à un portique spécial sur lequel s'appuient les différentes poulies de renvoi des chaînes.

Les appareils moteurs sont des presses multiplicatrices du type Armstrong à 8 paires de poulies. Le diamètre des pistons pour toutes ces presses est de 325 millimètres. La course des presses de soulèvement des portes amont est de 1<sup>m</sup>,90, celle des presses des portes aval de 2<sup>m</sup>,05. Les poulies des presses ont 665 de diamètre et 95 de gorge.

Il y a 3 chaînes de suspension par porte. Mais la presse correspondante n'agit que sur la chaîne centrale. L'effort est produit sur les deux autres au moyen d'un contrepoids de 2200 kilogrammes environ placé dans le portique latéral. Ce contrepoids est suspendu à une poulie dans laquelle passe une chaîne dont les deux brins remontent le long du portique, passent dans la gorge de plusieurs poulies et enfin s'attachent à la porte.

Les deux presses qui servent à la manœuvre des portes d'amont sont placées l'une près de l'autre entre les extrémités des deux ponts-canaux, leur grand axe étant dirigé dans le sens de la longueur de l'ouvrage.

Les deux presses qui servent à la manœuvre des portes d'aval sont placées obliquement sous le plafond des aqueducs de raccordement.

## Jointts étanches entre les sas et aqueducs

On a déjà dit qu'avant de procéder à l'ouverture d'une paire de portes, il fallait étancher et remplir d'eau l'espace nuisible qui se trouve nécessairement entre elles.

Aux Fontinettes, les sas et les aqueducs sont terminés à leurs abouts par des boucliers formés de tôles plates situées dans des plans verticaux. A la tôle du sas est fixée une poche ou culotte constituée par une feuille de caoutchouc repliée convenablement. Cette poche est dégonflée pendant que le sas opère ses mouvements de montée, et, par conséquent, elle ne les gêne pas. Quand le sas est à l'extrémité de sa course, on fait arriver de l'air comprimé dans la culotte qui se gonfle et s'applique alors sur le bouclier de l'aqueduc en fermant le joint étanche. Il ne reste plus qu'à ouvrir les ventelles dont on a parlé plus haut pour supprimer la pression et rendre possible la manœuvre des portes.

Les poches de caoutchouc ont été faites par tronçons (7 par poche) dans des moules spéciaux. Dans l'épaisseur du caoutchouc on a placé deux bandes de toile destinées à augmenter sa raideur, à empêcher les déchirures.

Chaque tronçon a ensuite subi une cuisson de 4 heures dans la vapeur d'eau à la pression de 3 atmosphères  $1/2$ .

Les tronçons ont été soudés en laissant déborder les bandes de toile entre lesquelles on en plaçait une troisième, et en enduisant le tout de caoutchouc dessous, puis en soumettant la soudure à un courant de vapeur de 3 atmosphères.

Il faut enfin signaler les ressorts en acier qui recouvrent le caoutchouc et le protègent contre les frottements qui s'exercent sur lui lorsqu'on fait varier le niveau des sas, les poches étant gonflées.

L'air comprimé nécessaire au gonflement des culottes de caoutchouc est fourni par un compresseur d'air situé dans le bâtiment des machines. La force motrice est obtenue au moyen d'une courroie de transmission qui relie une poulie calée sur l'arbre de couche de compresseur à une poulie calée sur l'axe horizontal d'une turbine spéciale ; d'une force de 15 chevaux.

Le compresseur d'air est une pompe à double effet composé d'un cylindre dans lequel se meut un piston de 0<sup>m</sup>,18 de diamètre, dont la course est de 0<sup>m</sup>,240. Ce piston est actionné par une bielle et une manivelle calée sur l'arbre qui reçoit le mouvement. Cet arbre fait 90 tours à la minute.

Le compresseur peut être débrayé en calant les soupapes d'aspiration au moyen d'une vis.

Afin d'éviter tout échauffement, le cylindre du compresseur a été entouré d'une chemise d'eau. L'eau employée est prise et rendue à la conduite d'alimentation des pompes de compression d'eau dont il sera parlé plus loin.

Les soupapes d'aspiration reçoivent constamment aussi l'eau en filet mince.

L'air comprimé se rend par un tuyau à un réservoir d'air de 0<sup>m</sup>,68 de diamètre et de 1<sup>m</sup>,50 de hauteur. Sur le tuyau d'amenée sont installés un robinet d'isolement, un manomètre et une soupape de sûreté.

Un autre tuyau amène l'air du réservoir aux poches en caoutchouc. Un robinet à trois voies monté sur ce dernier tuyau permet de mettre les poches en communication, soit avec l'air atmosphérique, soit avec l'air comprimé. Ce robinet est manœuvré au moyen d'une clé à douille. Un cadran indicateur indique la position du robinet.

A la Louvière, le joint étanche a été obtenu d'une façon moins simple.

Aux abouts du sas et du raccordement métallique sont fixées extérieurement au bordé de part et d'autre, des cornières de  $\frac{150 \times 100}{12}$ , réunies au-dessous des seuils des portes par des fers plats. Les ailes des cornières et ces fers plats sont dans deux plans inclinés 1/10 l'un sur l'autre (un de ces plans étant vertical). Entre ces deux plans on enfonce au coin de même inclinaison; ce coin, formé de méplats et de cornières, est une sorte de cadre dont on aurait enlevé le 4<sup>e</sup> côté et dont les faces sont garnies de bandes de caoutchouc dont la section affecte la forme d'un trapèze de 40 millim.  $\times$  60 millimètres de bases et 80 millimètres de hauteur.

Les côtés latéraux du coin d'amont ont 3<sup>m</sup>,370 de hauteur. La largeur entre leurs bords extérieurs est de 6<sup>m</sup>,18. Ce coin s'amincit vers le bas (sa largeur varie de 0,507 à 0,170), en sorte que l'établissement du joint exige une traction de haut en bas.

A cet effet, la branche horizontale du coin est reliée en son milieu au piston d'une presse différentielle fixée au-dessous du fond du raccordement métallique. Le diamètre du piston de cette presse est de 0<sup>m</sup>,18, le diamètre de la tige de ce piston est de 0<sup>m</sup>,06 et sa course peut atteindre 0<sup>m</sup>,38. En temps normal, la petite face du piston communique avec l'eau comprimée, tandis que la grande face communique avec l'atmosphère et, par suite, le coin est en haut de sa course. Il suffit d'établir la communication de la grande face du piston avec l'eau comprimée pour faire descendre le coin et opérer le serrage.

Les côtés latéraux du coin d'aval ont 3<sup>m</sup>,430 de hauteur. La largeur entre leurs bords intérieurs est comme pour le coin d'amont de 6<sup>m</sup>,18. Le coin s'amincit vers le haut (sa largeur varie de 0,520 à 0,177) et l'établissement du joint exige une pression de bas en haut.

A cet effet, la branche horizontale du coin repose en son milieu, par l'intermédiaire d'un bâtis en fonte dont la plus grande longueur est 1<sup>m</sup>,40, et la plus grande largeur 0<sup>m</sup>,30, sur le piston d'une presse hydraulique ordinaire. Le diamètre de ce piston est de 0<sup>m</sup>,13. Sa course peut atteindre 0<sup>m</sup>,400. Le diamètre intérieur de la presse est de 0<sup>m</sup>,160.



Le bâtis de cette presse est un rectangle de fonte de  $0,400 \times 0,300 \times 0,35$ , fixé à la maçonnerie de cale sèche par 4 boulons.

Les coins sont guidés dans leurs mouvements par deux galets de 10 millimètres de diamètre fixés extérieurement aux côtés latéraux des coins et qui roulent sur un méplat de 10 millimètres relié par une cornière de  $\frac{150 \times 90}{11}$  aux boucliers de l'aqueduc (pour le coin d'amont) et du raccordement métallique (pour le coin d'aval).

L'eau comprimée qui sert à l'alimentation des presses est prise à l'accumulateur dont nous parlerons plus loin.

Ce système de formation du joint étanche à l'inconvénient de produire une poussée horizontale sur le piston, poussée qui vient s'ajouter à celles qu'on ne pouvait éviter. C'est pourquoi le système des Fontinettes semble préférable.

## Tours-Passerelles

Aux Fontinettes il n'existe que trois tours en maçonnerie, situées dans la partie moyenne de l'ascenseur. Ces tours, dont la section est indiquée plus haut, sont fondées sur pilotis, elles ont environ 23 mètres de hauteur. Les deux tours extérieures contiennent les compensateurs, dont il sera question plus loin, et au haut de la tour centrale est établie la chambre du mécanicien, qui domine tout l'appareil. Un escalier construit dans la tour permet d'accéder à cette chambre. Les marches de cet escalier sont encastrées d'un côté dans les murs de la tour, de l'autre dans les parois extérieures d'une cheminée centrale où passent les leviers de manœuvre.

En outre une passerelle métallique conduit de l'extrémité aval du pont-canal à cette chambre de manœuvre.

A la Louvière le guidage en aval a nécessité l'établissement de trois tours, de sorte qu'avec les piles des aqueducs, on a neuf tours métalliques dont il serait sans intérêt de donner les dimensions détaillées.

Pour assurer la résistance de ces neuf tours, on les a fortement boulonnées, à leur base, sur les massifs de maçonnerie qui entourent les cales sèches, et on les a reliées à leur partie supérieure par de fortes charpentes métalliques. Celles de ces charpentes qui réunissent les tours extérieures portent un tablier au niveau de l'aqueduc d'amont, de façon à former des passerelles de circulation autour des sas.

Les trois tours centrales sont réunies par une charpente spéciale placée de telle façon qu'il y ait un espace de  $4^m,20$  entre le dessous de ces charpentes et le niveau de flottaison d'amont. La chambre du mécanicien est établie dans cette charpente.

Enfin un escalier établi dans la tour du milieu d'aval permet d'accéder de la



plate-forme située entre les deux cales sèches à la passerelle de circulation autour des sas.

Aux Fontinettes, la communication entre les presses a lieu à la partie inférieure de celles-ci, au moyen d'une conduite en fer de 0<sup>m</sup>,25 de diamètre intérieur, qui est coudée à 180° à sa sortie sous le fond de chaque presse, remonte les puits et présente une branche horizontale entre les deux puits, au fond de la cale sèche. C'est sur cette branche horizontale qu'on a établi la vanne de communication et des tubulures qui font communiquer la conduite avec deux distributeurs destinés soit à laisser échapper l'eau de l'une quelconque des presses, soit au contraire d'y introduire de l'eau sous pression.

La communication par le fond des presses exige l'emploi d'une tuyauterie à haute pression d'une grande longueur (de deux fois la profondeur des puits); son établissement et son entretien sont des sujétions gênantes, dont on s'est affranchi à la Louvière.

Dans cet ascenseur, les presses communiquent à leur partie supérieure au moyen de deux distributeurs circulaires en fonte, en forme de tore creux, de 0<sup>m</sup>,25 de diamètre intérieur qui les entourent et qui sont munis de petits tubes en acier de 0<sup>m</sup>,05 de diamètre débouchant sur la paroi intérieure des presses. Les petites ouvertures dans lesquelles on vient visser ces tubes affaiblissent très peu la résistance de la virole dans laquelle elles sont placées, et les tubes d'acier, par leur grand nombre, donnent une grande élasticité au système de raccordement, qui semble parfait.

Les deux tores, placés en regard l'un de l'autre, sont réunis par une tuyauterie spéciale, qui comporte, comme l'ascenseur des Fontinettes, une vanne de communication et deux distributeurs.

## Vannes de communication

Aux Fontinettes, le corps de la vanne est une tubulure en fonte de 250 millimètres de diamètre, portée sur un socle également en fonte, et aux extrémités de laquelle sont fixées les brides de la conduite de communication entre les presses dont il vient d'être parlé.

La vanne proprement dite est un coin en fonte dont les faces glissantes sont munies d'une garniture en cuivre fixée par des vis, et qui se meut verticalement dans une rainure à section trapézoïdale. Au-dessus de cette vanne on a ménagé une coupole où elle vient se loger. Quand elle est abaissée, l'eau comprimée peut s'introduire dans la coupole par suite du jeu de la vanne dans sa rainure, en sorte que la coupole est constamment pleine d'eau sous pression.

La vanne peut être soulevée soit mécaniquement, à l'aide d'une presse hydraulique, soit à la main.

La presse hydraulique à double effet servant à la manœuvre de la vanne de communication est située au-dessus de la vanne, son piston, dont le diamètre est de 200 millimètres, est monté sur la tige de cette vanne. Ce piston porte au-dessus de sa face supérieure un manchon cylindrique de 182 millimètres de diamètre qui traverse le second fond du cylindre, en sorte que l'eau comprimée admise sur la face supérieure n'agit que sur un espace annulaire de 9 millimètres de largeur, tandis que de l'autre côté elle agit sur l'espace annulaire compris entre le cylindre et la tige du piston, soit sur un anneau de 150 millimètres de largeur. La face supérieure est constamment en communication avec la coupole de la vanne, qui est toujours remplie d'eau comprimée, la vanne est donc fermée à l'état normal. Pour la lever, il suffit d'introduire l'eau comprimée sous la face inférieure du piston, ce qui se fait au moyen d'un distributeur monté sur un tuyau venant de l'accumulateur. Ce tuyau passe dans la chambre de manœuvre, au haut de la tour centrale, et c'est dans cette chambre qu'est placé le distributeur, sur le même bâti que le treuil servant à la manœuvre à la main.

Le corps de ce distributeur est un cylindre en cuivre sur lequel sont fixées trois tubulures. L'une de ces tubulures, débouchant dans la partie médiane du distributeur, communique avec la face inférieure du piston de la presse de soulèvement de la vanne; les deux autres placées à gauche et à droite de la première et à angle droit sur sa direction communiquent l'une avec l'accumulateur et l'autre avec l'atmosphère.

Les tuyaux de communication avec l'accumulateur et la presse débouchent dans des anneaux formés par des évidements ménagés en partie dans l'épaisseur du cylindre formant le corps du distributeur, et en partie dans des bagues entourant une tige centrale en fer qui traverse le distributeur. Ces bagues sont percées de trous. Elles sont d'ailleurs maintenues en place par un écrou qui les appuie sur un épaulement ménagé dans le corps du distributeur. Entre l'écrou et la première bague, entre les deux bagues, entre la deuxième bague et l'épaulement sont placées des garnitures qui forment joint étanche.

Enfin le troisième tuyau, celui qui communique avec l'atmosphère, débouche dans une gorge ménagée dans la matière du corps du distributeur.

La tige de fer dont il a été parlé plus haut se compose de trois tronçons assemblés par des joints étanches. Le second tronçon porte des petits canaux qui, dans une certaine position de la tige, établissent la communication entre les trous des deux bagues, et par suite entre l'accumulateur et la presse.

Le troisième tronçon porte un évidement annulaire à sa surface, qui dans une autre position de la tige, établit la communication entre les trous de la bague relative au tuyau central et la gorge relative au troisième tuyau, c'est-à-dire entre la face inférieure de la presse et l'atmosphère.

Il suffit donc d'avancer ou reculer la tige pour fermer ou ouvrir la vanne, et

ce mouvement de va-et-vient peut être obtenu au moyen d'un volant manœuvré à la main.

Mais la vanne de communication peut être manœuvrée directement à la main. Voici comment :

La tige du piston de la presse de soulèvement de la vanne est prolongée par une colonne, formée de tubes de fer, jusqu'à la chambre de manœuvre. Cette colonne est terminée par un écrou qui peut glisser entre deux guides faisant partie du bâtis qui porte déjà le distributeur qu'on vient de décrire. Dans cet écrou passe une tige filetée qui prolonge la colonne et qui est prolongée à son tour par une partie carrée, portant deux épaulements entre lesquels on peut introduire un cadre au moyen du mouvement d'une manivelle.

Si la vanne est manœuvrée hydrauliquement, les tiges montent et descendent. Si au contraire on vide la presse en fermant les robinets d'amenée de l'eau et en ouvrant les robinets de vidange ; si en suite on introduit le cadre entre ses épaulements de façon à empêcher les tiges de monter et qu'on fasse tourner ces tiges, l'écrou prendra un mouvement vertical, la colonne et par suite le piston et la vanne monteront ou descendront. Le mouvement de rotation des tiges est produit au moyen d'une roue d'angle et d'un pignon dont l'axe porte une manivelle.

Tous ces appareils sont très ingénieux, mais un peu compliqués, et à la Louvière le système de manœuvre de la vanne est beaucoup plus simple. Le corps de la vanne est un tronçon de tuyau de même diamètre intérieur que les conduites de communication entre les presses, qui aboutissent à ses extrémités. La vanne est encore une vanne levante, mais elle ne se manœuvre qu'à la main. Elle porte un écrou qui reçoit une tige filetée surmontée d'une tige ronde, qui passe dans un presse-étoupes placé au-dessus d'un logement ménagé sur la tubulure qui contient la vanne et dans lequel celle-ci vient se placer quand elle est levée.

La tige de la vanne passe encore dans un collier et porte à son extrémité un pignon qui engrène avec une roue dentée située à l'extrémité inférieure d'une longue tige qui se termine à son autre extrémité dans la chambre de manœuvre, par une roue dentée montée sur un bâtis de fonte. Cette roue dentée engrène avec une vis sans fin dont l'axe porte une manivelle mue par le mécanicien.

## Distributeurs des presses

Chaque presse doit pouvoir être mise à volonté en communication avec l'eau comprimée ou avec l'atmosphère. Voici comment on a résolu ce problème dans les deux ascenseurs.

Aux Fontinettes, chaque distributeur se compose d'un bâtis en bronze portant

trois tubulures, la première, débouchant au-dessus du bâtis, communique avec une presse, les deux autres débouchant latéralement à des niveaux différents, communiquent avec l'accumulateur et avec l'atmosphère. Dans le bâtis peuvent osciller deux tiges soupapes équilibrées maintenues en temps ordinaire à fond de course par un contrepoids qui presse sur leurs extrémités gauches, par exemple, par l'intermédiaire d'un levier oscillant. Sur leurs extrémités droites agissent des cames venues de fonte sur l'axe d'un levier vertical, de sorte qu'en poussant l'une des tiges-soupapes, on établit la communication entre la presse et l'accumulateur, et qu'en poussant l'autre on supprime cette communication pour l'établir entre la presse et l'atmosphère.

Au levier vertical est attaché un câble qui passe sur une poulie et se termine par un contrepoids, de sorte que si rien ne vient s'y opposer ce levier est toujours sollicité du même côté et ce côté est tel que le distributeur soit alors ouvert à l'échappement. Un autre câble, passant par plusieurs poulies, aboutit à la chambre de manœuvres où il est fixé à un écrou par l'intermédiaire d'une chape. Une vis mue à l'aide d'un volant détermine le mouvement de l'écrou, et par suite le mouvement du levier vertical du distributeur. L'écrou se meut le long d'une règle graduée, et sa position indique au mécanicien si le distributeur est ouvert à l'échappement, fermé ou ouvert à l'admission.

A la Louvière, chaque distributeur se compose de deux corps cylindriques de soupapes fixés diagonalement sur un bâtis en fonte. Une conduite qui communique avec la presse correspondante au distributeur débouche sous le fond des deux cylindres. En outre, chacun d'eux porte latéralement, un peu au-dessus du fond, une autre tubulure qui communique avec l'atmosphère pour l'un, avec l'accumulateur pour l'autre.

Les soupapes sont des pistons maintenus en temps normal à fond de course par un système de levier et contrepoids. Un presse-étoupes assure l'étanchéité de chaque corps de soupapes. Si l'une de ces soupapes vient à être soulevée de quelques centimètres, la communication est établie entre le fond du corps de soupape et la tubulure latérale, c'est-à-dire, suivant celles des deux soupapes dont il s'agit, entre la presse et l'accumulateur ou entre la presse et l'atmosphère.

Dans chacune des tiges-soupapes passe un levier mobile autour d'un axe horizontal, et dont l'extrémité opposée porte un contrepoids.

Comme les deux soupapes sont disposées en diagonale sur le bâtis et que les tiges des leviers sont parallèles à l'un des côtés du bâtis, on voit que l'extrémité fixe d'un des leviers est en regard de l'extrémité mobile de l'autre, et inversement.

Perpendiculairement à la direction des leviers et à égale distance des soupapes, il existe un arbre sur lequel deux cames sont calées à  $180^\circ$  l'une de l'autre.

Les contrepoids appuient les leviers sur ces cames, en sorte qu'il suffit de faire osciller l'arbre à droite et à gauche pour obtenir l'ouverture ou la fermeture de l'une et l'autre soupape.

L'arbre est monté sur deux paliers fixés au bâtis du distributeur. En dehors de l'un des tourillons il porte un bras dont les extrémités sont les points d'attache de deux tiges qui montent dans la tour centrale et sont fixées un peu au-dessous de la chambre des manœuvres aux extrémités d'un autre bras calé sur un second arbre, supportés par des paliers fixés au plancher de la chambre et qui porte enfin un dernier bras calé à angle droit sur le précédent. Ce bras pénètre dans la chambre des manœuvres, où il est mû à la main par le mécanicien. La fixité de ses différentes positions est d'ailleurs assurée par une position semblable à celui employé d'abord pour le levier de la coulisse Stéphençon, et dont l'usage est trop connu pour qu'il soit utile d'en donner la description ici.

## Machinerie

Dans les deux accumulateurs la machinerie se compose de deux turbines, utilisant la chute d'eau existant entre les biefs, de quatre pompes de compression à double effet couplées deux à deux, et d'un accumulateur d'eau comprimée.

La machinerie des Fontinettes est placée dans un bâtiment spécial situé entre la culée centrale de l'extrémité aval des aqueducs, et la tour centrale de guidage des sas.

Les turbines du type Fontaine, à injection partielle, ont leur prise d'eau dans un petit canal qui réunit les deux aqueducs; l'eau passe dans un tuyau (naturellement muni d'un gril), qui l'amène à la turbine.

Ce tuyau porte une vanne qui permet d'interrompre l'arrivée de l'eau en cas d'accident.

La chute utilisée par l'eau dans les turbines est de 12<sup>m</sup>,80, et la force disponible est de 55 chevaux pour chaque turbine, en supposant un rendement de 0,75.

Les pompes de compression sont établies de façon à fournir chacune 8 750 litres d'eau, sous une pression de 29 kilogrammes en une heure. D'après cela la force motrice en chevaux, nécessaire à un couple de deux pompes, en supposant pour les pompes un rendement de 0,80, est de

23 chevaux 1/2.

Les conduites de refoulement des quatre pompes se réunissent en une seule conduite qui amène l'eau à l'accumulateur. Cette conduite générale porte en face de l'accumulateur une soupape qui permet d'établir ou de fermer à volonté la communication avec les pompes.

L'accumulateur est un cylindre de fonte dans lequel se meut un piston de fonte de 0<sup>m</sup>,555 de diamètre et de 4<sup>m</sup>,80 de course. Il passe dans un presse-étoupes à son entrée dans le cylindre, et porte sur son about libre une traverse en fonte aux extrémités de laquelle sont ménagées des mortaises qui lui servent de guides dans les mouvements du piston.

Deux glissières munies d'un talon raboté reçoivent les mortaises de guindage. Ces glissières sont réunies à leur partie supérieure par une entretoise. Une caisse annulaire contenant un contrepoids est suspendue à la traverse par des boulons et des tirants.

Le poids total du piston, de la traverse et du contrepoids, est de

$$\frac{70\,151}{2} \text{ kil.}$$

La section du cylindre étant

$$\frac{\pi \times 0,555}{4} = 6^m,2419,$$

la pression dans l'accumulateur est de

$$\frac{70\,151}{2419} = 29 \text{ kilogrammes par centimètre carré.}$$

On admet qu'avec les pertes de charge, la pression de l'eau comprimée dans les presses est d'environ 25.

Or le poids d'un sas chargé étant de 792 tonnes et le diamètre du piston 2 m. la pression nécessaire est de

$$\frac{792\,000}{3\,1416}$$

soit environ 25 kilogr. par centimètre carré.

Le piston de l'accumulateur arrivant à l'extrémité supérieure de sa course fait agir successivement deux débrayages qui l'empêchent de jamais sortir de son cylindre. Le premier débrayage ferme le tuyau d'amenée d'eau à la turbine, le

second fait communiquer la conduite d'eau comprimée avec l'atmosphère. Il n'agit d'ailleurs que si le premier n'a pas fonctionné.

L'accumulateur en charge contient assez d'eau pour soulever un sas, en quelques instants, de 0<sup>m</sup>,37. Il est aisé de faire le calcul et de vérifier également, étant donné le débit des pompes, qu'il faut 71 minutes environ pour soulever complètement un sas au moyen de ces pompes.

A la Louvière la machinerie est placée dans un bâtiment situé en dehors de la cale de gauche, et dont la largeur est celle qui est comprise entre les piliers d'aval des aqueducs d'amont et les piliers centraux de guidage.

Les deux turbines utilisent une chute d'eau de 15<sup>m</sup>,397, elles sont du système Armstrong. Le tuyau d'amenée de l'eau a son origine à l'amont des murs en retour de la tête d'amont de l'ascenseur. Près de l'origine de ce tuyau est établie une vanne permettant de fermer complètement la prise d'eau.

Dans la chambre des machines et en deçà de l'arrivée de l'eau sur les turbines est établie une autre vanne permettant de régler l'arrivée de l'eau sur ces turbines.

Enfin une dernière vanne est établie auprès de chacune des turbines de manière à régler leur marche et à permettre, en tout cas, leur fonctionnement simultané ou séparé.

Sur le tuyau amenant l'eau aux turbines, est établi un branchement avec vanne de commande pour permettre d'alimenter le bief aval par cet aqueduc, sans passer par les turbines.

Les pompes de compression sont établies de façon à fournir chacune 6 000 lit. d'eau sous une pression de 40 kil., par centimètre carré, en une heure. Il s'en suit que la force motrice en chevaux, nécessaire à un couple de deux pompes, en supposant pour celles-ci un rendement de 0,80 est de

22 chevaux.

et les turbines sont établies de façon à produire ce travail, en supposant leur rendement de 0,75.

Les pompes peuvent être éventuellement actionnées par la force motrice empruntée à une machine à vapeur fixe.

L'accumulateur est un cylindre en fonte de 0<sup>m</sup>,500 de diamètre et de 7<sup>m</sup>,70 de course. Il porte, une traverse en fonte munie à ses extrémités de deux saillies à section rectangulaire, qui glissent chacune entre les ailes saillantes de deux cornières boulonnées sur des montants en bois fixés aux murs de la tourelle qui



contient l'accumulateur. A la traverse, est suspendue par des tirants une caisse annulaire qui contient un contrepoids.

Le poids total du piston, de la traverse et du contrepoids est de 78 500 kilogs. La section du cylindre étant de 1 962  $\text{cm}^2$ , la pression dans l'accumulateur est de

$$\frac{78\,500}{1\,962,5} = 40 \text{ kilogs par centimètre carré.}$$

On admet qu'avec les pertes de charge, la pression de l'eau comprimée dans les presses est de 35 kilogs, par centimètre carré, or le poids d'un sas chargé étant 1 100 tonnes et le diamètre du piston 2 mètres, la pression nécessaire est

$$\frac{1\,100\,000}{31\,406} = 35 \text{ kg. précisément.}$$

L'accumulateur règle automatiquement la marche des turbines, qui s'arrêtent quand il est au haut de sa course, et qui marchent ensuite en faisant un nombre de tours en rapport avec la quantité d'eau à fournir.

Il est facile de vérifier que l'accumulateur en charge contient assez d'eau pour faire monter en quelques instants l'un des sas de 0<sup>m</sup>,45, et qu'il faut 2 h 8 m environ pour soulever complètement ce sas au moyen des pompes.

## Fonctionnement des ascenseurs

Lorsque l'un des sas est au haut et l'autre au bas de sa course, la vanne de communication étant fermée, les pressions de l'eau comprimée, au niveau du fond des presses, sont respectivement  $P + p$  et  $P$ .  $P$  représentant le poids de l'un quelconque des sas supposés chargés de la même façon et  $p$  le poids d'une colonne d'eau ayant pour base la section intérieure de la presse et pour hauteur la course du piston.

Si donc on ouvre la vanne de communication, la force  $p$  tendra à faire remonter le sas inférieur, tandis que l'autre descendra.

Mais à mesure que ce mouvement se produit la force qui tend à le continuer diminue. Quand les deux sas sont au même niveau, cette force est nulle, mais le mouvement se continue en vertu de la vitesse acquise. La force devient ensuite négative et agit pour retarder le mouvement et lorsque les sas ont pris des positions inverses, elle devient égale à  $-p$ , et la vitesse est nulle.



Théoriquement, si les pistons et les sas n'avaient à vaincre aucun frottement, le mouvement se continuerait indéfiniment ainsi.

Mais en pratique il en est tout autrement, et si les sas avaient la même charge ils ne pourraient pas atteindre l'extrémité de leur course. Pour que le sas supérieur puisse s'abaisser complètement et faire remonter complètement le sas inférieur, il est nécessaire d'ajouter un poids d'eau supplémentaire, représenté par une tranche d'eau d'une certaine épaisseur  $h$ .

On arrive à ce résultat d'une façon très simple, en arrêtant la course ascendante du sas au moment où son niveau normal de flottaison se trouve à la distance  $h$  au dessous du niveau de l'eau dans le bief supérieur.

Lorsqu'ensuite le sas descend, il faut arrêter sa course au moment où le niveau de l'eau dans le sas se trouve à la distance  $h$  au dessus du plan d'eau dans le bief aval.

La course des pistons des sas se trouve alors réduite de la quantité  $2h$  et la position d'équilibre statique des sas se trouve plus ou moins déplacée, suivant la valeur de  $h$ . Il peut se faire que la force qui produit le mouvement devienne encore négative vers la fin du mouvement, ou qu'elle reste constamment positive.

A la Louvière la force  $p$  définie ci-dessus est de 48 tonnes, et la hauteur  $h$  est de 0<sup>m</sup>,11. La surcharge correspondant à cette tranche d'eau de 0<sup>m</sup>,11 est de 27,5, en sorte que la force qui produit la descente est de + 75 t. 5 au commencement et — 20,5 à la fin du mouvement. Les frottements divers ayant une résultante que l'on admet égale à la surcharge de 27 t. 500 (le 1/40 de la charge) il s'ensuit que le mouvement peut s'accomplir et que les sas doivent arriver à leur position définitive avec une vitesse nulle. En réalité il en est à peu près ainsi et d'ailleurs des appareils spéciaux, déjà décrits annulent la vitesse à l'arrivée.

Aux Fontinettes la force  $p$  est de 41 tonnes ; la hauteur  $h$  de 0<sup>m</sup>,30, la surcharge correspondante 65 tonnes.

Il s'ensuit que la force qui produit la descente est constamment positive, savoir 106 tonnes au commencement et 24 tonnes à la fin. On admet que ce chiffre de 24 tonnes représente la valeur des différents frottements, en sorte que la résultante des forces agissantes varie de 82 tonnes jusqu'à 0. A la fin du mouvement la vitesse ne pourrait être nulle, si le modérateur automatique, encore plus nécessaire ici qu'à la Louvière, ne venait agir à la façon d'un frein et annuler cette vitesse.

Ces appareils sont les réservoirs compensateurs, au nombre de deux, qui s'élèvent dans les deux tours extérieures. Chacun de ces réservoirs, en tôle, affecte la forme d'un cylindre dont le diamètre intérieur a la même valeur que celui des pistons des presses, et dont la hauteur est égale à la course de ces pistons. Ces

réservoirs sont reliés aux sas par des tuyaux à joints télescopiques; ils forment donc avec les sas des vases communicants; le niveau de l'eau dans un sas et dans un réservoir correspondant est donc toujours le même.

Si le piston d'un sas monte d'une quantité  $H$ , la section horizontale étant très grande par rapport à celle du cylindre, le niveau de l'eau va monter très sensiblement de la même quantité  $H$ , et le sas aura perdu un poids  $L$  d'eau représenté par un cylindre dont la base est la section du cylindre compensateur et la hauteur  $H$ . Or, la largeur immergée du piston, ayant diminué de  $H$ , le piston a gagné précisément le poids  $P$ , en sorte que le poids d'un sas, muni d'un compensateur, est toujours le même, à quelque moment qu'on le prenne.

En fait, on n'a pas encore utilisé ces cylindres compensateurs.

### Cuvelage et fondations des puits des presses

Aux Fontinettes, le cuvelage est constitué par des anneaux de fonte de 4 mètres de diamètre extérieur, 40 millimètres d'épaisseur et 1<sup>m</sup>,20 de hauteur, munis à leurs bases de renforts qui servent à les boulonner l'un au-dessus de l'autre. Il portent à mi-hauteur, du côté intérieur, une nervure annulaire.

Sous la base des pierres, se trouve un massif de béton de 2<sup>m</sup>,08 de hauteur de 4<sup>m</sup>,20 de diamètre à la base et jusqu'à mi-hauteur; au-dessus, le massif est tronconique, en sorte que le cuvelage spécial de ce massif se raccorde avec celui du puits proprement dit.

A la Louvière, le cuvelage est disposé de la même façon; les tronçons successifs ont 1 mètre de hauteur; les autres dimensions sont identiques à celles du cuvelage des Fontinettes.

Le massif de béton a 2<sup>m</sup>,36 de hauteur, et, entre ce massif et le fond de la presse, on trouve deux assises de pierres d'une hauteur totale de 90 centimètres. Le cuvelage s'élargit à la base du massif de béton, et le dernier anneau a 4<sup>m</sup>,25 de diamètre.

Dans les deux ascenseurs, les pistons supportant les sas sont composés de viroles de fonte. Les pistons des Fontinettes ont 17<sup>m</sup>,13 de longueur, un diamètre extérieur de 2 mètres et une épaisseur de 0<sup>m</sup>,07. Les tronçons ont 2<sup>m</sup>,80 de hauteur.

Les pistons de la Louvière ont 19<sup>m</sup>,45 de longueur, un diamètre extérieur de 2 mètres et une épaisseur de 0<sup>m</sup>,075. Les tronçons ont 2<sup>m</sup>,13 de hauteur. Les poids à soulever par ces pistons sont respectivement 770 et 1100 tonnes, ce qui correspond à des pressions d'eau de 25 et 35 kilogrammes par centimètre carré.

Dans les deux ascenseurs les tronçons sont assemblés au moyen de brides intérieures boulonnées. Pour assurer l'étanchéité entre deux tronçons successifs, on place une feuille de cuivre annulaire sur la partie extérieure d'une feuillure ménagée à cet effet, et on écrase cette feuille de cuivre jusqu'à ce que le contact des tronçons ait lieu sur la partie intérieure de la feuillure. On enlève ensuite le cuivre qui déborde de la feuillure.

Les pistons sont terminés en haut par un chapeau rectangulaire, en bas par une calotte hémisphérique. Le chapeau et ce fond portent des trous d'homme. Celui du fond est muni d'une fermeture autoclave.

### Corps de presses

On avait d'abord pensé, en France, à se servir de la fonte, mais on y renonça après de longues discussions sur le taux qu'il convenait d'adopter pour le travail de la fonte à la traction; la rupture d'une presse en fonte à Anderton, en Angleterre, augmenta encore les appréhensions auxquelles donnait lieu l'emploi de cette matière. L'acier fondu de Terre-Noire, essayé ensuite, donna de grandes déceptions, car le taux du travail n'y put dépasser 16 kilogrammes par millimètre carré, au lieu des 50 kilogrammes sur lesquels on comptait.

Les tôles soudées en fer et en acier furent repoussées également. Enfin, on s'arrêta à l'idée de composer la presse d'anneaux en acier laminé sans soudure, dont une virole d'essai, soumise à une pression de 175 atmosphères, n'a éprouvé aucune déformation. Le coefficient de sécurité est donc supérieur à 7, puisque la pression dans les presses des Fontinettes ne dépasse pas 25 atmosphères.

Les viroles d'acier ont 55 millimètres d'épaisseur, 2<sup>m</sup>,06 de diamètre intérieur 0<sup>m</sup>,14 de hauteur. Elles sont assemblées à mi-épaisseur sur une hauteur de 0<sup>m</sup>,005. On empêche ainsi les mouvements latéraux.

De plus, les viroles extrêmes, en acier forgé, sont réunies par des tirants et enfin il existe quatre entretoisements en fonte s'appuyant, par l'intermédiaire de coins, sur le cuvelage du puits.

L'étanchéité de la presse est obtenue au moyen d'une chemise intérieure comme il est dit plus haut pour l'étanchéité des sas.

L'exécution des presses de la Louvière a nécessité de plus grandes sujétions que celle des presses des Fontinettes. Il fallait d'abord tourner avec soin les bouts des viroles en fonte et leur laisser un rebord extérieur assez grand, mais pouvant permettre cependant le passage des frettes à chaud; dresser également avec soin la surface extérieure des viroles en fonte, pour assurer un contact régulier avec

les frettes, enfin donner exactement aux différentes pièces toutes les dimensions calculées.

Toutes les frettes destinées à une même virole devaient être chauffées au rouge sombre et posées le plus rapidement possible, afin qu'elles opérassent un serrage régulier en se refroidissant en même temps. Ce serrage devait être tel que le travail de la fonte fut réduit à 1 kilogramme par millimètre carré.

Les rebords laissés aux extrémités d'une virole servent à retenir les frettes extrêmes, dont la section est analogue à celle d'une forte cornière de façon à permettre le boulonnage de la frette supérieure d'un tronçon à la frette inférieure du tronçon suivant.

L'étanchéité du joint entre deux tronçons est obtenue, comme pour les pistons par l'emploi d'une feuille annulaire de cuivre placée dans une feuillure ménagée à cet effet. Mais ici c'est dans la partie intérieure de la feuillure que l'on vient poser la feuille de cuivre.

La presse est terminée en haut par une boîte à étoupes ordinaire fermée par un presse-étoupes en bronze phosphoreux.

À la partie inférieure la presse repose sur un fond plat par l'intermédiaire d'un joint en caoutchouc. Ce joint aurait pu être établi, comme tous les autres, au moyen d'une feuillure garnie d'une plaque annulaire de cuivre, et l'on ne saisit pas bien la nécessité de ce changement de système, qui amène une sujétion d'entretien qu'on aurait pu éviter.

Le fond plat repose sur les fondations du puits par l'intermédiaire d'une feuille de plomb de 0<sup>m</sup>,005 d'épaisseur.

Pour éviter tout mouvement d'oscillation des presses sur leur base, on le maintient à leur partie supérieure au moyen d'armatures en fonte à clavettes qui s'appuient sur le cuvelage en fonte des puits des presses.

L'examen des systèmes si différents employés dans l'établissement des presses des deux ascenseurs est ici terminé.

Il est difficile de se prononcer d'une façon certaine pour l'un ou pour l'autre. Ils ont tous deux fait leurs preuves; ils présentent tous deux un surcroît de résistance offrant toute sécurité. En théorie cependant, le système français peut paraître plus simple; on n'y a demandé la résistance qu'à un seul métal, l'acier, et l'étanchéité est obtenue par l'emploi d'une simple enveloppe très mince de cuivre. Les anneaux d'acier n'ont pas besoin d'être dressés sur leur surface extérieure, comme les viroles de fonte elles ne sont pas du système belge. Ces viroles de fonte ne travaillent qu'à un kilogramme et on aurait pu tout aussi bien réduire leur épaisseur sans nuire à la solidité ni à l'étanchéité du système, et à ce dernier point de vue l'emploi de la chemise de cuivre des Fontinettes est une solution bien plus élégante. D'ailleurs l'acier et la

fonte ont une élasticité différente; mais par cela même que la résistance est confiée à deux enveloppes, la sécurité est peut être plus grande que dans le système français, qui paraît du reste insuffisamment rigide dans le sens vertical.

Si des tassements, même légers, se produisaient dans le sol, ils pourraient amener des accidents très graves.

On ne peut songer à abandonner à lui-même, supporté par un piston unique, un sas tel que ceux qui viennent d'être décrits, car, dans le cours de son ascension, il se développe des forces horizontales qu'il serait dangereux de laisser agir sur le presse-étoupes. Ces réactions horizontales sont de plusieurs espèces: l'action du vent, les trépidations en produisent. Mais de plus, il est d'autres réactions qui se produisent normalement à chaque ascension. Ce sont, pour les deux ascenseurs, la poussée s'exerçant sur la porte aval du sas arrivé en haut de sa course quand la communication est établie avec le bief d'amont; et, pour l'ascenseur de la Louvière seulement, la poussée vers l'aval résultant de l'enfoncement d'un coin entre le sas et le bief supérieur pour former joint étanche. Aux Fontinettes la poche à air comprimé ne produit qu'une poussée insignifiante.

Il est donc évident qu'un fort guidage doit être établi, et, pour les deux ascenseurs, on a pensé avec raison que ce guidage devait être installé principalement sur la section transversale au milieu des sas; le guidage par les angles, devenu secondaire, devant d'ailleurs pouvoir permettre aux sas de se dilater en toute sécurité.

Aux Fontinettes les sas ne sont guidés qu'au centre et à l'amont. Aucun guidage n'est établi à l'aval. Les guides d'amont ont été fixés sur les faces latérales des culées des ponts-canaux.

Les guides du centre sont fixés sur trois tours carrées en maçonnerie de dimensions très robustes ( $5^m,00 \times 2^m,50$  de section,  $1^m,00$  d'épaisseur pour la paroi qui reçoit les guides). Ces guides sont constitués par de forts sabots d'acier formant saillie sur les sas, et qui embrassent des glissières en fonte encastrées dans les parois longitudinales des tours.

Les sabots d'acier ont une base rectangulaire de 700 millimètres de largeur sur 597 millimètres de hauteur et 60 millimètres d'épaisseur, avec une nervure centrale (du côté intérieur) de  $120 \times 40$  de section, et des nervures latérales (faisant saillie intérieurement et extérieurement) de 200 hauteur et d'une épaisseur variant de 89 (au contact du bordé du sas) à 50 millimètres (à l'extrémité extérieure). Les sabots de 75 millimètres d'épaisseur forment une saillie de 410 millimètres sur cette base. Trois nervures horizontales de 30 millimètres d'épaisseur assurent la rigidité des sabots.

La base des sabots est boulonnée au bordé du sas; l'une des trois nervures horizontales est boulonnée à la semelle correspondante de la partie du sas, et au-dessus de la nervure opposée est boulonnée une cornière rivée au bordé du sas; de plus, des fers à double T, formés d'une âme de  $250 \times 12$  et de quatre

cornières de  $\frac{120 \times 120}{12}$ , dont deux sont rivées sur le bordé du sas, font saillie sur ce bordé, à droite et à gauche des sabots à 1 mètre d'arc en arc; l'intervalle entre leurs semelles, sur la moitié de leur section qui se trouve du côté des sabots, est rempli par des prismes de fonte de  $225 \times 105$  de section. On enfonce un coin dans l'espace existant entre les faces correspondantes de ces prismes et des nervures du sabot.

Il existe deux sabots semblables de chaque côté du sas, l'un en haut, l'autre en bas du bordé. Les fers à double T qui comprennent les deux sabots règnent de haut en bas.

Les glissières de fonte fixées aux tours sont formées de tronçons superposés de  $3^m,20$  à  $3^m,40$ , elles ont une section de 160 de hauteur, leur plus grande largeur est de 215 à la base, et rétrécit à 100 environ au sommet. L'épaisseur de cette base est de 50 millimètres. De distance en distance ces glissières portent à droite et à gauche des oreilles percées de trous de 32 millimètres ou passent de boulons qui traversent le mur de la tour. Entre la glissière et la maçonnerie est un sommier de bois de 85 millimètres d'épaisseur. De l'autre côté du mur; les deux boulons situés au même niveau passent encore dans une platine de fonte de  $475$  de longueur sur  $100 \times 20$  de section.

Les guides d'amont sont des sabots d'une section assez semblable à celle d'un rail Vignole; la base a 488 de longueur sur 700 de hauteur et une épaisseur variant de 50 à 75; l'âme du sabot a 50 de largeur, et le champignon 100 millimètres. La hauteur totale de la section transversale du sabot est de 240 millimètres. Il est consolidé par trois nervures horizontales de 50 millimètres d'épaisseur.

Les glissières jusqu'au dessous du niveau des aqueducs fixes, sont des plaques de 170 millimètres de largeur et 60 d'épaisseur, portant des oreilles où passent des boulons de 150 millimètres de diamètre. Des sommiers de bois de 100 millimètres d'épaisseur et 500 de largeur totale sont placées entre les glissières et les maçonneries. Au niveau de l'aqueduc fixe, sur une hauteur de  $3^m,40$  environ, ces glissières portent une face perpendiculaire à la première, de 125 millimètres de hauteur sur 50 de largeur. L'emploi de cette disposition est nécessitée par la poussée vers l'aval dont on a déjà parlé, et qui se produit lorsque le sas est en communication avec le bief d'amont. Les guides viennent buter contre cette saillie, et les guides du milieu sont soulagés. D'ailleurs pour assurer la stabilité de la glissière sous cette poussée, on prolonge les deux dernières oreilles du côté amont, ainsi que les sommiers au niveau de ces oreilles; dans chaque prolongement sont fixés deux boulons. Enfin deux tirants plats de  $60 \times 12$ , placés au sommet et au pied de l'aqueduc, sont fixés d'une part au montant extrême de l'aqueduc fixe, de l'autre à la glissière.

A La Louvière, les sas sont guidés au centre, à l'amont et à l'aval.

Les guides d'amont et d'aval sont constitués par des glissières verticales en fonte de 3<sup>m</sup>,45 de hauteur, dont la section serait celle d'un U à branches inégales, renforcé par des nervures. La grande branche de l'U a 350 × 30, la petite 100 × 40, et le raccord, de 370 de longueur, à une épaisseur variant de 30 à 40. Les nervures, de 30 d'épaisseur, sont au nombre de 14.

Les glissières s'appuient contre des guides fixés à la maçonnerie des cales et à des tours métalliques établies au droit des extrémités amont et aval des sas.

Ces guides sont constitués, sur les tours, par deux cornières, l'une de  $\frac{140 \times 100}{20}$  l'autre de  $\frac{150 \times 105}{18}$ , placés à la suite l'une de l'autre, et entre lesquelles la petite branche du fer en U irrégulier qui constitue la glissière peut se déplacer librement sous l'action des variations de température.

Dans la paroi de cale, il n'existe plus qu'une seule de ces cornières, celle de  $\frac{140 \times 100}{20}$  placé dans une rainure de 300 × 145 ménagée dans la maçonnerie, et dont le fond est recouvert d'une tôle de 300 × 10. La petite branche de la glissière peut se déplacer entre l'aile libre de la cornière et l'une des parois de la rainure.

Les guides du centre sont constituées par des glissières verticales en tôle d'une hauteur plus grande, 7<sup>m</sup>,77, et d'une section différente.

Les glissières proprement dites sont formées de deux cornières de  $\frac{140 \times 100}{20}$  placées symétriquement de façon à former un fer en U rivées sur une plaque de 280 × 15, formant semelle d'un fer à double T dont l'âme est de 355 × 10 et les cornières de  $\frac{85 \times 85}{9}$ . Les deux cornières opposées à la semelle dont il vient d'être parlé sont rivées à l'âme extérieure de la poulie correspondante; (cette âme est pleine au droit de la glissière). Des goussets horizontaux de 10 millimètres d'épaisseur, espacés de 0<sup>m</sup>,50 et des cornières de  $\frac{85 \times 85}{9}$  consolidant le système.

Les guides sont des rainures formées par deux cornières de  $\frac{140 \times 100}{20}$  espacées de 0,286, et rivées sur une tôle de 12. Il existe ainsi un jeu de 6 millimètres entre la largeur de la glissière et celle de sa rainure.

Aux Fontinettes les tours sont en maçonnerie; leur aspect robuste s'harmonise très bien avec celui des poutres à âme pleine des sas.

A La Louvière au contraire, les tours sont métalliques; ce sont des charpentes dont l'aspect léger s'harmonise avec celui des poutres à treillis supportant les sas.

On voit donc que deux idées très différentes ont présidé au choix de la forme extérieure des deux ascenseurs, et qu'une fois ces idées bien arrêtées, elles ont été appliquées par les moyens les plus convenables dans les deux cas.



Dans les deux ascenseurs, les sas abaissés sont reçus dans une cale sèche en maçonnerie dont la section longitudinale affecte la forme de la plate-bande inférieure des pointes du sas.

Cette cale est divisée en deux compartiments correspondant aux deux sas par un massif central, arasé au niveau de la plate-bande supérieure des sas abaissés.

On ne décrira pas ici les fondations des cales ou des culées des aqueducs, qui n'offrent rien de bien particulier. On a déjà dit que les tours centrales des Fontinettes étaient fondées sur pilotis. Il en est de même pour les culées amont des aqueducs de cet ascenseur; les culées aval ont été fondées à l'air comprimé.

A la Louvière, toutes les fondations sont faites simplement sur une couche de béton.

### Appareils servant à enlever l'eau des cales

Aux Fontinettes, pour enlever les eaux qui tombent dans les cales, on se sert d'une pompe centrifuge actionnée, soit par une turbine spéciale à axe horizontal, soit par une machine à vapeur à pilon, dans le cas où le bief d'amont est à sec.

Le tuyau d'aspiration se divise en trois branches qui se rendent, la première dans un puisard creusé au milieu du côté droit de la cale de gauche, les deux autres dans les cuvelages des grandes presses.

La pompe centrifuge peut élever 70 mètres cubes à l'heure du fond de la cale au niveau du bief d'aval, soit sur une hauteur de 10<sup>m</sup>,65.

A la Louvière, on se sert d'une pompeuse hydraulique, empruntant sa force motrice à l'accumulateur pour l'épuisement des cales, et de deux petites pompes d'épuisement, empruntant également leur force motrice à l'accumulateur, pour vider complètement les puits.

La pompeuse hydraulique peut élever à l'heure 8 mètres cubes du fond de la cale au niveau du bief d'aval. Sa marche est réglée automatiquement de façon à fonctionner dès que les eaux, arrivant dans les puits, atteignent le niveau du bord supérieur des cuvelages en fonte, et s'arrêter dès que le plan d'eau descend à 0<sup>m</sup>,25 au-dessous de ce niveau.

Les petites pompes d'épuisement des puits peuvent chacune entraîner 5 mètres cubes d'eau à l'heure.



## Cabestan hydraulique

Dans les deux ascenseurs, les bateaux franchissant la dénivellation d'aval en amont, ont à parcourir, après le sasement, toute la longueur d'un aqueduc de raccordement, à section étroite, et l'effort de traction devient alors de beaucoup supérieur à celui qui doit être déployé en temps normal. C'est pourquoi on a installé à l'amont des ascenseurs, un cabestan hydraulique. A la Louvière, les bateaux qui descendent vers l'aval ont aussi à franchir un raccordement métallique à section étroite, et un autre cabestan est établi à l'aval de cet ascenseur.

En se servant de cabestans hydrauliques, la durée totale d'une manœuvre, pendant laquelle on fait passer deux bateaux, est de 20 minutes aux Fontinettes, dont 5 minutes pour l'ascension et la descente des sas.

A la Louvière, la durée des mêmes manœuvres n'est que de 15 minutes, dont 3 pour le mouvement des sas.

Les dépenses de l'ascenseur de Fontinettes se répartissent comme il suit :

Acquisition de terrains et bâtiments. . . . .	165 017 32
Fondations à l'air comprimé de la culée aval du pont-canal ou mur de fuite . . . . .	97 000 08
Terrassements et maçonnerie (entreprise) . . . . .	583 492 70
Partie métallique, y compris le fonçage des puits . . . . .	831 102 00
Honoraires et droits de brevet de M. Edwin Clark . . . . .	47 670 00
Somme à valoir pour épuisements, dépenses en régie, surveillance, manœuvre de l'appareil pendant le délai de garantie. . . . .	145 717 90
Total approximatif. . . . .	1 870 000 00

Il faut noter que la position de l'ascenseur de Fontinettes était commandée et imposait des sujétions nombreuses : expropriation de bâtiments et de terrains d'une grande valeur, ouverture d'une dérivation dans un remblai élevé, passage au-dessus d'un chemin de fer, fondations difficiles. De plus, l'Administration des ponts et chaussées a traité avec la maison Cail, à un moment où le prix des métaux était très élevé. On estime que, dans ces conditions défavorables, la construction d'un ascenseur analogue ne dépasserait guère 1 400 000 francs.

Les dépenses de construction de l'ascenseur de la Louvière se répartissent de la façon suivante :

Acquisition de terrains . . . . .	11 275 00
Terrassements, établissements de puits cuvelés pour les presses, maçonneries de l'ascenseur proprement dit, bâtiment des machines . . . . .	402 165 36
Bâtiment pour le logement des aides machinistes . . . . .	26 891 68
Partie métallique, y compris les machines . . . . .	999 060 71
Frais de brevets et d'études des ingénieurs L. Clark, Standfield et Edwin Clark . . . . .	65 586 61
Somme à valoir pour les frais de surveillance, de commissions, etc. . . . . , . . . . .	145 020 64
Total approximatif. . . . .	<u>1 650 000 00</u>

# PORTES DES ÉCLUSES

du canal du Havre à Tancarville

---

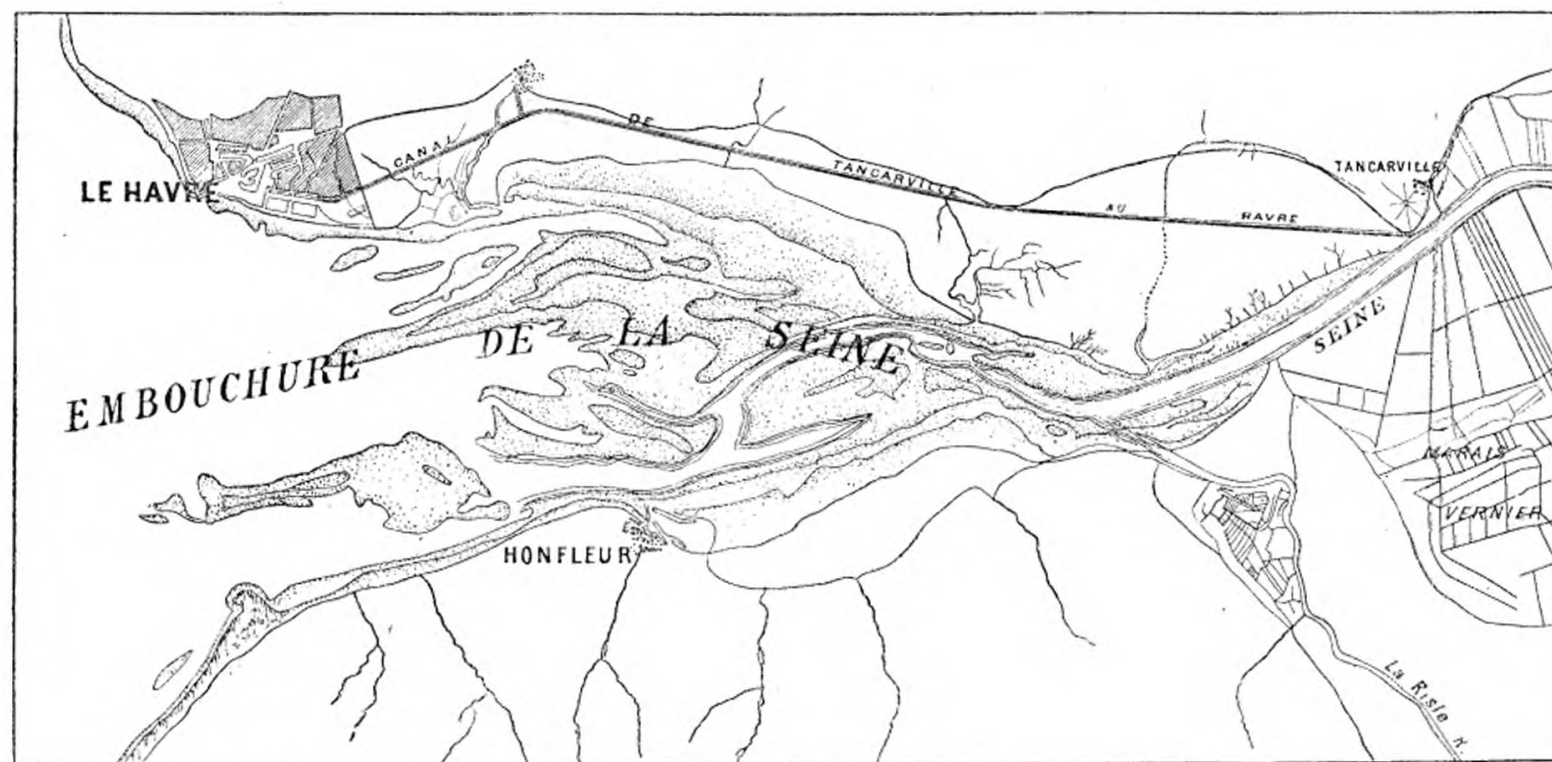
Le canal du Havre à Tancarville aboutit dans la Seine par un sas de 180 mètres de longueur et de 30 mètres de largeur, compris entre deux écluses de 16 mètres de largeur, qui sont fermées chacune par deux portes flottantes, à un seul vantail, analogues aux bateaux-portes des formes de radoub; elles ne diffèrent des bateaux-portes que parce qu'elles sont munies à une extrémité d'un tourillon et d'une crapaudine. La « porte d'èbe » a pour objet de retenir à basse mer le plan d'eau du canal. La « porte de flot » empêche les eaux de la Seine de pénétrer dans le canal lors de la pleine mer.

Le niveau de la Seine peut en effet s'élever en vives eaux jusqu'à la cote 9<sup>m</sup>,15, et descendre jusqu'à 2<sup>m</sup>,75, tandis que le plan d'eau du canal est à la cote 7<sup>m</sup>,15. Toutes les cotes sont rapportées au zéro des cartes marines au Havre.

Les portes sont établies de façon qu'elles descendent de 20 centimètres en contre-bas du seuil des écluses, et leur partie supérieure a été placée à 5 centimètres au-dessus du niveau maximum qu'elles doivent maintenir. Les hauteurs respectives des portes de flot ont été, par conséquent, fixées à 9<sup>m</sup>,85 et 9<sup>m</sup>,25, et celles des portes d'èbe à 7<sup>m</sup>,85 et 7<sup>m</sup>,25; leur longueur totale est de 18<sup>m</sup>,75. Le seuil de l'écluse Est, qui sépare le sas de la Seine, est en effet fixé à la cote de 0<sup>m</sup>,45; le seuil de l'écluse Ouest, qui sépare le sas du canal, est fixé à la cote 0<sup>m</sup>,15. (La figure 1 représente le plan de l'écluse Est).

La plus grande largeur a été fixée à 4<sup>m</sup>,65, de telle sorte que la porte soit en retraite de 20 centimètres sur les parements des bajoyers, lorsqu'elle est logée dans son enclave.

Chacune de ses portes est construite de manière à flotter, quelle que soit la hauteur à laquelle l'eau s'élève au-dessus de son niveau minimum, qui est celui des basses mers de vive eau (2<sup>m</sup>,75); on a placé à ce niveau une poutre horizontale, à âme pleine, formant pont étanche, et constituant, avec la partie inférieure de la porte, une caisse qui contient le lest, et dans laquelle l'eau ne doit jamais pénétrer. Sur cette poutre horizontale, sont fixées trois poutres verticales



NAVIGATION DE LA BASSE-SEINE.  
CANAL DU HAVRE A TANCARVILLE.

à treillis KKK (Voir les planches de l'atlas), reliées par deux ceintures horizontales; celles-ci supportent les membrures sur lesquelles sont rivées les tôles de bordage.

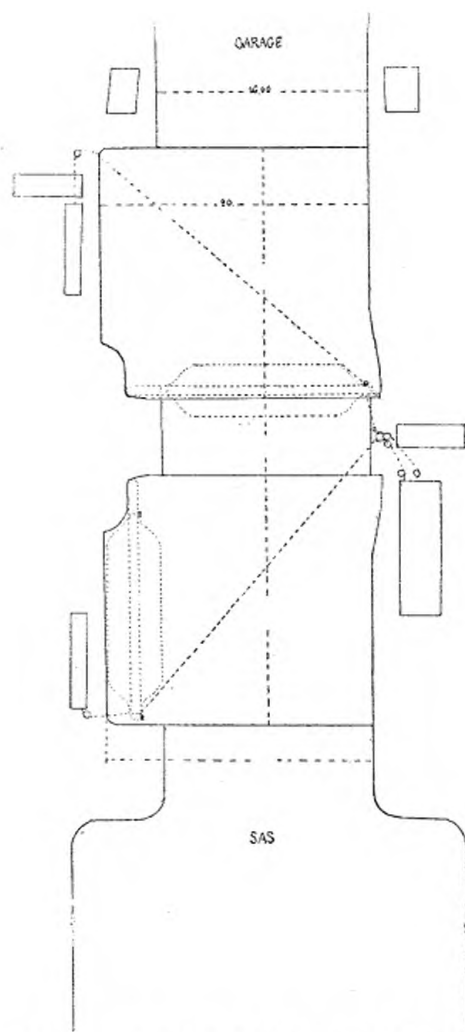


Fig. 1. — Plan de l'écluse Est du canal de Tancarville.

Dans le sens longitudinal, les parois sont parallèles sur une longueur de 10<sup>m</sup>,30; elles se terminent, vers chaque extrémité, par des parties courbes symétriques de 2<sup>m</sup>,70 de longueur, de telle façon que la distance entre les parois de la porte se trouve ramenée à 70 centimètres sur tout le pourtour. Le poteau-tourillon est formé par un caisson rectangulaire de 70 centimètres de largeur et 2<sup>m</sup>,70 de longueur, sur lequel sont fixés le tourillon et la crapaudine en fonte donnés en détail par les figures ci-jointes (2 à 5).

Enfin, les fourrures en bois, fixées sur la face aval de la porte, assurent l'étanchéité du contact avec les feuillures.

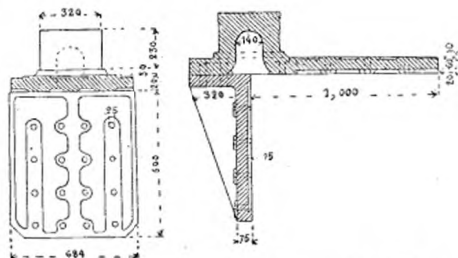


Fig. 2-3. — Coupe du tourillon de la porte d'écluse.

Des aqueducs en fonte, munis de vannes de fermeture (Voir les planches) permettent à l'eau d'amont de pénétrer librement dans la porte, au-dessus du

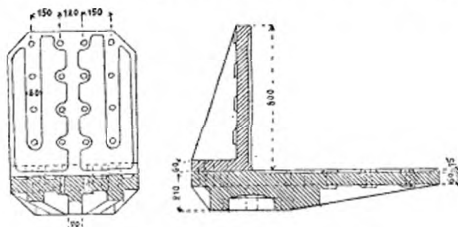


Fig. 4-5. — Coupe de la crapaudière.

pont étanche. En service, ces aqueducs sont toujours couverts; les vannes sont suspendues au-dessus de leurs châssis par des chaînes accrochées aux traverses supérieures sur lesquelles repose le plancher. On ne les baisse que lorsqu'il est nécessaire de soulever les portes pour les déplacer.

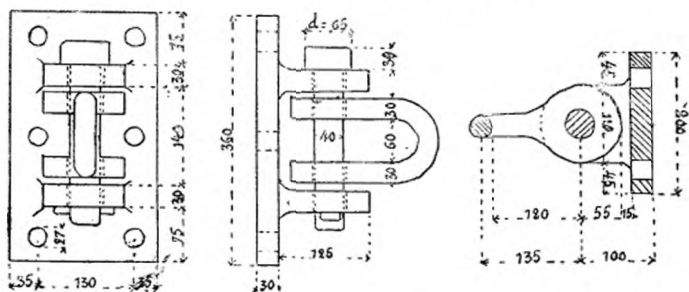


Fig. 6-7-8. — Attache sur la porte de la chaîne de manœuvre.

Des cheminées en tôle s'élèvent du pont étanche jusqu'à la partie supérieure de la porte. Elles contiennent une échelle en fer, et permettent de descendre

à n'importe quel moment dans la caisse inférieure pour manier le lest ; ces cheminées sont ordinairement fermées par un couvercle en fonte. On peut, au besoin, pénétrer dans la chambre au-dessus du pont étanche, en levant un des panneaux qui composent le plancher.

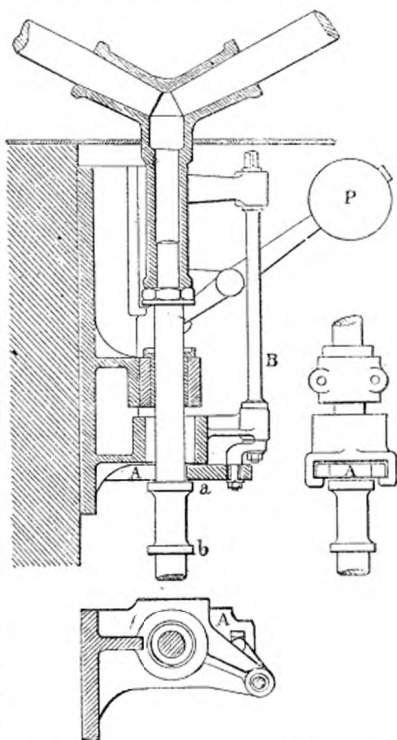
Les portes ont été construites dans les écluses mêmes, tenues à sec au moyen d'épuisement. Le poteau-tourillon a été seul fabriqué à l'usine.

Pour enlever une porte, en cas de réparation, on fermera les vannes des aqueducs au moment de la basse mer ; la mer montante soulèvera le vantail qu'on aura eu soin d'amarrer au flanc d'un chaland, pour éviter toute espèce d'accident. On le conduira dans une forme de radoub du Havre. Au retour, on l'amènera au-dessus de son pivot un peu avant la basse mer dnot on profitera pour assembler le collier. On soulèvera ensuite les vannes des aqueducs. Ce déplacement d'une porte est d'ailleurs une opération délicate qui ne devra être faite que dans le cas où il serait impossible d'exécuter sur place les réparations.

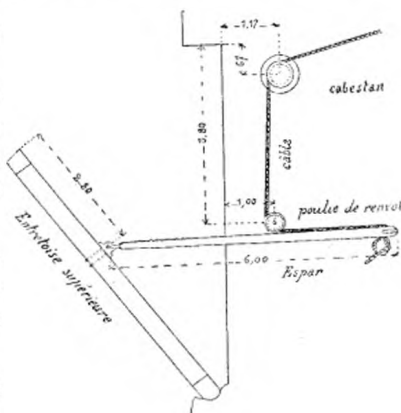
Les portes sont manœuvrées à l'aide d'appareils hydrauliques actionnant des chaînes dont les attaches sur le vantail sont représentées en détail par les figures ci-contre (6, 7, 8).

Ce nouveau système de porte présente, sur celui des portes busquées généralement employées, les avantages suivants :

Lorsque les fondations sont faciles, il y a économie dans les maçonneries, parce qu'on n'est pas obligé d'augmenter l'épaisseur des bajoyers vis-à-vis des poteaux-tourillons ;



Coupe verticale et horizontale du débrayage.



Manœuvre à bras des portes d'écluse

Les chardonnets courbes sont remplacés par des feillures planes qui coûtent moins cher à établir;

Enfin, elles ont l'avantage sur les portes busquées, que l'étanchéité est plus grande, puisque, avec un seul vantail, la pression seule suffit à l'assurer; la manœuvre en est plus simple, et la houle est moins dangereuse pour un seul vantail, qu'elle ne peut que faire battre par sa feillure, tandis que les portes busquées sont soumises à des chocs violents qui les détériorent.

---

### Écluses de Bougival.

(Avec planches).

*Dispositions générales.* — Les travaux des écluses de Bougival ont été commencés en 1879, en exécution de la loi du 6 avril 1878 qui approuvait les travaux nécessaires pour réaliser dans la Seine un mouillage de 3<sup>m</sup>,30 entre Paris et Rouen. La dérivation de Bougival comprend deux écluses accolées, l'une pour les convois, l'autre pour les bateaux isolés. Tous les appareils, sauf les ventelles des portes, sont mûs par l'eau sous pression et reçoivent leur puissance d'un accumulateur où l'eau est refoulée sous la pression de 60 atmosphères au moyen de turbines fonctionnant dans la chute du barrage de Marly.

L'axe de la nouvelle dérivation est parallèle à celui de l'ancienne écluse de Bougival et situé à 50 mètres sur la gauche.

Le sas de la grande écluse a 220 mètres de longueur utile sur 17 mètres de largeur. Les portes ont 12 mètres de largeur. Cette écluse renferme la chaîne du touage et peut contenir dix-sept péniches des canaux du Nord et un remorqueur ou un toueur. La longueur de 220 mètres a été fixée par la décision ministérielle du 7 février 1879, au lieu de celle de 140 mètres adoptée pour les écluses situées en aval de l'Oise, à cause du grand trafic entre l'Oise et le canal de Saint-Denis, dans le but de pouvoir sasser en une seule éclusée le plus grand convoi remorqué habituellement par le toueur. Les sas de la petite écluse a 41<sup>m</sup>,60 de longueur utile et 8<sup>m</sup>,20 de largeur; il sert au passage de bateaux isolés (porteurs à vapeur, bateaux de voyageurs, etc.); ces deux écluses permettent le sassement de bateaux calant 3 mètres.

Quant à l'ancienne écluse, qui a 113<sup>m</sup>,50 de longueur utile sur 12 mètres de



largeur, elle peut contenir six péniches calant seulement  $1^m,36$  et sert généralement à la descente des bateaux vides.

Les portes des nouvelles écluses qui supportent une chute de  $3^m,20$ , sont de bois de *pitch-pin*, sauf le cadre qui est en chêne, et font un excellent service; elles comportent quatre ventelles levantes à jalousie, qui comportent pour chacune des deux écluses un débouché total de  $3^m,43 = [4 \times 1^m,30 (2 \times 0^m,33)]$ .

Outre ces ventelles, des aqueducs ménagés dans la maçonnerie à côté de chacune des portes, et contournant les chardonnets, contribuent pour une large part à la rapidité du remplissage et de la vidange des sas, qui doivent recevoir et évacuer respectivement 13 800 mètres cubes et 1 750 mètres par écluse.

Ces aqueducs voutés ont tous  $3^m,12$  de hauteur sous clef et leurs largeurs sont :  $1^m,55$  pour la grande écluse de  $1^m,13$  pour la petite; ils sont fermés par les vannes en fonte à jalousie, dont les trois orifices, parfaitement évasés dans tous les sens, ont une section totale de  $4^m,80$  pour les deux aqueducs de la grande écluse et de  $3^m,50$  pour les aqueducs de la petite écluse.

Quoique la section des aqueducs soit beaucoup plus grande ( $9^m^2$  et  $6^m^2,50$ ), la réduction produite par l'emploi des vannes à jalousie n'augmente pas la durée des sassements, parce qu'il est impossible d'utiliser toute la section des aqueducs, dont le débit serait beaucoup trop grand et occasionnerait des chocs graves entre les bateaux.

Deux des vannes de la grande écluse, une à l'amont et l'autre à l'aval, sont munies d'appareils de manœuvres à bras pour assurer le service en cas d'accidents pouvant survenir à la conduite de pression ou à la machinerie.

*Appareils hydrauliques.* — L'emploi des appareils hydrauliques aux écluses de Bougival a été fait notamment en vue de l'introduction rapide de trains de 12 à 15 bateaux dans la grande écluse. Cette installation a été faite à titre d'essai aux écluses de Bougival, d'une part, en raison de leur situation entre l'Oise et le canal Saint-Denis, où le trafic est plus considérable que partout ailleurs et d'une autre part, parce qu'il existe à Bougival une chute permanente qui, en hautes eaux, ne descend pas au-dessous de 70 à 80 centimètres, sans que les bajoyers des écluses ne soient submergés, à cause du seuil élevé que la machine de Marly a maintenu jusqu'à ce jour dans le bras gauche.

L'ensemble du système comprend :

1° La machinerie et l'accumulateur ;

2° La canalisation ;

3° Les appareils de manœuvre, cabestans, presses de manœuvre des portes et celles des vannes des aqueducs.

*Machinerie et accumulateurs.* — Les installations de la machinerie comprennent :

- 1° Deux turbines actionnées par la chute du barrage de Marly ;
- 2° Deux batteries de pompes foulantes mues par ces turbines ;
- 3° Un accumulateur dans lequel l'eau est refoulée à la pression de 60 atmosphères par les pompes précédentes ;

Ces appareils sont placés dans un bâtiment construit sur la culée droite du barrage de Marly.

*Turbines.* — Les turbines sont du type Fontaine-Baron ; leur puissance est de 14 chevaux pour chacune. Elles sont mues par une chute pouvant varier de 2<sup>m</sup>,30 à 80 centimètres, avant que les bajoyers ne soient submergés et la navigation interrompue ; leur débit, variable avec la chute, n'est limité que par les orifices distributeurs des couronnes et par les vannages régulateurs.

Le diamètre mesuré au milieu des aubes est de 1<sup>m</sup>,60.

Le pivot placé à la partie supérieure est du système Arson. Les orifices du distributeur sont ouverts ou fermés, totalement ou partiellement, à l'aide d'une bande de cuir s'enroulant sur deux troncs de cône que l'on manœuvre du rez-de-chaussée de la machinerie.

*Pompe de compression.* — Chaque turbine actionne au moyen d'engrenages une batterie de trois pompes de compression, à pistons plongeurs et à simple effet.

Le nombre de tours par minute est de 23 à 45, et le volume d'eau refoulé par seconde de 1 l. 372 à 2 l. 205.

On n'emploie habituellement qu'une seule turbine et une batterie de pompes, mais en alternant tous les jours ; le second système sert de rechange.

C'est seulement lorsque la chute est réduite au minimum par une crue qu'il est nécessaire de mettre en marche simultanément les deux turbines et leurs pompes.

*Bâche d'alimentation.* — L'eau refoulée dans l'accumulateur par les pompes de compression est empruntée à une bâche d'alimentation en tôle, placée à l'étage du bâtiment de la machinerie, et pouvant contenir 6 mètres cubes d'eau.

Cette bâche est alimentée :

- 1° Par l'extrémité de la conduite de retour ;
- 2° Par un tuyau la mettant en communication avec les pompes élévatoires dont il sera question ci-après.

Elle est munie d'un tuyau alimentaire des pompes de compression, d'un tuyau de trop plein et d'un flotteur de niveau avec aiguille indicatrice et échelle divisée.

*Pompes élévatoires.* — Une pompe élévatoire est attelée à chaque turbine pour compenser les pertes du tuyautage et des joints des appareils ; elle est scel-

lée sur la paroi du puits de la turbine et actionnée par un excentrique calé sur l'arbre des pompes de compression.

Les dimensions de ces pompes élévatoires sont :

Course . . . . .	0 <sup>m</sup> , 150
Diamètre du piston . . . . .	0 140
Volume d'eau fourni par un coup double . . . . .	09460

L'eau de la Seine à Bougival, très souillée par les égouts de Paris, traverse d'abord un filtre formé de couches alternatives de charbon, de gravier et d'éponges, avant d'arriver dans la bache.

*Accumulateurs.* — L'eau refoulée par les pompes s'emmagasine dans un accumulateur Armstrong, d'une capacité de 700 litres, lesté pour une pression de 60 kilogrammes par centimètre carré. Cet accumulateur se compose de quatre parties principales, savoir :

Une plaque de fondation en fonte, avec brides et tubulure établissant la communication avec le tuyautage des pompes de compression ;

Un cylindre vertical, en fonte, de 45 centimètres de diamètre intérieur, boulonné sur la plaque de fondation et muni, à sa partie supérieure, d'un presse-étoupes formant le joint avec le plongeur ;

Un plongeur cylindrique de 43 centimètres de diamètre extérieur et de 5 mètres de course, muni à la partie supérieure d'une forte traverse supportant une caisse de lest et guidé par deux montants verticaux sur lesquels s'enfourchent les extrémités de la traverse.

Une caisse de charge, ayant 3<sup>m</sup>,012 de diamètre et 5 mètres de hauteur ; cette caisse repose sur un châssis en chêne, lorsque l'accumulateur est vide ; sa course est limitée à la partie supérieure du bâtiment par des traverses de butée en chêne.

*Appareils de sûreté.* — L'accumulateur est complété par les appareils ci-après :

Une soupape d'évacuation à levier et contrepoids, manœuvrée par la caisse de charge elle-même, lorsqu'elle arrive au 7/10 de sa course, afin de donner issue à une partie de l'eau fournie en excès, pour limiter l'ascension du plongeur ; cette eau est ramenée par un tuyau spécial dans la bache d'alimentation ; une soupape de sûreté, intercalée sur la conduite de distribution à peu de distance de l'accumulateur, est disposée de façon que, s'il se produit une dépression brusque dans la conduite de distribution, elle se ferme automatiquement, et arrête la descente de l'accumulateur. Des soupapes d'arrêt sont établies dans le bâtiment de la machinerie pour permettre d'isoler au besoin les différentes parties des conduites ; des soupapes de sûreté, fixées sur les bouchons extrêmes des calottes des pompes de compression, laissent échapper l'eau quand la pression vient à dépasser 60 atmosphères.

*Vannage d'admission dans les puits des turbines.* — Les aqueducs d'amenée des eaux du bief d'amont aux turbines présentent des coulisses fermées par des vannes levantes manœuvrées à bras, au moyen de crics installés dans l'intérieur du bâtiment des machines ; ces vannes servent à ouvrir ou intercepter l'accès de l'eau dans les chambres des turbines ; elles sont en bois et renforcées par des armatures en fer.

Cette canalisation comprend :

Le tuyautage de distribution d'eau sous pression ;

Le tuyautage de retour à la bache d'alimentation.

La même eau circule constamment dans ces tuyaux, sauf les pertes qui sont compensées par le produit des pompes alimentaires.

*Tuyautage de distribution.* — Le tuyautage de distribution a été construit pour résister dans toutes ses parties à une pression de 60 atmosphères et pour conduire à chaque appareil la quantité d'eau nécessaire à son fonctionnement. Il comprend : entre le bâtiment des machines et la tête amont des écluses, en suivant le bajoyer de terre de la grande écluse, un tuyau en fonte de 70 millimètres de diamètre intérieur et de 21 millimètres d'épaisseur ; en amont de chaque tête d'écluse, un siphon en fer étiré de 75 millimètres de diamètre intérieur et de 7 millimètres d'épaisseur, placé à l'amont des chambres des portes et alimentant deux branchements placés sur le bajoyer intermédiaire et sur le bajoyer de rive droite.

Le branchement du bajoyer intermédiaire est en fonte de 7 centimètres de diamètre intérieur ; l'épaisseur est de 21 millimètres.

Le branchement du bajoyer de rive droite est en fer étiré de 5 centimètres de diamètre intérieur et de 5 millimètres d'épaisseur.

Les tuyaux de pression en fonte sont assemblés au moyen d'emboitements et de brides, avec joints en gutta-percha serrés par des boulons. Les tuyaux de pression en fer étiré s'assemblent au moyen de brides taraudées (en fonte pour le branchement de rive droite et en fer forgé pour les siphons) entre lesquelles on interpose une rondelle de gutta-percha serrée par des boulons.

*Tuyautage de retour.* — Le tuyautage de retour comprend :

Sur le bajoyer de la petite écluse, un tuyau en fer étiré de 60 millimètres de diamètre intérieur et de 5 millimètres d'épaisseur ; sur le bajoyer intermédiaire et sur le bajoyer de la grande écluse, des tuyaux en fonte de 75 millimètres de diamètre intérieur et de 16 millimètres d'épaisseur et un siphon en fonte pour franchir les écluses.

Les tuyaux en fer sont assemblés avec des manchons taraudés ; les tuyaux en fonte sont à emboîtement, avec joints en gutta-percha.

Trois robinets d'arrêt sont ménagés le long de ce tuyautage.

*Pression effective dans ces tuyaux.* — A l'extrémité de la conduite de plus de 600 mètres de longueur, la pression est sensiblement la même que dans l'accumulateur ; il n'y a pas de perte de charge appréciable. La pression de 60 kilogrammes par centimètre carré baisse d'un kilogramme pendant une seconde, au moment de la mise en marche du dernier appareil, mais revient de suite à sa valeur primitive, et cela, quel que soit le nombre des appareils intermédiaires qui fonctionnent. Cette particularité tient à ce que le débit est assez faible, pour que la pression se transmette sans perte de charge sensible.

*Emploi de la glycérine et du chlorure de magnésium en hiver.* — En hiver, pour éviter la rupture des tuyaux par la congélation de l'eau, on ajoute à celle-ci 6 à 8 kilogrammes de glycérine ou de chlorure de magnésium par mètre cube d'eau. Bien que la glycérine coûte plus cher que le chlorure de magnésium, on l'emploie presque exclusivement, car elle lubrifie les mécanismes, alors que le chlorure de magnésium les corrode.

L'emploi de la glycérine n'est même plus nécessaire qu'exceptionnellement ; car des garnitures de fumier placées sur tous les appareils maintiennent la température intérieure à zéro, alors que celle de l'air descend à 7 ou 8 degrés au-dessous.

*Appareils récepteurs placés dans les écluses.* — Sur le tuyautage de distribution et le tuyautage de retour se branchent les appareils de manœuvre suivants :

- 1° Quatre appareils de manœuvre des portes de la grande écluse ;
- 2° Quatre appareils de manœuvre des portes de la petite écluse ;
- 2° Huit appareils de manœuvre des vannes des aqueducs pour le remplissage et la vidange des deux écluses ;
- 4° Dix cabestans placés sur les deux bajoyers de la grande écluse.

*Appareils de manœuvre de la grande écluse.* — L'appareil de manœuvre de chacune des portes de la grande écluse se compose d'un cylindre horizontal qui oscille autour d'un axe vertical, et dont le piston a un diamètre de 0,155 et est attelé sur l'entretoise supérieure de la porte, à deux mètres de l'axe du poteau tourillon. Ces pistons sont dits différentiels parce que, dans l'un des sens du mouvement, la pression étant la même sur les deux faces du piston, le mouvement n'est dû qu'à la différence des sections sur lesquelles agit la pression. Celle-ci existe toujours sur la face du piston placée du côté de la tige, c'est-à-dire sur la couronne annulaire, l'autre face, qui correspond à la section totale du cylindre, est mise alternativement en communication avec l'accumulateur ou avec la conduite de retour.

L'attache du piston se fait sur un axe vertical réglé par un double écrou qui

peut être relevé, pendant la durée du service, pour empêcher la flexion du piston, et l'œil de celui-ci est ovalisé, pour permettre les déplacements transversaux des vantaux dans leurs différentes positions.

Le diamètre de la tige est de 0,100.

Cet appareil est capable de produire sur la tige du piston un effort de 6 600 kilogrammes à la traction pour ouvrir le vantail, et de 4 710 kilogrammes à la compression pour le fermer.

Chaque appareil comprend : sur le branchement de distribution, une soupape d'arrêt, sur le fond du cylindre, un robinet de purge d'air, deux robinets de vidange pour pouvoir au besoin vider le cylindre.

*Appareils des portes de la petite écluse.* — Les appareils des portes de la petite écluse sont également au nombre de quatre.

Ils sont du même type que les précédents, attelés aux portes dans les mêmes conditions, à 1<sup>m</sup>,60 de l'axe du poteau tourillon. Les principales dimensions sont :

Le diamètre du piston est de 0<sup>m</sup>,128, celui de la tige de 0<sup>m</sup>,08.

Cet appareil est capable d'exercer sur la tige du piston un effort de 4 710 kilogrammes à la traction pour ouvrir le vantail, et 3 016 kilogrammes à la compression pour le fermer.

*Appareils de secours pour les manœuvres à bras des portes d'écluse.* — Les appareils de secours pour les manœuvres à bras sont indépendants des appareils hydrauliques. Chacun d'eux consiste en un espar de 6 mètres de long attelé sur un piton fixé à la partie supérieure de la porte et mobile le long d'une poulie-guide qui sert également de poulie de renvoi à un câble alternativement fixé à chaque extrémité de l'espar, soit pour l'ouverture, soit pour la fermeture, et frappé à l'autre extrémité sur l'un des cabestans. La manœuvre se fait par des hommes qui agissent sur des anses que l'on enfonce dans des ouvertures ménagées à la partie supérieure de la poulée mobile du cabestan.

Un appareil complet comprend : un support fixe scellé dans les maçonneries ; une poulie mobile avec son arbre pouvant se fixer dans le support ; un espar ; un piton d'attache et un câble en chanvre.

*Appareils de manœuvre des vannes des aqueducs de remplissage et de vidange des sas.* — Les appareils de manœuvre des vannes des aqueducs de remplissage et de vidange des sas sont au nombre de huit. Ils sont semblables pour les deux écluses.

Chacun d'eux se compose d'un cylindre dans lequel se meut un piston différentiel, comme ceux des appareils des portes. La tige de ce piston actionne directement des vannes à jalousie dont l'ouverture permet l'introduction de l'eau dans le sas et son évacuation.

Chaque appareil est placé dans un puisard situé à l'aplomb de l'aqueduc qui débouche dans le sas. Une tige fixée latéralement à la tige du piston traverse la plaque de recouvrement du puits et constitue un index qui dépasse le couronnement de l'écluse d'une quantité égale, à chaque instant, à la hauteur d'ouverture de chaque orifice.

Les dimensions principales de chaque appareil sont :

Nombre des orifices des ventelles. . . . .	3
Dimensions de chaque orifice (section contractée avec évasement parfait dans tous ses sens) . .	$0^m,550 \times 1^m,520$
Pour les vannes de la petite écluse, la largeur des orifices n'est que de . . . . .	$1^m,05$
Course du piston. . . . .	$0,550$
Diamètre intérieur du cylindre . . . . .	$0,160$
Diamètre de la tige du piston . . . . .	$0,090$

Ces appareils sont capables de produire sur la tige du piston un effort de 8 244 kilogrammes à la traction pour lever les vannes de la grande écluse, et 3 815 kilogrammes à la compression pour les fermer.

Pour la petite écluse, les résistances sont réduites dans la proportion des sections, soit de  $1^m,55$  à  $1^m,05$ .

*Appareils de manœuvre à bras des vannes des aqueducs de remplissage et de vidange du sas de la grande écluse.* — Si pour une cause quelconque, la pression hydraulique ne pouvait être fournie aux appareils moteurs des vannes de remplissage et d'évacuation des sas, les aqueducs ne pourraient plus être utilisés; on serait réduit aux ventelles des portes, et il en résulterait une augmentation notable dans la durée de l'écluse.

Pour obvier à cet inconvénient possible, on a installé des appareils de manœuvre à bras. Ces appareils de secours ne sont qu'au nombre de deux, un pour chaque tête de la grande écluse; ils sont placés dans les puisards des aqueducs du bajoyer de terre; l'immobilisation du second jeu de vannes n'augmente que de quelques minutes la durée de l'écluse.

Chaque appareil de secours se compose : d'une vis sans fin verticale, mise en mouvement par des hommes agissant aux extrémités de deux anses, emmanchés dans une forte clef à douille, que l'on place sur la tête carrée de l'arbre de cette vis. Celle-ci engrène avec une roue qu'elle met en marche autour d'un arbre horizontal. Aux extrémités de cet arbre, sont calés deux pignons qui commandent deux crémaillères verticales, auxquelles les vannes à jalousie sont attelées par l'intermédiaire d'un balancier horizontal.

L'arbre à vis sans fin est équilibré par un contrepoids P et muni de deux collets *a* et *b*, qui forment butée entre les branches d'un tiroir horizontal de calage A. Ce tiroir est lui-même mis en mouvement par un arbre vertical B, sur



lequel s'ajuste une clef à douille; lorsque la vanne est en bas de sa course, on ramène le tiroir A en arrière et on fait tourner l'arbre à vis sans fin au moyen des barres. Lorsque la vis est remontée, on repousse le tiroir A en place et l'arbre reste suspendu par le collet inférieur *b*. L'embrayage s'obtient par une manœuvre inverse de la précédente; c'est alors le collet supérieur *a* qui, en butant sur le tiroir A empêche la vis de remonter.

Cet appareil mû par deux hommes, exerçant chacun un effort de 19 kilogrammes, peut développer une traction ou une compression de 6000 kilogrammes nets, indépendamment des frottements. L'effort produit par ces appareils peut être porté à 8000 kilogrammes en augmentant le nombre d'hommes ou en les chargeant à 25 kilogrammes chacun.

*Cabestans hydrauliques.* — Ces cabestans, du système Armstrong, sont au nombre de cinq sur chaque bajoyer de la grande écluse. Chacun d'eux peut produire une traction de 1200 kilogrammes sur un câble remorqué avec une vitesse de 43 centimètres à la seconde, c'est-à-dire développer une puissance d'environ 7 chevaux-vapeur.

Ils se manœuvrent, soit à la main, soit au moyen de la pression hydraulique, par un simple débrayage.

L'appareil-moteur de chaque cabestan comprend trois cylindres horizontaux fixes, à simple effet, agissant sur un arbre à trois coudes qui commande, par un engrenage conique, la poupée du cabestan. La distribution se fait au moyen de tiroirs équilibrés à ressorts compensateurs.

L'eau sous pression est introduite dans les cylindres au moyen d'une pédale actionnant une soupape par l'intermédiaire d'un levier à contrepoids; cette soupape établit seule ou interrompt la communication entre le cabestan et le tuyau de pression, en sorte que ces appareils se manœuvrent sans clef par la simple pression du pied.

La poupée est entraînée par l'arbre vertical de commande au moyen d'un chapeau à griffes disposé en vue de manœuvres à la main.

Tous les organes délicats sont contenus dans une boîte qu'on peut fermer hermétiquement.

Le diamètre des pistons est de 0,105, leur course de 0,100.

*Clapets d'arrêts et robinets de vidange adaptés à tous les appareils.* —

Les appareils de manœuvre des portes, ceux des vannes des aqueducs et ceux des cabestans sont tous munis de clapets d'arrêt et de robinets de vidange, pour pouvoir être isolés et vidés en cas de besoin.

*Fonctionnement du système.* — Le sas de la grande écluse de Bougival pouvant contenir 16 ou 17 péniches, en sus du toueur, ces bateaux ne peuvent



entrer tous dans l'écluse à la remonte par leur propre vitesse, car le train peut atteindre 1 kilomètre de longueur; leur erre ne tarde donc pas à s'amortir.

Pour écluser un train montant de la Compagnie du touage, les manœuvres s'effectuent de la manière suivante : le toueur, n'entraînant avec lui que quatre bateaux, se place le plus près possible des portes d'amont et s'amarre contre le bajoyer de terre; le bateau qui le suit se range seul à sa gauche et les trois autres, de front, immédiatement en arrière; les autres bateaux sont ensuite halés au moyen de cabestans; on attèle le premier des bateaux restants sur un cabestan du bajoyer et le suivant sur un cabestan du bajoyer extérieur, et on les hale jusqu'au droit de ces cabestans; on porte ensuite les remorques sur les deux cabestans précédents et ainsi de suite jusqu'à ce qu'ils soient rangés.

On recommence la même opération pour les bateaux suivants, dont l'un vient s'intercaler entre les deux précédents, et on continue de la même manière jusqu'à ce que tout le train soit entré et rangé dans l'écluse; les cabestans servent aussi aux manœuvres transversales, quand elles sont nécessaires. Cette manœuvre d'entrée des bateaux peut être exécutée en 20 ou 25 minutes. La fermeture des portes d'aval n'exige pas plus de 30 secondes.

Le remplissage du sas s'opère en ouvrant d'abord les ventelles des portes manœuvrées à bras, ensuite et progressivement les vannes des aqueducs d'amont, au moyen de pistons hydrauliques, à mesure que la chute diminue. Cette opération exige 15 minutes; on pourrait l'abréger notablement en ouvrant complètement les vannes d'un seul coup; mais l'expérience a démontré qu'il ne fallait pas introduire dans le sas un cube de 13800 mètres d'eau en moins de 13 à 14 minutes, pour éviter les chocs des bateaux, soit entre eux, soit contre les bajoyers, ou la rupture des amarres.

On n'attend pas d'ailleurs que le sas soit plein pour ouvrir les portes; car les dernières couches d'eau sont les plus longues à introduire et les appareils des portes peuvent les ouvrir sous une charge de 10 centimètres; on gagne ainsi quelques minutes.

L'ouverture des portes d'amont absorbe 15 secondes seulement. Enfin le démarrage et la sortie des bateaux n'exige pas moins de 15 minutes.

On voit, en résumé, que pour le plus grand train que puisse contenir l'écluse, la durée totale de la manœuvre, depuis l'entrée du toueur en aval jusqu'à la sortie du dernier bateau en amont, est de 56 minutes et que, sur ce temps, 40 minutes sont absorbées par les manœuvres de rangement et de sortie. Pour un convoi de 8 à 10 bateaux, on peut opérer le sassement en 40 minutes; pour un convoi de 2 à 3 bateaux, il suffit de 30 minutes; enfin, par la petite écluse, un bateau à vapeur isolé sasse en 5 ou 6 minutes.

*Dépense d'eau sous pression pour une écluse complète.* — Si l'on considère les deux écluses fonctionnant ensemble et si l'on suppose cinq cabestans

fonctionnant chacun sur 50 mètres de longueur, on trouve que la consommation d'eau est de 1 008 litres, soit 1 000 litres en nombre rond, excédant de 300 litres la capacité de l'accumulateur.

En sorte que, pour ce cas, la réserve de l'accumulateur devait être entretenue, mais cela n'a généralement pas lieu et d'ailleurs n'aurait pas d'inconvénient, puisque entre l'ouverture des portes et la fin du rangement des bateaux, il s'écoule environ 20 minutes et que l'accumulateur n'exige environ que 9 minutes pour se remplir.

En fait, les 700 litres de l'accumulateur suffisent toujours, car il est rare qu'on emploie cinq cabestans ou qu'ils agissent sur 50 mètres de longueur et que les deux écluses fonctionnent ensemble.

*Capacité de trafic des écluses de Bougival.* — On trouve, d'après l'étude de la durée des manœuvres, qu'on peut compter au maximum 2 heures pour deux éclusées de 16 péniches chacune, en sens contraire, comportant chacune 4 500 tonnes de marchandises; la grande écluse pourrait donc livrer passage, en fonctionnant jour et nuit, à  $12 \times 4\,500$  tonnes = 54 000 tonnes par jour dans chaque sens, ou 19 710 000 tonnes par an dans chaque sens, soit en tout 39 420 000 tonnes.

La petite écluse qui sert aux porteurs peut donner passage à 8 bateaux à l'heure, soit à 192 bateaux par jour de 24 heures, le chargement maximum moyen des porteurs actuels étant de 150 tonnes, on voit que le trafic annuel de la petite écluse peut atteindre  $192 \times 150 \times 365$ , soit 10 512 000 tonnes.

On voit que les nouvelles installations pourraient à elles seules, donner passage théoriquement à un trafic de 50 millions de tonnes par an.

Il reste enfin la vieille écluse qui peut être utile pour assurer le service en cas d'obstruction de la grande écluse.

Il ne faut pas oublier que les chiffres donnés plus haut sont des chiffres théoriques et que pour plusieurs raisons, ils ne sont jamais atteints. En 1887 on a atteint le chiffre de 3 millions, mais le tonnage va en croissant d'une façon constante depuis cette époque par la mise en service des travaux qui ont augmenté le tirant d'eau entre Paris et Rouen.

*Dépenses de la nouvelle dérivation de Bougival.* — Les dépenses faites pour la construction des nouvelles écluses de Bougival sont complètement réglées et soldées; elles ont été les suivantes, toutes entreprises, sommes à valoir et dépenses diverses de régie comprises :

*Dépenses d'établissement des appareils hydrauliques.* — Les dépenses d'établissement des appareils hydrauliques de manœuvre, ainsi que des bâtiments qui les contiennent, se sont élevées à 275 087 fr. 50, savoir :

Appareils de la machinerie et accumulateur . . .	65.300 fr. »
Canalisation . . . . .	32.000 »
Appareils récepteurs sur les écluses . . . . .	102.700 »
Fondations et maçonneries en rivières . . . . .	41.000 »
Bâtiments . . . . .	17.000 »
Menus travaux et remplacement des appareils de manœuvre des vannes primitives . . . . .	17.087 50
Total . . . . .	<u>275.087 f. 50</u>

*Dépenses d'exploitation des appareils hydrauliques.* — Les dépenses d'exploitation s'élèvent annuellement à 7200 francs environ et se décomposent ainsi qu'il suit : 6100 francs pour le traitement des deux mécaniciens qui habitent les bâtiments de l'État, et 1100 francs pour l'entretien et les fournitures pour menues réparations.

L'intérêt de 4 0/0 de la dépense de 275500 francs pour le premier établissement des installations hydrauliques ressort à 11000 francs; les frais d'entretien d'exploitation spéciaux à ces appareils, à 7200 francs; on voit donc que ces installations reviennent à 18200 francs environ; mais on doit retrancher de cette somme les salaires et indemnités de trois éclusiers supplémentaires au moins qui seraient nécessaires en l'absence des appareils hydrauliques, soit 4200 francs, en sorte que l'application de ces appareils coûte à l'État 14000 francs de plus que l'emploi d'appareils à bras.

D'autre part, la marine bénéficie largement de ces installations qui évitent l'emploi de chevaux pour ranger les trains dans les écluses; la Compagnie du tonnage a supprimé le service des chevaux qui lui coûtait à elle seule environ 8000 francs par an. Les autres entrepreneurs supportaient des frais analogues qui atteignaient plus de 1 franc par bateau entrant dans l'écluse, pour un tonnage qui dépasse actuellement celui qui est remorqué par la Compagnie du tonnage, en sorte que l'on peut dire que la dépense de ces appareils est absolument compensée par une économie égale faite par la battellerie.

Si l'on n'envisage que la dépense absolue, sans s'inquiéter de sa répartition entre l'État et la battellerie, on trouve que l'exploitation des nouvelles écluses au moyen des appareils hydrauliques ne coûte pas plus cher que celle de l'ancienne écluse avec des chevaux, pour un trafic supérieur (737105 tonnes), qui va s'accroissant tous les jours.

En résumé, on doit conclure :

1° Que l'application des engins hydrauliques à la grande écluse de Bougival constitue, par rapport à la manœuvre à bras d'hommes ou au moyen de chevaux, une amélioration considérable, sans laquelle l'exploitation de cette écluse serait très incommode et à peu près limitée au trafic annuel de 3 millions de tonnes, tandis que ce chiffre étant presque atteint en 1887, sera sans doute notablement dépassé dans quelques années.

2° Que la dépense qu'ils occasionnent, à titre d'établissement et d'entretien, est compensée par une économie à peu près égale faite par la battellerie, en sorte qu'au point de vue général, ces appareils sont avantageux, puisqu'ils permettront, sans dépense supplémentaire, l'exploitation des écluses avec un trafic de 5 à 6 millions de tonnes, tandis que les engins ordinaires n'auraient pu suffire au transit d'un pareil tonnage.

---

## Barrage de Poses

---

### Exposé de la situation matérielle de la Basse-Seine entre Paris et Rouen avant 1878.

Avant les travaux définis par la loi du 6 avril 1878, la navigation ne trouvait dans la Basse-Seine, entre Paris et Rouen, que des profondeurs tout à fait insuffisantes.

Le mouillage se maintenait alors, en moyenne, au-dessous de 1 mètre pendant dix jours par an ; entre 1 mètre et 1<sup>m</sup>,50 pendant quatre-vingt dix jours ; entre 1<sup>m</sup>,50 et 2 mètres pendant soixante-quinze jours.

On voit que le mouillage ne dépassait guère celui de 80 centimètres qu'offrait la rivière libre, à l'étiage, au commencement du siècle.

Cependant en 1875, sept barrages fonctionnaient déjà ; mais au moment de l'exécution des premiers travaux, on ne pouvait prévoir l'abaissement du niveau de l'étiage qui fut la principale cause du mécompte éprouvé dans cette première canalisation.

L'évaluation exagérée des remous avait conduit les auteurs des premiers projets à placer les niveaux des buscs aval des écluses à une altitude excessive, et à créer ainsi, en plus des seuils naturels que présentait le lit du fleuve, des seuils fixes, insuffisamment couverts par les retenues établies à l'aval.

De 1855 à 1875, de nombreux projets ont été préparés en vue de remédier à cette situation.

Nous n'insisterons pas sur ces différents projets.

Les succès obtenus par M. Poirée sur l'Yonne et sur la Seine à Bezons, le déterminèrent à présenter, en 1845, un projet de canalisation de la Seine, réalisant un mouillage de 2 mètres, au moyen de treize barrages éclusés dont la dépense était évaluée à 18 300 000 francs. Ce chiffre fut réduit par raison d'économie à 10 300 000 francs.

Dix ans après, il restait encore à construire une des retenues prévues au projet de 1845 (celle de Martot), lorsque l'administration, par une décision du 23 juin 1855, prit en considération un projet présenté par MM. Belgrand et de Lagalissérie, alors ingénieurs en chef de la Basse-Seine, pour porter le tirant d'eau à 3 mètres.

Ce fut seulement en 1866 qu'un décret ouvrit un crédit de 6 500 000 francs pour assurer enfin la réalisation des promesses de 1845 et porter à 2 mètres le tirant d'eau de la Basse-Seine.

Pour obtenir ce résultat, les travaux comprenaient :

1° la construction d'un nouveau barrage éclusé aux environs de Bonnières (Port-Villez);

2° l'exhaussement et la réparation des ouvrages des retenues de Menlan, de Notre-Dame-de-la-Garenne et de Poses.

On entreprit immédiatement la construction du barrage de Port-Villez, qui était le travail le plus important et le plus pressé du programme.

Cette entreprise ne fut terminée qu'en 1880.

La cause de ces retards était provoquée par la guerre de 1870 et aussi par les études des nouveaux systèmes de fermetures des passes.

La seconde partie du programme de 1866 n'était pas encore commencée en 1875, la raison en était que les ingénieurs hésitaient à remanier des ouvrages dont l'état de conservation causait de vives inquiétudes.

Dès lors on ne pouvait songer à opérer sur place l'abaissement des buses aval des écluses. Dans ces conditions la question du tirant d'eau de 3 mètres revenait à l'ordre du jour.

En 1874 un projet fut présenté dans ce sens à l'administration par M. Krantz.

L'administration demanda alors un projet comparatif des travaux à exécuter pour les tirants d'eau de 2 et 3 mètres.

M. l'inspecteur général de Lagrené et M. l'ingénieur en chef Cheysson conclurent à l'adoption en principe du mouillage de 3<sup>m</sup>,20, qui, après enquête, fut déclaré d'utilité publique par la loi du 6 avril 1878.

Une des difficultés des projets antérieurs avait été de ne pas dépasser la limite de fonctionnement des organes mobiles, c'est ce qui avait conduit les auteurs des projets de 1866 à admettre le relèvement des seuils; mais cette surélévation entraînait d'abord la suppression des passes profondes, si nécessaires à la navigation, et une diminution du débouché laissé aux crues.

Malgré cela, on était dans l'impossibilité de recouvrir les hauts fonds de Tosny et de la Mare, situés dans le bief de Poses et on avait dû prévoir la construction d'un nouveau barrage de 1 mètre de chute à Andé. Ce qui était une anomalie.

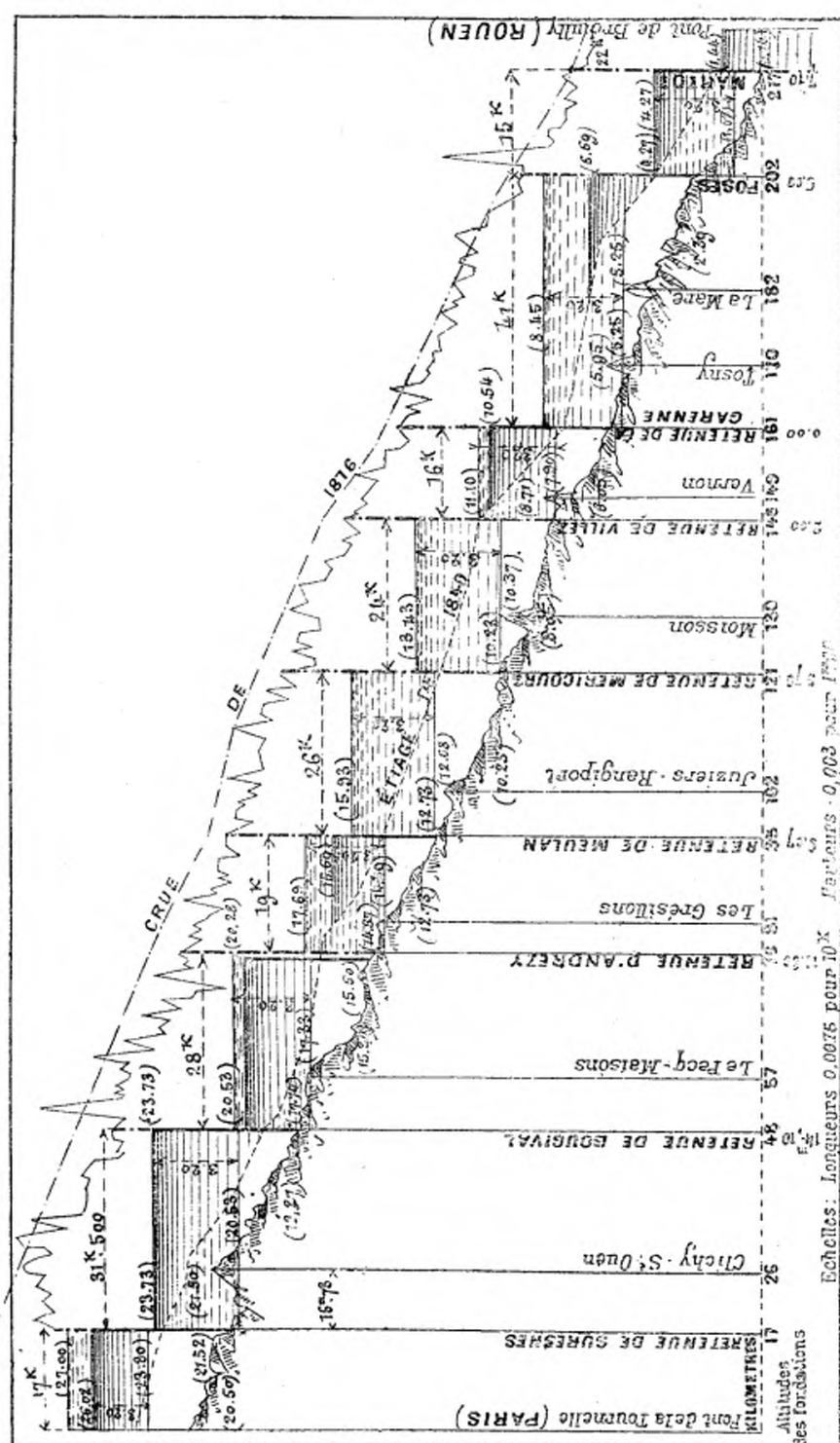
C'est alors qu'au cours des études relatives à la manœuvre des grosses aiguilles M. l'ingénieur en chef Caméré imagina un nouveau système de vannage mobile, au moyen de *rideaux articulés* et applicable à des hauteurs bien supérieures à celles que l'on pouvait rencontrer dans l'exécution des nombreux travaux de la Seine.

Ce vannage mis à l'essai le 27 avril 1876, aux barrages de Notre-Dame-de-l'Isle et de Notre-Dame-de-la-Garenne, fonctionna parfaitement dès le début; son emploi permettait donc, en donnant 5 mètres de hauteur à la retenue de Poses, d'éviter le barrage projeté à Andé et, en outre, de faciliter la marche des bateaux en supprimant cette écluse.

On a, par suite, définitivement fixé à neuf le nombre des retenues nécessaires au mouillage de 3,20, soit deux de plus que celui des retenues construites pour obtenir le tirant d'eau de 1<sup>m</sup>,60.

Le tableau ci-joint donne la situation des anciennes et des nouvelles retenues, ainsi que l'altitude des seuils des écluses.

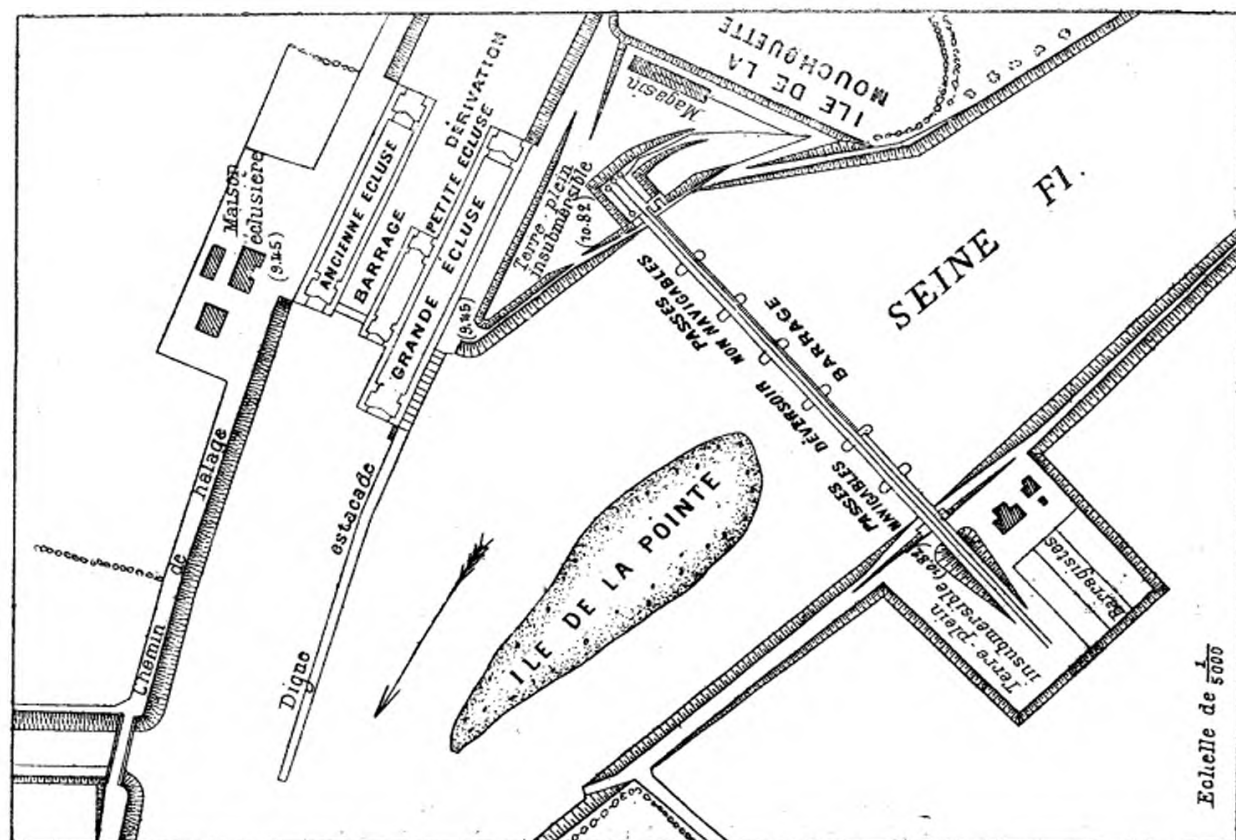
RETENUES ANCIENNES ET NOUVELLES DE LA SEINE ENTRE PARIS ET ROUEN





Technical drawing of a canal lock system, showing a plan view of the lock chamber and its approach channels. The drawing includes various dimensions and labels:

- Lock Chamber Dimensions:**
  - Length: 160,00
  - Width: 17,00
  - Width at the right end: 17,50
- Approach Channels:**
  - Left approach channel width: 5,00, 7,50
  - Right approach channel width: 5,00, 6,00
- Lock Gates and Structures:**
  - Lock gate width: 13,00
  - Lock gate height: 8,00
  - Lock gate width at the right end: 12,00
  - Lock gate height at the right end: 12,00
- Other Dimensions:**
  - 157,89
  - 141,00
  - 11,50
  - 62,00
  - 58,17
  - 5,80
  - 120,00
  - 12,00
  - 17,00
  - 13,00
  - 12,00
  - 11,00
  - 10,00
  - 9,00
  - 8,00
  - 7,00
  - 6,00
  - 5,00
  - 4,00
  - 3,00
  - 2,00
  - 1,00
  - 0,50
  - 0,25
  - 0,125
  - 0,0625
  - 0,03125
  - 0,015625
  - 0,0078125
  - 0,00390625
  - 0,001953125
  - 0,0009765625
  - 0,00048828125
  - 0,000244140625
  - 0,0001220703125
  - 0,00006103515625
  - 0,000030517578125
  - 0,0000152587890625
  - 0,00000762939453125
  - 0,000003814697265625
  - 0,0000019073486328125
  - 0,00000095367431640625
  - 0,000000476837158203125
  - 0,0000002384185791015625
  - 0,00000011920928955078125
  - 0,000000059604644775390625
  - 0,0000000298023223876953125
  - 0,00000001490116119384765625
  - 0,000000007450580596923828125
  - 0,0000000037252902984619140625
  - 0,00000000186264514923095703125
  - 0,000000000931322574615478515625
  - 0,0000000004656612873077392578125
  - 0,00000000023283064365386962890625
  - 0,000000000116415321826934814453125
  - 0,0000000000582076609134674072265625
  - 0,00000000002910383045673370361328125
  - 0,000000000014551915228366851806640625
  - 0,0000000000072759576141834259033203125
  - 0,00000000000363797880709171295166015625
  - 0,000000000001818989403545856475830078125
  - 0,0000000000009094947017729282379150390625
  - 0,00000000000045474735088646141895751953125
  - 0,000000000000227373675443230709478759765625
  - 0,0000000000001136868377216153547393798828125
  - 0,00000000000005684341886080767736968994140625
  - 0,000000000000028421709430403838684844970703125
  - 0,0000000000000142108547152019193424224853515625
  - 0,00000000000000710542735760095967121124266796875
  - 0,000000000000003552713678800479835605621333984375
  - 0,0000000000000017763568394002399178028106669921875
  - 0,00000000000000088817841970011995890140533349609375
  - 0,000000000000000444089209850059979450702666748046875
  - 0,0000000000000002220446049250299897253513333740234375
  - 0,00000000000000011102230246251499486267566668701171875
  - 0,000000000000000055511151231257497431337833343505859375
  - 0,0000000000000000277555756156287487156689166717529296875
  - 0,00000000000000001387778780781437435783445833587646484375
  - 0,000000000000000006938893903907187178917229167938232421875
  - 0,0000000000000000034694469519535935894586145839691162109375
  - 0,00000000000000000173472347597679679472930729198455810546875
  - 0,000000000000000000867361737988398397364653645997279052734375
  - 0,0000000000000000004336808689941991986823268229986395263671875
  - 0,00000000000000000021684043449709959934116341149931976318359375
  - 0,000000000000000000108420217248549799670581705749659881591796875
  - 0,0000000000000000000542101086242748998352908528748299407958984375
  - 0,00000000000000000002710505431213744991764542643741497039794921875
  - 0,000000000000000000013552527156068724958822713218707485198974609375
  - 0,0000000000000000000067762635780343624794113566093537425994873046875
  - 0,00000000000000000000338813178901718123970567830467687129974365234375
  - 0,000000000000000000001694065894508590619852839152338435649871826171875
  - 0,0000000000000000000008470329472542953099264195761692178249359130859375
  - 0,00000000000000000000042351647362714765496320978808460891246795654296875
  - 0,000000000000000000000211758236813573827481604894042304456233978271484375
  - 0,0000000000000000000001058791184067869137408024470211522281169891357421875
  - 0,00000000000000000000005293955920339345687040122351057611405849456787109375
  - 0,000000000000000000000026469779601696728435200611755288057029247283935546875
  - 0,0000000000000000000000132348898008483642176003058776144028514636419677734375
  - 0,00000000000000000000000661



Echelle de  $\frac{1}{5000}$



*Bief de Suresnes.* — Nous n'entrerons pas dans de nouveaux détails au sujet de ce bief, puisqu'il fait l'objet d'un long article. Nous dirons seulement que c'est dans les passes surélevées qu'ont été appliquées les vannes inventées par M. l'ingénieur en chef Boulé.

Une nouvelle écluse a été construite, et l'ancienne aménagée suivant le nouveau type adopté.

*Bief de Bougival.* — Le travail a consisté seulement dans des dragages exécutés entre le pont de Clichy et celui de Saint-Denis.

Deux nouvelles écluses ont été construites et l'ancienne réparée pour servir à la batellerie.

*Bief de Denonval-Carrières.* — On a réalisé dans ce bief le tirant d'eau de 3 mètres par un relèvement de 25 centimètres et des dragages entre le Pecq et Maisons.

L'exhaussement de la retenue d'aval (Meulan) ayant diminué la chute à Denonval, on a pu conserver les anciennes fermettes.

On s'est contenté de les exhausser, pour placer la passerelle au-dessus du niveau de la nouvelle retenue.

L'ancienne écluse de Denonval présentait un accès difficile du côté d'aval ; deux nouvelles écluses ont été construites dans une courte dérivation à Carrières-sous-Poissy.

*Bief de Meulan.* — On a reconstruit le barrage immédiatement à l'amont de l'ancien, afin d'obtenir un relèvement de 1 mètre pour le niveau de la retenue qui peut ainsi convenablement couvrir le haut-fond des Grésillons.

Ce barrage comprend : deux passes surélevées et deux passes profondes navigables.

On a établi les passes surélevées d'après le type de Port-Villez, et les passes profondes d'après celui de Poses (rideaux appliqués sur des montants articulés à des ponts supérieurs).

L'ancienne écluse, dont les buses n'étaient pas trop élevés pour le tirant d'eau de 3 mètres, a été consolidée et une nouvelle établie en dérivation dans le voisinage.

*Bief de Mericourt.* — Pour couvrir les hauts-fonds de Juziers et de Rangipont, on a établi à Mericourt une nouvelle retenue.

Elle comprend deux écluses et un grand barrage accolé à celles-ci.

Ce barrage comprend lui-même deux passes surélevées.

Les passes vées surélevées ont été établies suivant le type de Port-Villez, et les passes profondes suivant le système de Poses.

*Bief de Port-Villez.* — On a établi la retenue de façon à couvrir le haut-fond de Moisson ; les ouvrages comprennent une écluse et un barrage accolé. Le barrage est composé d'un déversoir et de passes.

Ce barrage est le premier dont les passes ont été fermées au moyen de rideaux articulés appliqués sur des fermettes.

Une seconde écluse, construite suivant le modèle de la grande écluse des autres retenues, doit compléter les ouvrages de cette retenue.

*Bief de Notre-Dame-de-la-Garenne.* — L'ancien barrage de Notre-Dame-de-l'Isle a été abandonné, ainsi que l'écluse qui était en très mauvais état, et présentait en outre un accès difficile en amont.

Pour couvrir les hauts-fonds de Vernon et diminuer le cube des dragages, le niveau de la retenue a été relevé de 56 centimètres.

Deux nouvelles écluses ont été établies en dérivation dans le voisinage de l'ancienne.

On a modifié sur place le barrage accolé à l'ancienne écluse. Les fermettes ont été exhaussées comme à Andrézy.

Le barrage est formé d'une travée de 46<sup>m</sup>,20 de longueur, il est fermé par des aiguilles de 3<sup>m</sup>,08 de hauteur.

Le barrage nouveau de Port-Mort, établi sur le grand bras de la rivière, comprend six passes.

Le seuil est arasé au même niveau dans toutes les passes, dont le vannage a 4<sup>m</sup>,30 de hauteur.

Le barrage est construit suivant le type de Poses.

*Bief de Poses.* — Pour éviter des dragages excessifs, on a relevé de 1<sup>m</sup>,76 le niveau de l'ancienne retenue, afin de couvrir les hauts-fonds de la Mare et de Tosny.

Par suite de ce relèvement, la reconstruction des anciens barrages était forcée, leur état, du reste, n'était pas très satisfaisant.

L'écluse était insuffisante pour le tirant d'eau de 3 mètres, parce que son busc aval était trop élevé. On a donc construit deux nouvelles écluses sur l'emplacement d'une partie du barrage accolé à l'ancienne écluse. (Voir les deux plans ci-joints).

L'ancienne écluse est réservée pour la petite batellerie, tant que son état de conservation le permettra.

On a construit le barrage au droit des écluses. Il se compose de cinq passes profondes, dont deux, celles de la rive gauche, sont affectées à la navigation lorsque le barrage est ouvert, et de deux passes-déversoirs.

*Bief de Saint-Aubin.* — On n'a pas modifié le niveau de la retenue de Saint-Aubin.

Deux nouvelles écluses ont été construites en dérivation, et l'ancienne, dont l'état de conservation laisse à désirer, sera maintenue en service tant que cela sera possible.

*Bief de Rouen.* — Autrefois le flot de la marée se faisait sentir jusqu'à Poses, il est arrêté maintenant par la retenue de Saint-Aubin.

La construction d'un nouveau barrage éclusé, près de Rouen, aurait eu pour conséquence de réduire encore ce parcours de 23 kilomètres; elle aurait diminué le volume d'eau qui entretient le port de Rouen et le chenal en aval; pour cette raison, et aussi pour des raisons d'économie, on s'est contenté d'améliorer la Seine entre Rouen et Saint-Aubin par des dragages. Les travaux ont donc consisté dans le creusement d'un chenal de 50 mètres de largeur minimum, ayant 3<sup>m</sup>,20 de profondeur au-dessous, non des plus basses eaux connues, mais des plus basses pleines mers connues.

Nous n'examinerons ici que les travaux du barrage de Poses.

### *Barrage de Poses.*

Ce qui distingue le type de Poses, c'est que le vannage est formé par des rideaux appliqués sur des montants articulés à des ponts supérieurs. Deux poutres à treillis supportent un tablier formant un pont et reposent sur les piles séparatives des passes.

Ce tablier est établi assez haut pour laisser, au-dessous des montants relevés, un écoulement facile aux eaux de crue, et dans les passes navigables une hauteur libre de 5<sup>m</sup>,25 au-dessus des plus hautes eaux de navigation.

Cette hauteur de 5<sup>m</sup>,25 a été fixée en principe pour tous les ponts à établir sur la Seine, entre Paris et Rouen, par une décision ministérielle du 1<sup>er</sup> juin 1876, relative au pont de la Compagnie des chemins de fer de l'Ouest, à Conflans.

A ce tablier, sont suspendus par une articulation, des cadres formés de montants verticaux entretoisés, dont le pied vient buter contre les bornes isolées, scellées dans le radier.

Le vannage est constitué par des rideaux doubles appliqués sur les cadres et manœuvrés à l'aide d'un treuil circulant sur une passerelle de service établie à l'aval des montants.

Cette passerelle est formée de tronçons articulés sur les cadres à 1 mètre au-dessus du niveau de la retenue.

Pour ouvrir le barrage, on commence par enrayer les rideaux au-dessus du niveau de la retenue et par replier contre les montants les tronçons de la passerelle; puis, au moyen d'un treuil circulant sur un tablier établi sur un second pont installé à l'amont du premier, on relève les cadres et on les accorde horizontalement, de façon que la passe soit complètement libre.

La fermeture se fait inversement.

Dans le cas où les montants ne pourraient être relevés en amont, leurs articulations sont placées dans des glissières verticales de façon à pouvoir les relever suffisamment pour que leur pied échappe le heurtoir. Le cadre peut alors décrire une rotation à l'aval et être relevé de ce côté.

On voit d'après ce qui précède :

1° Que la hauteur des retenues et l'importance des chutes à créer n'ont plus qu'une influence secondaire. L'adoption de ce système à Poses a permis de supprimer l'exécution du barrage éclusé prévu à Andé, dans l'avant-projet qui a servi de base à la loi de 1878, et de réduire à neuf le nombre des retenues entre Paris et Rouen;

2° De réduire le radier à une surface continue et lisse présentant seulement de distance en distance des bornes étroites dont la saillie ne dépasse pas 25 à 35 centimètres.

Dans son ensemble, le type de Poses présente l'avantage de n'exiger pour les manœuvres aucun transport en magasin, et réciproquement, des pièces du vannage et des ports de service. De plus, ces manœuvres ne consistant qu'en accrochage de chaînes, et mise en mouvement de treuils, peuvent être exécutées par des ouvriers quelconques, toujours faciles à recruter.

Enfin, l'emploi de ce système réserve l'avenir, en permettant d'obtenir une augmentation facile et peu coûteuse de la hauteur de la retenue. Pour surélever le vannage, il suffit, en effet, d'ajouter quelques lames à la partie inférieure des rideaux, comme on l'a fait du reste, à Port-Villez.

*Description générale des ouvrages.* — Les anciens ouvrages de cette retenue comprenaient (voir le plan) :

1° L'écluse figurée sur la rive droite de la dérivation d'Amfreville ;

2° Un barrage accolé à cette écluse pour compléter la fermeture de la dérivation ;

3° Les barrages d'Anet et d'Amfreville établis à environ 2 kilomètres en amont.

*Écluses.* — On ne pouvait conserver l'ancienne écluse, le busc aval étant trop élevé de 1<sup>m</sup>,28. Un groupe de deux écluses accolées, du nouveau type, fut construit sur la rive gauche de la dérivation, dans l'emplacement d'une partie de l'ancien barrage.

Une jetée pleine, en maçonnerie, de 223 mètres de longueur, est établie en aval et dans le prolongement du bajoyer de rive de la grande écluse ; elle facilite les manœuvres et le garage des bateaux.

Les fondations des écluses ont été descendues en moyenne à l'altitude — 5<sup>m</sup>,50, soit à 10 mètres au-dessous du niveau moyen de l'eau, maintenue sur ce point, pendant l'été, par le barrage de Martot.

Les portes d'écluses sont en bois de pitch-pin ; elles sont munies de ventelles à jalousies.

Les aqueducs de remplissage contournant les chardonnets sont fermés, soit au moyen de vannes accouplées tournant autour d'axes horizontaux, soit au moyen d'un rideau articulé manœuvré de l'amont par soulèvement.

*Barrage accolé.* — En prévision du relèvement de la retenue à l'altitude 3<sup>m</sup>,45, la partie conservée du radier du barrage accolé, entre l'ancienne écluse et les nouvelles, a été consolidée :

1° Par la construction d'un avant-radier maçonné, de 1 mètre d'épaisseur, établi sur toute la largeur de la passe, entre le parement d'amont du radier proprement dit, et une ligne de pieux et palplanches établie à 17<sup>m</sup>,20 en amont de ce parement et enfoncée jusqu'à la craie ;

2° Par l'installation d'un arrière-radier en blocs artificiels et gros enrochements.

*Barrage de Poses. — Dispositions générales.* — Le niveau de la retenue a été porté à l'altitude 8<sup>m</sup>,45. Celui du seuil des passes navigables, déterminé d'après les hauteurs des seuils régulateurs du bief, a été arrêté à l'altitude 3<sup>m</sup>,45 soit à 5 mètres au-dessous de la retenue.

Pour établir le barrage, après avoir fixé ces différents niveaux, on a choisi un emplacement situé un peu en amont de l'île de la Pointe, pour les raisons suivantes :

1° Pour n'être pas trop éloigné des écluses et permettre ainsi un groupement satisfaisant de tous les ouvrages de la retenue ;

2° Pour présenter un seuil naturel placé à l'altitude de 3<sup>m</sup>,05, c'est-à-dire sensiblement au niveau du radier projeté.

La direction du barrage a été tracée suivant une ligne droite, normale à l'alignement sensiblement rectiligne que présente le bras de Poses, sur plus de 1 kilomètre à l'amont.

Le barrage de Poses composé de cinq passes profondes et de deux passes surélevées, offre un débouché suffisant pour que la vitesse à la surface, lorsque les eaux s'élèvent à l'altitude des plus hautes eaux navigables (8<sup>m</sup>,85), n'atteigne que 1<sup>m</sup>,20, tout en donnant passage à la totalité du débit de la Seine.

Entre les deux groupes de passes profondes, séparées par les passes-déversoirs, on a choisi celui de la rive gauche pour les passes navigables, parce que le chenal se présentait naturellement dans de bonnes conditions à l'amont et à l'aval de ces passes, et qu'il existait sur cette rive un chemin de halage.

La hauteur exceptionnelle de la retenue du barrage de Poses exigeait que ses fondations fussent établies sur un terrain solide et imperméable. Il a donc fallu, comme pour les écluses, descendre les fondations jusqu'au banc de craie compacte. C'est dans ce banc qu'ont été encastrées toutes les fondations du barrage.

*Détails des maçonneries. — Piles et culées.* — Les piles ont une épaisseur uniforme de 4 mètres ; les culées ont une épaisseur de 6<sup>m</sup>,24 ; elles sont terminées à l'amont par des avant-becs montés sans fruits, et ayant pour section, dans les piles un demi-cercle, et dans les culées un quart de cercle, de 2 mètres de rayon, tracé en dehors du parement de la poutre amont.

A l'aval les arrières-becs présentent, au-delà du parement de la poutre, une forte saillie qui supporte un massif de maçonnerie monté jusqu'au niveau de la semelle supérieure, ce massif est destiné à résister à la poussée horizontale qui lui est transmise par le tablier de suspension des cadres.

Les poussées, tant horizontales que verticales, s'exercent sur des sommiers en granit.

Les piles et les culées présentent à leur base, au niveau du radier des passes voisines, un socle débordant de 1 mètre le parement.

Elles sont traversées au niveau de la passerelle mobile par des passages voûtés en plein cintre, de 1<sup>m</sup>,30 de largeur et de 2<sup>m</sup>,30 de hauteur sous clef. Dans ces passages, sont ménagées des niches de 1<sup>m</sup>,05 de largeur sur 1<sup>m</sup>,10 de profondeur, destinées à servir de garage pour les treuils des rideaux.

Les socles, les couronnements, les avant et arrière-becs, les bandeaux et les encadrements des passages voûtés sont en pierre de taille ; le reste des parements est en briques, le remplissage en maçonnerie de moellons ordinaires.

*Bornes-heurtoirs.* — Des bornes en granit sont encastrées dans le radier pour recevoir le pied des montants mobiles du barrage. Elles sont espacées de 1<sup>m</sup>,16 d'axe en axe.

Ces bornes ont pour section horizontale un rectangle de 58 centimètres de largeur, sur 1<sup>m</sup>,20 de longueur. La saillie des bornes au-dessus du radier est de 25 centimètres dans les passes-déversoirs et 35 centimètres dans les passes profondes. La portée des montants sur les bornes est égale à cette saillie, diminuée de 10 centimètres pour le jeu réservé entre le radier et le pied du montant. Pour recevoir cette portée, une armature en fonte est fixée sur la face amont de la borne.

*Radiers.* — La surface générale des radiers est arasée à 3<sup>m</sup>,10 dans les passes profondes et à 5<sup>m</sup>,20 dans les passes navigables. Ces altitudes résultent en effet des niveaux adoptés pour le dessus des bornes-heurtoirs (3,45 et 5,45) et de leurs saillies au-dessus du radier (35 et 25 centimètres).

Les radiers sont limités à l'amont par un seuil arrondi en forme de doucine et arasés au niveau du dessus des bornes-heurtoirs, afin de protéger celles-ci contre le talonnement des bateaux ou le choc direct des corps flottants entre deux eaux. On a, dans le même but, protégé les arêtes amont et aval des massifs des risbermes des radiers avec des longuerines en bois.

Pour pouvoir facilement installer des batardeaux, en cas de réparation, on a pris les précautions suivantes : De chaque côté du radier, on a scellé dans la maçonnerie, au moyen de tiges verticales traversées à leur extrémité inférieure par une barre d'ancrage horizontale, des boîtes en fonte et des organes alternés.

*Ponts supérieurs.* — Dans le système du barrage de Poses on était obligé d'employer deux ponts supérieurs.

1° A l'aval, un pont double dont le tablier contient les cadres et reporte sur les arrière-becs des piles et des culées la fraction de la poussée de l'eau qui lui est transmise par le sommet de ces mêmes cadres, quand le barrage est fermé;

2° A l'amont, un deuxième pont dont le tablier supporte l'effort exercé par le treuil pendant la manœuvre, et une partie du poids des organes mobiles, lorsque ceux-ci sont relevés pour l'ouverture complète du barrage.

Dans l'exécution, les deux tabliers qui ont non seulement des destinations distinctes, mais encore des niveaux différents, ont été juxtaposés.

La poutre d'aval du deuxième pont a été supprimée et les pièces de pont ont été prolongées pour être fixées sur la poutre d'amont du tablier de suspension; on a ainsi obtenu un élargissement du tablier de relevage, très favorable aux manœuvres, en même temps que la juxtaposition des deux tabliers rendait les communications plus faciles, et que leur liaison faisait contribuer toutes les pièces du deuxième pont à la résistance aux poussées horizontales.

Enfin on a réalisé une économie, la dépense résultant de ces modifications étant inférieure au prix de la fonte supprimée.

Dans les passes non navigables, on a été conduit, pour assurer la facilité des communications, à installer, au-dessus des poutres du tablier d'aval, un troisième tablier qui est utilisé pour la circulation de la grue servant à la mise en place des rideaux.

*Poutres à treillis.* — Les trois poutres verticales supportant les tabliers sont à travées solidaires dans chaque groupe de passes; elles ont 3 mètres de hauteur totale dans les passes non navigables et 3<sup>m</sup>,20 dans les passes navigables, soit un peu moins de  $\frac{1}{10}$  de leurs portées.

Ces poutres sont à treillis avec diagonales croisées; les semelles sont rectilignes et ont la forme de T; leurs tables ont une longueur uniforme de 50 centimètres et 14 millimètres d'épaisseur; au droit des appuis l'épaisseur est portée à 42 millimètres par deux bandes de renfort qui s'étendent de chaque côté, l'une sur 4<sup>m</sup>,15 et l'autre sur 2<sup>m</sup>,22 de longueur.

Les âmes verticales, en tôle de 12 millimètres d'épaisseur, sont assemblées avec les tables au moyen de deux files de cornières; dans les passes non navigables on a donné à l'âme 55 centimètres de hauteur et aux cornières  $\frac{90 \times 90}{11}$ ; dans les passes navigables la hauteur de l'âme est de 60 centimètres et les cornières ont  $\frac{100 \times 100}{11}$ . Les semelles supérieures de toutes les poutres sont raidies par des bordures en cornières de  $\frac{80 \times 80}{10}$ , rivées sur la face inférieure.



Les semelles sont reliées par des montants verticaux, espacés de 2<sup>m</sup>,32, qui divisent la poutre en panneaux uniformes, l'écartement de ces montants correspond à la largeur d'un élément des organes mobiles du barrage.

Au-dessus des piles, les poutres comprennent deux panneaux à treillis de 1<sup>m</sup>,70 de largeur et un panneau plein de 1<sup>m</sup>,50, renforcé par un montant spécial dont l'axe est à 50 centimètres de l'extrémité.

Les diagonales des panneaux sont en tôle et cornières, assemblées de façon que leur section présente une forme d'  $\sqsubset$  ; leurs dimensions varient suivant les panneaux, de  $\frac{140 \times 150}{7}$  à  $\frac{260 \times 114}{14}$  ; leurs extrémités sont rivées sur les âmes verticales des semelles.

*Pièces de pont et tablier de suspension.* — La poutre d'aval et la poutre intermédiaire sont espacées de 3<sup>m</sup>,50 d'axe en axe ; elles sont reliées transversalement par des pièces de pont sous lesquelles se trouvent les consoles qui servent d'appui aux têtes des montants articulés ; ces pièces de pont sont espacées de 1<sup>m</sup>,16 d'axe en axe ; elles ont une section en forme de double T, de 57 centimètres de hauteur, celles qui se trouvent dans l'axe des panneaux à treillis ont leurs extrémités reliées avec l'âme verticale des semelles au moyen de cornières ; en face des montants verticaux, l'âme de la pièce de pont et celle du montant sont assemblées à l'aide d'un double couvre-joint. L'entretoisement horizontal est formé par deux cours de fers en  $\sqsubset$  placés de chaque côté des tiges de suspension des cadres.

*Tablier d'amont.* — La largeur du tablier d'amont dépend, dans une certaine mesure, de la hauteur à laquelle les ponts supérieurs sont établis au-dessus de la retenue.

A Poses, les joints d'attache des chaînes sur les cadres sont placés à 90 centimètres environ au-dessous du niveau de la retenue, et l'inclinaison de la chaîne sur la verticale est à peu près de 33° au commencement de l'opération. L'écartement des poutres du tablier d'amont s'est trouvé ainsi fixé à 7<sup>m</sup>,55 dans les passes navigables et à 5<sup>m</sup>,25 dans les passes non navigables.

L'altitude des semelles inférieures étant arrêtée, celle du tablier de suspension était fixée par la hauteur des pièces de pont.

Quant au tablier d'amont, on l'a relevé à peu près au milieu de la hauteur des poutres, afin de laisser au-dessous des pièces de pont un espace suffisant pour loger les rideaux enroulés quand les montants sont relevés, on évite ainsi d'avoir à les emporter en magasin.

Les tabliers des ponts supérieurs sont établis aux altitudes suivantes :

Passes navigables . . .	{	Tablier amont. . . . .	16 <sup>m</sup> ,960
		Tablier aval. . . . .	15 ,743
Passes non navigables.	{	Tablier aval supérieur . . .	15 ,743
		Tablier amont. . . . .	14 ,433
		Tablier aval inférieur. . . .	13 ,813



*Tablier aval supérieur des passes non navigables.* — Ce tablier est supporté par des pièces de pont espacées de 1<sup>m</sup>,16 d'axe en axe et ayant pour section un  $\square$  de  $\frac{220 \times 75}{9}$  ; ces pièces sont reliées par des goussets et des cornières avec les poutres aval et intermédiaire à une hauteur telle que le platelage qu'elles supportent soit au niveau de la face supérieure des semelles.

Il reste, entre le tablier inférieur de suspension et le dessous des pièces de pont, une hauteur libre de 2<sup>m</sup>,13, suffisante pour le passage de l'appareil de soulèvement des cadres et pour la circulation des ouvriers.

*Appareils d'appui et chariots de dilatation.* — Les poutres des ponts supérieurs reposent sur les piles et sur les culées par l'intermédiaire d'appareils à charnières formés de deux plateaux, dont les faces de contact, l'une concave et l'autre convexe, s'emboîtent l'une dans l'autre ; la surface concave ayant un rayon de courbure un peu plus grand que l'autre, le contact n'a lieu que suivant une génératrice, et la résultante des pressions passe toujours par le centre de l'appui, quelles que soient les flexions prises par les poutres sous l'influence des surcharges.

*Dépenses des ponts supérieurs.* — Le tableau suivant résume les dépenses relatives aux ponts supérieurs.

DÉSIGNATION DES OUVRAGES	POIDS	DÉPENSES	
		Totales	Par mètre courant de barrage
Ponts supérieurs. . . .	896.222 kil.	414.448 <sup>fr</sup> ,02	1.730 <sup>fr</sup> ,09
Appareils de dilatation. .	33.814 »	33 677 ,89	140 ,51
Totaux. . . .	930.036 kil.	448.125 <sup>fr</sup> ,91	1.870 <sup>fr</sup> ,60

*Installations aux abords.* — Les installations aux abords du barrage comprennent sur la rive gauche :

1° Une maison de barragiste. Cette maison se compose de trois logements distincts : celui du milieu, destiné au chef barragiste, présente sur la façade, du côté de la rivière, un petit avant-corps dans lequel est installé le poste télégraphique ;

2° Une rampe au dixième permettant d'accéder aux tabliers des ponts supérieurs des passes navigables ;

3° Un terre-plein insubmersible, élevé d'un mètre au-dessus des plus hautes eaux connues ; ce terre-plein éloigne les courants des eaux d'inondation et four-

nit une plate-forme, disponible en tout temps, pour un chantier de réparations;

4° Une banquette de halage installée dans la passe de rive;

5° Un passage inférieur ménagé sous la rampe d'accès, en arrière de la culée rive gauche et au niveau du terre-plein insubmersible, pour faciliter les communications.

Sur la rive droite :

1° Un terre-plein insubmersible sur le pointis aval de l'île de la Mouchette;

2° Une rampe au dixième, tracée en courbe et reliant le terre-plein aux tabliers des ponts supérieurs des passes non navigables;

3° Une banquette de halage traversant l'ouvrage dans la passe de rive et contournant le terre-plein à l'aval pour aboutir sur la plate-forme des écluses;

4° Un hangar fermé servant de magasin pour le matériel et les pièces de rechange du barrage et des écluses.

*Voies de communication.* — Il existe sur le tablier d'amont des passes navigables deux voies ferrées dont l'une est destinée à la circulation du treuil de relevage des cadres, et l'autre à la circulation de la grue servant à l'enlèvement et à la mise en place des rideaux; une troisième voie, établie sur le tablier d'aval, sert au passage du vérin de soulèvement des cordes.

La voie du treuil de relevage des cadres subsiste sur le tablier d'amont dans les passes non navigables; la voie de la grue roulante est installée sur le tablier aval supérieur, et la voie du vérin de soulèvement sur le tablier aval inférieur.

Pour faciliter les manœuvres, toutes ces voies, placées à des niveaux différents, ont été mises en communication entre elles et avec la voie installée sur chacune des rampes d'accès.

Toutes les voies installées sur les ponts supérieurs sont construites avec des rails Vignole de  $95 \times 45$ , pesant 20 kilogrammes le mètre; l'écartement est de 80 centimètres d'axe en axe.

*Cadres articulés. — Montants.* — Les montants qui supportent le vanage sont des poutres en tôle et cornières.

Leur portée réelle entre les appuis est de  $8^m,842$  dans les passes non navigables,  $6^m,842$  dans les passes-déversoirs,  $11^m,250$  dans les passes navigables.

Leur section est en forme de  $\sqsubset$ , présentant depuis le pied jusqu'à  $2^m,50$  au-dessus du niveau de la retenue, une largeur constante de 60, 50, 70 centimètres en suivant le même ordre des passes. Au-dessus de ce niveau, la largeur de la section diminue progressivement, en même temps que les efforts qu'elle doit supporter, jusqu'au sommet, où elle se réduit à 25 centimètres pour tous les montants.

L'appui supérieur des montants sur leur arbre d'articulation se fait par l'in-

termédiaire d'une douille en acier fondu, calée sur cet arbre et terminée par une joue boulonnée sur l'âme du montant.

*Cadres.* — Les cadres sont formés de quatre montants réunis par des entretoises espacées de 2 mètres et composés d'une plate-bande bordée par deux cornières.

Les montants d'un même cadre sont reliés non seulement par les entretoises, mais encore par trois arbres en fer rond, savoir :

1° L'arbre supérieur d'articulation qui a 90 millimètres de diamètre;

2° Un arbre de 65 millimètres de diamètre, établi à 2 mètres au-dessus du plancher de la passerelle et servant à accrocher le palan avec lequel on la relève; on a fixé sur cet arbre deux bouts de chaîne en fer rond de 12 millimètres, terminés par des anneaux qui servent pour l'accrochage des passerelles relevées;

3° L'arbre de 50 millimètres de diamètre auquel sont attachées les chaînes qui servent à relever les cadres et à les accrocher au tablier d'amont.


Le poids des cadres articulés est de 386 955 kilogrammes; ils ont coûté 214 343 fr. 37, soit environ 877 fr. 60 par mètre courant de barrage.

*Chaînes de relevage des arbres.* — Les cadres sont munis de deux chaînes de relevage à trois branches; la branche principale est placée dans l'axe de chaque groupe de montants; elle se dédouble, dans le bas, en deux branches qui reportent les efforts de traction auprès des montants.

*Suspension et articulation des cadres.* — Les têtes des montants, comme on l'a déjà vu, sont reliées deux à deux par des arbres d'articulation dont les abouts s'appuient sur les consoles des pièces du pont du tablier d'aval.

Chacun de ces arbres est suspendu à deux tiges rondes, de 60 millimètres de diamètre, terminées dans le bas par un œil pour le passage de l'arbre, et dans le haut par une partie filetée de 18 centimètres de longueur dont l'écrou s'appuie sur une plaque de tôle, de 30 millimètres d'épaisseur, fixée sur les entretoises du tablier. Les tiges de suspension et leurs écrous sont en acier forgé.

*Passerelle mobile.* — La passerelle qui reçoit les treuils des rideaux est composée d'éléments dont la longueur est de 1<sup>m</sup>,16.

Chaque élément est formé d'un châssis en fer à  sur lequel sont rivés le plancher en tôle striée et les rails; d'un côté, ce châssis est articulé sur les montants au moyen de deux charnières; de l'autre côté, il est bordé par un garde-corps dont les barreaux, en fer carré, sont boulonnés sur la traverse aval du châssis et dont la lisse est en fer plat.

*Rideaux articulés.* — Le barrage est formé de 91 rideaux doubles ainsi répartis:

Passes	{ non navigables. . . . .	38 rideaux.
	{ déversoirs. . . . .	26 —
	{ navigables. . . . .	27 —

Chaque rideau a 2<sup>m</sup>,32 de largeur, 5<sup>m</sup>,35 de hauteur dans les passes profondes et 3<sup>m</sup>,25 dans les passes-déversoirs.

*Lames.* — Les lames sont en bois de Yellow-Pine. Elles ont une hauteur de 70 millimètres, à la partie supérieure elles ont 10 centimètres.

Leur nombre est de 65 dans les passes profondes, de 39 dans les passes-déversoirs. Le jeu réservé entre deux lames consécutives est de 2 millimètres.

La longueur des lames est de 2<sup>m</sup>,28, l'intervalle entre deux rideaux est de 4 centimètres.

L'épaisseur de la lame supérieure est de 4 centimètres pour tous les rideaux ; cette dimension augmente progressivement jusqu'à la lame inférieure, où elle atteint 9 centimètres dans les rideaux des passes profondes et 7 centimètres dans ceux des passes-déversoirs.

Pour calculer la résistance, on a retranché de ces derniers chiffres la profondeur (1 centimètre) des entailles pratiquées pour recevoir les charnières ; ces entailles sont, en effet, voisines des montants et affaiblissent les lames aux points où, par suite du porte-à-faux, se produit la plus grande fatigue. Avec ces dimensions, le bois de la lame inférieure ne travaille jamais à plus de 60 kilogrammes par centimètre carré ; dans les autres lames le travail est encore moindre.

*Sabots d'enroulement.* — Les sabots d'enroulement des rideaux sont en fonte.

La hauteur occupée au-dessous de la lame inférieure par le sabot est de 13 centimètres dans les passes profondes et de 11 centimètres dans les passes-déversoirs.

Le poids est en moyenne de 268 kilogrammes pour les rideaux des passes profondes et de 189 kilogrammes pour ceux des passes-déversoirs.

*Charnières.* — Les charnières des lames sont en bronze ; leur largeur est de 11 centimètres pour les rideaux des passes profondes et de 7 centimètres pour ceux des passes-déversoirs ; elles sont renforcées par des nervures.

Les broches ont un diamètre de 11 millimètres : elles sont faites en bronze phosphoreux étiré. Leur résistance à la rupture par traction est de 100 kilogrammes par millimètre carré.

*Suspension et guidage des rideaux.* — Les chaînes de suspension des rideaux sont en fer rond de 12 millimètres de diamètre ; leur longueur est de 2<sup>m</sup>,13, elles sont terminées à la partie inférieure par une manille qui s'assemble avec la première charnière.

Le guidage est obtenu au moyen de tronçons de cornières de  $\frac{30 \times 30}{4}$  fixés par des vis à bois, avec un jeu de 13 millimètres entre elles et les montants des cadres. Ce jeu limite le déplacement latéral de l'extrémité du sabot à la moitié de l'espace réservé entre deux rideaux.

*Chaines de manœuvre.* — Les chaînes qui servent à la manœuvre de chaque rideau ont un développement de 20<sup>m</sup>,565 pour les grands rideaux et de 16<sup>m</sup>,335 pour les petits. Elles sont soumises à une tension maximum de 1 470 kilogrammes pour les premières et de 530 kilogrammes pour les secondes.

On les a établies avec du fer rond de 15 millimètres, le fer ne devant pas travailler à plus de 5 kilogrammes par millimètre carré.

*Peinture.* — On a recouvert toutes les parties des organes mobiles de trois couches d'un enduit à la base de goudron, breveté et connu sous le nom d'enduit Möller.

*Prix des rideaux.* — Les prix de revient des rideaux sont indiqués dans le tableau ci-après :

PRIX DE REVIENT D'UN RIDEAU	P A S S E S	
	PROFONDES	DÉVERSOIRS
	Rideau de 5 <sup>m</sup> ,35 de hauteur	Rideau de 3 <sup>m</sup> ,25 de hauteur
Pour un intervalle de 2 <sup>m</sup> ,32. . . .	767 <sup>r</sup> ,57	412 <sup>r</sup> ,01
Par mètre courant de barrage. . . .	330 ,85	171 ,69
Par mètre carré de vannage. . . .	61 ,84	54 ,64

*Appareils de manœuvre.* — Pour la manœuvre et l'installation des organes mobiles du barrage, on se sert des appareils suivants :

2 treuils de manœuvre des cadres ;

1 grue tournante, employée à l'enlèvement et la mise en place des rideaux ;

4 treuils de manœuvre des rideaux ;

1 vérin de soulèvement des cadres.

Tous ces appareils sont montés sur des chariots.

*Détails et durée de la manœuvre.* — Le treuil étant mis en place, on fait filer les chaînes au travers des ouvertures du tablier d'amont. Un flotteur attaché par une corde à chacune des chaînes, est entraîné par le courant vers les

barragistes placés sur la passerelle mobile; ceux-ci peuvent attirer ainsi l'extrémité de la chaîne et l'assembler sur celle du cadre; après cette opération, les pistons sont soulevés au moyen d'un levier à pied de biche pour les dégager de leur support et on laisse retomber le paquet de chaînes.

On relève ensuite les panneaux de la passerelle au moyen d'un palan et on les accroche à leurs chaînes de retenue.

Pour remonter le cadre, on met alors en mouvement le treuil de manœuvre. Lorsque les pitons d'assemblage sont amenés au-dessus du tablier d'amont, on glisse sous leur culasse les fourchettes d'arrêt et on laisse filer un peu la chaîne du treuil pour faire reposer l'embase sur la fourchette.

On décroche les chaînes et l'on emmène le treuil vers un autre cadre.

La descente des cadres s'effectue par des opérations inverses.

La durée moyenne, en minutes, de la manœuvre des cadres avec le treuil à main, pour le relevage est la suivante :

Pour les passes non navigables 23'; pour les passes-déversoirs 22'50'' pour les passes navigables 30'.

Pour la descente d'un cadre :

Passes non navigables 8'; pour les passes-déversoirs 7'; pour les passes navigables 10'50''.

Le personnel nécessaire pour les opérations comprend : un chef barragiste, deux barragistes et deux manœuvres postés sur le tablier supérieur d'amont, pour le service du treuil; un barragiste et un manœuvre postés sur la passerelle, pour en mouvoir les panneaux et pour accrocher ou décrocher les chaînes.

*Appareil à vapeur.* — Pour réduire le personnel, on a établi un deuxième treuil à vapeur. Cet appareil, disposé pour être au besoin manœuvré à la main est muni d'un frein Mégy à régulateur de vitesse pour la descente des cadres. On l'a déjà employé plusieurs fois.

La durée moyenne, en minutes, de la manœuvre des cadres avec le treuil à vapeur pour le relevage est la suivante :

Passes non navigables 11'; passes-déversoirs 11'; passes navigables 13'50''.

Pour la descente :

Passes non navigables 7'50''; passes-déversoirs 7'50''; passes navigables 9'50''.

*Exécution des travaux.* — Les fondations des radiers, des piles et des culées sont établies sur le banc de craie compacte que l'on rencontre à une altitude sensiblement constante dans toute la traversée de la rivière : — 5<sup>m</sup>,50 aux écluses, — 5 mètres à la culée rive droite du barrage et — 5<sup>m</sup>,30 à la culée rive gauche.

Pendant l'été, le barrage de Martot maintient les eaux à Poses à une altitude qui varie de 4<sup>m</sup>,50 à 4<sup>m</sup>,70; l'assiette des fondations se trouve donc à 10 mètres au-dessous du niveau des basses eaux.

Deux systèmes ont été employés pour l'exécution de ces fondations :

1° Fondations par épuisement au-dessus d'une couche de béton immergé dans une enceinte de blocs artificiels (culée rive droite, piles n<sup>os</sup> 1, 2 et 3 et radiers des passes n<sup>os</sup> 1, 2, 3 et 4).

2° Fondations dans des caissons foncés à l'air comprimé (piles n<sup>os</sup> 4, 5 et 7 et radiers des passes n<sup>os</sup> 5, 6 et 7).

Les quantités de maçonnerie se résument ainsi :

Maçonneries de béton et de moellons de remplissage.	46.540 m. cubes.
Blocs artificiels. . . . .	19.910 —
Maçonneries de pierres de taille. . . . .	4.260 —
Maçonneries de granit. . . . .	235 —
Maçonneries de briques. . . . .	692 —
Cube total des maçonneries du barrage. . . . .	71.637 m. cubes.

La chaux et le ciment employés se sont élevés :

Chaux du Theil . . . . .	8.670 tonnes.
Ciment de Portland. . . . .	350 —
Poids total. . . . .	9.020 tonnes.

On peut établir le prix de revient d'un mètre courant de barrage d'après les dépenses faites pour l'une des passes profondes navigables.

On obtient ainsi les chiffres suivants :

	Au-dessus de 1 mèt.	Entre 3 m.,30 et 1 mèt.
Pour le radier. . . . .	2.685 francs.	5.887 francs.
Pour les piles. . . . .	2.139 —	2.634 —
	4.824 francs.	8.521 francs.

*Poids de la partie métallique.* — Les poids des fers et des fontes employés dans les diverses parties des ponts supérieurs et des cadres sont :

Passes non navigables. . . . .	544.784 kilogr.
Passes-déversoirs . . . . .	333.704 —
Passes navigables. . . . .	438.503 —
Total. . . . .	1.316.991 kilogr.

Le poids d'un rideau muni de ses chaînes de suspension et de manœuvre est d'environ :

Passes { profondes. . . . .	911 kilogr.
{ déversoirs. . . . .	516 —

*Durée d'exécution et prix de revient.* — L'adjudication des travaux de construction du barrage de Poses a été approuvée le 26 octobre 1878.

Les installations du chantier, les dragages préalables et la construction des blocs artificiels, destinés à constituer des enceintes, ont occupé la première année des travaux.

L'échouage des blocs a été commencé le 24 mai 1880 ; le radier de la passe n° 1 a été commencé le 21 avril 1881 ; celui de la passe n° 6 a été terminé le 12 septembre 1885.

Le 16 septembre de la même année, on a commencé la fermeture du vannage, et le 24 septembre 1885 la retenue a été faite.

D'après les dépenses indiquées précédemment, on peut évaluer le prix de revient, par mètre courant de barrage, de la manière suivante :

Maçonneries au-dessus de l'altitude de 1 mètre, située à 3 <sup>m</sup> ,50 au-dessous des plus basses eaux pendant la construction. . . . .		4.824 francs
Parties métalliques	} ponts supérieurs. . . . .	1.871 —
	} cadres articulés. . . . .	878 —
Vannage. . . . .		331 —
Appareils de manœuvre. . . . .		111 —
Total. . . . .		8.015 francs
A ajouter pour fondations exceptionnelles depuis l'altitude de 1 mètre jusqu'à — 5 <sup>m</sup> ,30. . . . .		8.521 —
Total général. . . . .		16.536 francs

Le prix de revient et la durée des travaux s'expliquent, indépendamment de l'importance des fondations, par la nécessité de ne pas interrompre la navigation, c'est-à-dire de travailler avec toute la hauteur d'eau des anciennes retenues.

*Fonctionnement du barrage.* — Depuis la date de sa mise en service, 23 novembre 1885, le barrage de Poses a toujours maintenu avec régularité le niveau du bief.

L'expérience est, du reste, beaucoup plus longue et plus concluante pour le barrage de Port-Ville, dont la mise en service remonte au 23 juin 1880.

*Manœuvre des cadres.* — Les cadres articulés ont été déjà plusieurs fois relevés et abaissés depuis la mise en service du barrage, et toujours avec un plein succès.

Pour la première manœuvre de relevage des cadres, exécutée en décembre 1885 on s'est placé dans des conditions d'expérience particulières :

Au lieu de commencer lorsque le niveau de l'eau à l'aval atteint l'altitude de 7<sup>m</sup>,20, soit 1<sup>m</sup>,25 en contre-bas de la retenue maximum, on a attendu que ce niveau eût dépassé l'altitude de 8<sup>m</sup>,45.

La réussite même, dans ces circonstances défavorables, a consacré le bon fonctionnement du système.



Le projet du barrage de Poses a été dressé par M. Caméré, comme ingénieur ordinaire, présenté par M. de Lagrené, ingénieur en chef, et approuvé par décision ministérielle du 8 juillet 1878.

Les travaux ont été commencés, sous la direction de M. de Lagrené, par M. Caméré; ils ont été continués, depuis le 1<sup>er</sup> octobre 1883, et achevés sous la direction de M. Caméré, ingénieur en chef, par M. Clerc, ingénieur ordinaire.

## Barrage de Suresnes

---

Les ouvrages, composant actuellement la retenue de Suresnes, ont été construits en exécution des lois du 5 avril 1878, et du 21 juillet 1880.

La loi du 21 juillet 1880 a décidé : 1° que ce barrage serait construit, et la retenue exhaussée d'un mètre, afin d'assurer en tout temps un mouillage de 3,20 dans la traversée de Paris; 2° que l'écluse prévue à Neuilly serait reportée à Suresnes, et doublée d'une deuxième écluse en prolongement de l'ancienne.

Les autres ouvrages de Suresnes, construits en 1865, en vertu du décret du 11 décembre 1864, comprenaient :

Une écluse de 120 mètres de longueur, 12 mètres de largeur et 2<sup>m</sup>,20 de mouillage;

Un premier barrage en tête du bras gauche de la Seine, relié par un déversoir à la pointe amont de l'île de Rothschild;

Un second barrage entre l'île de Rothschild et l'île du pont de Neuilly;

Un déversoir entre cette île et celle de la Grande-Jatte;

Un troisième barrage formant l'extrémité du bras droit à la pointe aval de l'île de la Grande-Jatte, près d'Asnières.

Ces barrages soutenaient une chute de 2,29, et avaient coûté 2 400 000 francs.

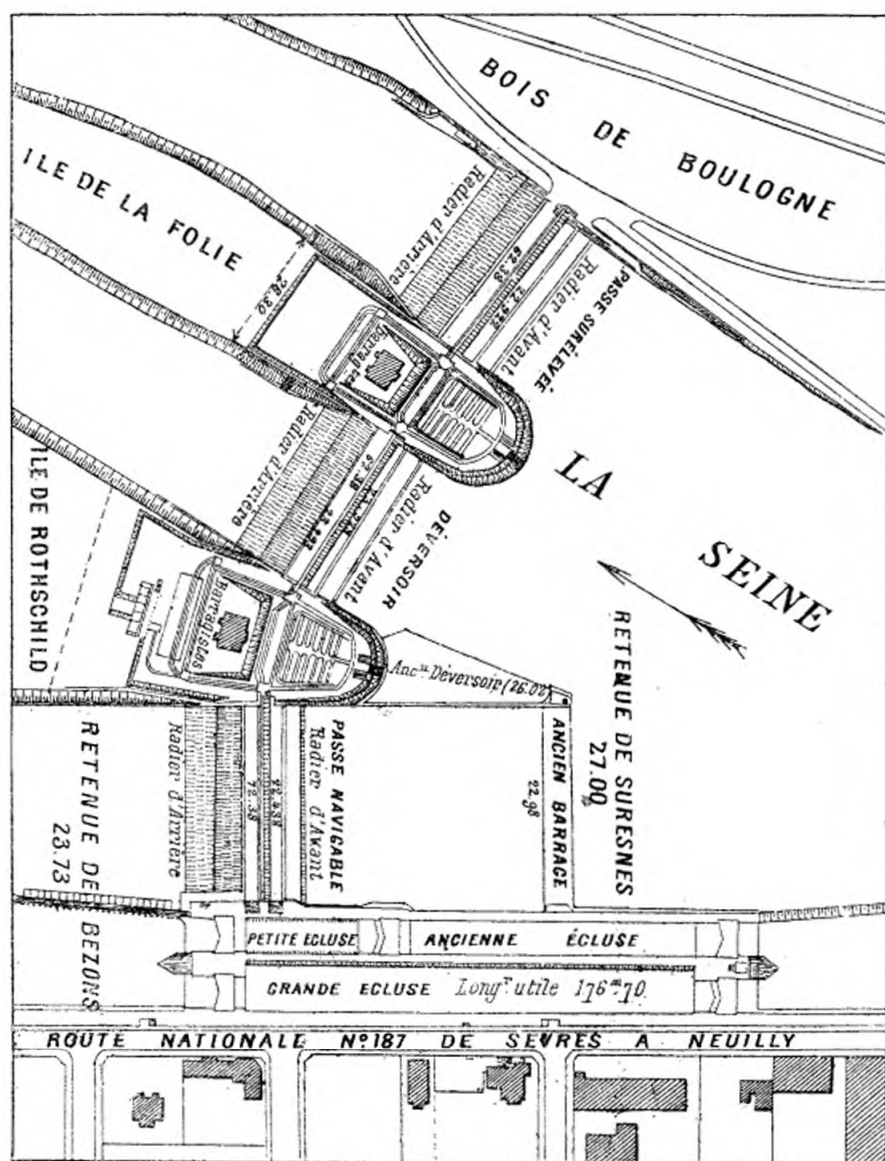
L'écluse a été conservée, ainsi que les trois barrages dont les mécanismes sont aujourd'hui couchés sous l'eau.

Deux nouvelles écluses ont été construites pour le tirant d'eau de 3<sup>m</sup>,20 : une petite, en prolongement de l'ancienne écluse, et une grande entre ces écluses et la rive gauche, recoupée sur une longueur de 970 mètres.

Les trois nouveaux barrages sont réunis sur le même point à côté des écluses, en tête des trois bras de la Seine, de l'île de Rothschild et de l'île de la Folie. (Voir le plan général).

Tous ces ouvrages, commencés au mois de mai 1880, ont été mis en service, savoir : la grande écluse, en juillet 1882; la petite écluse, le 15 septembre 1884; les barrages, le 23 avril 1885.

*Ecluses.* — La grande écluse a une longueur totale de 199<sup>m</sup>,50. La largeur est de 12 mètres dans les têtes, 18 mètres entre les couronnements dans le sas, et 16<sup>m</sup>,50 au plafond; entre la corde du mur de chute et la pointe du faux busc aval, la longueur est de 176<sup>m</sup>,70; la longueur de la partie élargie du sas est de 160<sup>m</sup>,50.



BARRAGE DE SURESNES

Dans la petite écluse, la longueur entre la corde du mur de chute et la pointe

du faux busc aval est de 57 mètres ; la largeur est de 12 mètres dans les têtes, 13 mètres entre les couronnements, 11 mètres au plafond dans le sas.

Sur le musoir amont du bajoyer intermédiaire s'élève un bureau surmonté d'un sémaphore.

*Fondations.* — Le massif de maçonnerie des écluses repose sur la couche résistante des argiles de l'étage tertiaire.

Les fondations ont été exécutées par épaissements entre batardeaux.

Le béton a été, en général, composé de gros graviers de la Seine et de mortier de chaux du Theil, auquel on a substitué, dans quelques parties, du mortier de ciment de Portland, pour en accélérer la prise.

La maçonnerie de remplissage est composée de moellons calcaires communs de la vallée de la Seine ou de la vallée de l'Oise, et de mortier de chaux du Theil.

Dans des parties spéciales, on a employé le moellon de meulière et le mortier de ciment de Portland.

Les fondations de la grande écluse ont présenté des difficultés tout à fait exceptionnelles, à cause de sa situation entre la rive et l'ancienne écluse, dont on ne pouvait interrompre le service.

*Aqueducs de vidange et de remplissage des sas.* — Les aqueducs servant au remplissage et à la vidange des sas ont les dimensions suivantes :

Pour la grande écluse, les quatre aqueducs, qui contournent les deux chambres des portes, ont 1<sup>m</sup>,55 de largeur sur 3,12 de hauteur, avec une section libre de 4<sup>m²</sup>,55 ; celui de la tête amont de l'ancienne écluse a les mêmes dimensions.

L'aqueduc établi sous le musoir d'amont du bajoyer intermédiaire pour desservir à la fois la grande et l'ancienne écluse, a 2 mètres de largeur.

Les aqueducs qui entourent la chambre des portes intermédiaires, entre l'ancienne et la petite écluse, ont 1<sup>m</sup>,41 de largeur à l'entrée, et 1<sup>m</sup>,15 à la sortie avec 3,12 de hauteur, ce qui donne une section libre minimum de 3<sup>m²</sup>,39.

Enfin, l'aqueduc qui relie directement la chambre d'aval de la petite écluse à la rivière, a 1<sup>m</sup>,81 de largeur à l'entrée, 1<sup>m</sup>,55 à la sortie, ce qui lui donne une section libre minimum de 4<sup>m²</sup>,55.

Ces aqueducs sont fermés par des cadres en fonte, armés de ventelles, papillon à axe horizontal, en fer et acier, conjuguées au nombre de quatre, et manœuvrées au moyen d'une tige à crémaillère.

L'ouverture, démasquée par ces ventelles, est de 2<sup>m²</sup>,60 pour la tête intermédiaire, et de 3<sup>m²</sup>,64 pour toutes les autres.

Les arbres de rotation des ventelles sont en acier.

La durée des sassements est la suivante :

DÉSIGNATION	GRANDE ÉCLUSE	PETITE ÉCLUSE — Vapeurs isolés
1° Entrée et rangement des bateaux, durée variable selon le nombre des bateaux. . . . .	10 à 20'	1'
2° Fermeture des portes. . . . .	2'	2'
3° Ouverture des vannes et remplissage ou vidange des sas. . . . .	10'	5'
4° Ouverture des portes. . . . .	2'	2'
5° Sortie des bateaux. . . . .	6' à 10'	1'
Totaux. . . . .	30' à 44'	11'

On voit que la durée de la manœuvre des portes a une faible influence sur la durée totale des sasements dans la grande écluse.

En se hâtant, on arrive à faire passer un bateau de voyageurs en dix minutes dans la petite écluse.

*Radiers.* — Le radier du sas n'a d'autre but que d'empêcher les affouillements, le terrain de fondation étant imperméable. On ne lui a donné l'épaisseur nécessaire, pour résister aux sous-pressions, que dans les têtes ou lorsque la nature du sol l'exigeait.

Pour la grande écluse, l'épaisseur de maçonnerie atteint 4<sup>m</sup>,82 dans la chambre des portes d'amont, et 3 mètres seulement dans celles des portes d'aval.

Dans le sas, l'épaisseur varie entre 2,40 et 0,90 centimètres.

Pour la petite écluse, l'épaisseur est de 4,02 dans la chambre intermédiaire, et de 3 mètres dans la chambre d'aval.

Le radier a une épaisseur de 2<sup>m</sup>,20.

Les buses aval et les radiers ont été placés à 4 mètres en contre-bas de la retenue d'aval, de sorte qu'on pourra porter plus tard le tirant d'eau de la Seine à 4 mètres, sans avoir à modifier les écluses de Suresnes.

*Buses.* — Les buses en pierre de taille sont protégées par un faux-buse en chêne de 30/30 d'équarrissage, dont l'arête est renforcée par un fer ayant la section d'un rail de tramway, afin de pouvoir noyer la tête des boulons d'attache dans la gorge du rail.

*Trous à batardeaux.* — On a ménagé dans le radier des trous de 40 sur 30 centimètres dans l'alignement des coulisses à poutrelles des bajoyers, pour pouvoir y placer des poteaux verticaux constituant des batardeaux mobiles dans les têtes d'écluses, en cas de réparations à faire, soit aux portes, soit aux maçonneries.

*Puisards.* — On a ménagé également des puisards dans le sas pour pouvoir placer la crépine d'une pompe d'épuisement. Les écluses communiquent entre elles et l'encuvement des chambres des portes avec le radier des sas, de telle sorte qu'avec une pompe seulement, on puisse assécher l'ensemble des ouvrages.

*Portes.* — Les portes sont en charpente à deux vantaux busqués. Le cadre extérieur est en chêne; les entretoises, les bracons et les bordages sont en *Yellow-pine*.

Chaque vantail renferme deux ventelles à jalousie, qui démasquent une ouverture de 80 centimètres carrés, ce qui fait  $3^{\text{m}2}$ ,20 pour chaque paire de portes.

Les portes sont manœuvrées au moyen d'arcs dentés.

On y a ménagé à la partie inférieure une lumière de 1<sup>m</sup>,56 de hauteur sur 14 centimètres de longueur pour le passage de la chaîne du touage.

Les portes de l'ancienne écluse ont été conservées; elles sont en tôle, du type appliqué à l'écluse de la Monnaie, à Paris. Elles ont été tout simplement exhaussées au-dessus du niveau de la nouvelle retenue, par l'addition d'une entretoise supplémentaire.

*Estacades.* — En amont l'estacade a pour but de guider les convois. Elle a 50 mètres de longueur et se compose de deux files de pieux en quinconce, reliés par des moises, disposées en croix de Saint-André.

En aval l'estacade a pour but de protéger les convois contre les remous du barrage. Elle a 60 mètres de longueur et se compose de trois files de pieux. Les deux premières files atteignent le couronnement de l'écluse, la troisième est basse et s'élève très peu au-dessus du niveau de la retenue d'aval.

Dans la partie constamment immergée de l'estacade, un bordage cloué sur des pieux forme un écran sur lequel s'appuient les enrochements, de telle sorte que l'agitation des eaux produite par le barrage ne puisse pas se propager dans le bassin d'approche des écluses. Un garage à canot est ménagé près de l'estacade à son origine; on y accède par un escalier établi dans la maçonnerie du bajoyer du large.

*Prix de revient, d'après les décomptes définitifs complètement réglés et soldés.*

*Ecluses.* — La construction de la grande écluse de rive, a coûté pour toutes dépenses, à l'entreprise et en régie, mais non compris les murs du quai aux abords, la somme de 1 741 000 francs.

La petite écluse a coûté la somme de 951 000 francs.

La réparation de l'ancienne écluse a coûté 132 000 francs ; soit au total 2 824 000 francs.

Dans ce total, les frais de batardeaux et d'épuisements entrent pour un chiffre de 743 000 francs, soit 26 fr. 51 %.

Le prix du mètre cube de maçonnerie de toute nature revient à 82 fr. 54.

Sans les batardeaux et les épuisements, il serait de 60 fr. 82. Le prix est élevé, parce qu'il comprend toutes les plus values pour pierres de taille, moellons d'appareils, organeaux, échelles de secours, et aussi les frais d'étalement et de boilage des fouilles.

*Portes.* — Les trois paires de portes d'écluses en bois ont coûté, dépenses à l'entreprise et en régie la somme de 72 546 fr. 70.

La paire des portes d'amont revient à 21 225 francs.

La paire des portes d'aval à 25 660 fr. 85.

La dépense par mètre carré est : pour les portes d'amont, qui ont 7<sup>m</sup>,13 de hauteur de 218 fr. 23 ; pour les portes d'aval, qui ont 8<sup>m</sup>,95 de hauteur, de 209 fr. 82.

Ces prix comprennent tous les appareils de ventellerie et de manœuvre, ainsi que les mains-d'œuvre de pose des portes et les scellements desdits appareils.

L'exhaussement des deux paires de portes de l'ancienne écluse a coûté 17 000 francs.

*Estacades.* — Les estacades ont donné lieu à une dépense de 61 048 fr. 78.

Le prix par mètre courant est :

Amont. . . . .	287 <sup>fr</sup> ,76
Aval. . . . .	555 ,40

Le prix par mètre carré de surface d'eau limitée par les faces extérieures des pieux est :

Estacades. {	Amont. . . . .	115 <sup>fr</sup> ,10
	Aval. . . . .	110 ,34
Pattes-d'oie {	Amont. . . . .	106 ,30
	Aval. . . . .	126 ,07

On voit que ce prix est sensiblement le même pour tous les ouvrages en charpente.

Le total des dépenses ainsi énumérées s'élève à 2 974 595 fr. 49.

*Ouvrages annexes.* — Il faut ajouter à l'énumération précédente des ouvrages qui constituent spécialement les écluses de secours, les travaux suivants :

- 1° La construction d'un nouveau port pour la ville de Suresnes ;
- 2° L'établissement de murs et de perrés en amont et en aval des écluses ;

3° La déviation de la route nationale n° 187 et la construction d'une banquette de halage au pied du mur de soutènement de la route, en arrière du terre-plein des écluses ;

4° Le prolongement sous la nouvelle route d'un égout collecteur, construit sous la rive gauche de la Seine ;

5° La construction d'une maison éclusière à trois logements séparés, avec jardins, dépendances et passage spécial reliant la cour de la maison au terre-plein de l'écluse par dessous la route nationale.

Les dépenses accessoires se sont élevées à la somme de 1 284 751 fr. 42.

En résumé les dépenses de construction et de réfection des écluses de Suresnes y compris les dépenses accessoires, s'élèvent à la somme totale de 4 259 346 fr. 91.

Il est à noter que l'importance des ouvrages accessoires, la réparation de l'ancienne écluse, la largeur exceptionnelle de la petite écluse, la profondeur des fondations et les difficultés provenant de la proximité de l'ancienne écluse, restée en service pendant l'exécution des travaux, ont accru les dépenses des écluses de Suresnes.

*Barrage (parties fixes).* — Passe navigable. — La passe navigable du nouveau barrage est située entre les écluses et l'île de Rothschild ; elle commande le bras gauche de la Seine, dit bras de Puteaux.

La distance entre les parements verticaux de la culée dans l'île et du bajoyer du large des écluses, c'est-à-dire l'ouverture de la passe est de 72<sup>m</sup>,38.

Le radier se compose : 1° d'un massif de maçonnerie ayant 15 mètres de largeur, enfermé entre deux enceintes de pieux et palplanches ; 2° d'un avant-radier de 8<sup>m</sup>,05 et 3° d'un arrière-radier de 20<sup>m</sup>,55 de longueur.

*Radier proprement dit.* — L'épaisseur normale du radier proprement dit est de 4<sup>m</sup>,42, composée d'une couche de béton de 2<sup>m</sup>,42 et d'une couche de maçonnerie de 2 mètres.

C'est la nature du sous-sol qui a déterminé cette épaisseur. On a voulu encastrer les fondations dans l'argile plastique et ne pas conserver dans les maçonneries une couche mince de sable et d'alluvions.

La largeur du radier avait été fixée à 15 mètres.

Mais on a été amené ensuite à développer le radier à l'amont de l'axe de la passe navigable, sur une longueur égale à celle de l'aval, pour protéger par un seuil les fermettes couchées et pour faciliter l'établissement de batardeaux, en cas de réparations à faire, soit au radier soit aux fermettes.


L'encuvement pour la chambre des fermettes est réduit à une profondeur de 30 centimètres seulement à l'amont et est complètement supprimé à l'aval.

Le parement du radier se compose :

1° D'une plate-bande de 70 centimètres de largeur à l'amont, en pierre de taille de Belvoys (Rhône) ;

2° D'une plate-bande de 70 centimètres de même largeur, supportant un heurtoir en chêne pour y appuyer un vannage provisoire pendant la réparation des fermettes ;

3° De la file des pierres de taille renfermant les crapaudines amont des fermettes.

Les fermettes sont réunies les unes aux autres et ancrées dans le massif de maçonnerie du radier, au moyen de disques en fonte de 80 centimètres de diamètre, noyés à la partie inférieure du béton ; de tiges en fer de 50 millimètres, ayant 4 mètres de hauteur, et d'un fer à  encastré dans la partie supérieure des pierres, reliant toutes ces tiges et supportant leurs boulons.

Les crapaudines d'amont des fermettes qui tendent à être arrachées par les efforts dus à la retenue, sont encastrées dans ces pierres de taille et ancrées, à leur partie inférieure, par un disque en fonte de 50 centimètres de diamètre et une tige de fer de 50 millimètres.

Enfin, des entretoises en fonte, scellées dans la pierre, réunissent toutes les crapaudines et protègent l'arête de l'encuvement de la chambre des fermettes ;

4° De la file des pierres de taille supportant les crapaudines d'aval. Ces crapaudines qui sont seulement comprimées par les efforts transmis à la fermette sont scellées sur la pierre par trois goujons.

5° D'une plate-bande à l'extrémité aval en pierre de taille de Belvoe.

Les intervalles entre ces différentes files de pierres de taille sont remplis par un pavage de moellons smillés de Souppes.

On a encastré dans ce pavage des pots en fonte, disposés suivant deux lignes à l'amont et à l'aval des fermettes, et destinés à faciliter l'établissement de batardeaux sur le radier en cas de réparations.

Des anneaux scellés sur le radier, entre les pots, facilitent en outre la pose des moises de fond pour relier les pieux.

Après avoir enfilé des moises accouplées sur la tête des pieux, on les attache au moyen de cordes que l'on fait passer dans les anneaux. En tirant sur les cordes on oblige les moises à s'enfoncer sous l'eau jusqu'à la base des pieux.

L'essai de ce système a parfaitement réussi.

*Enceinte.* — Les enceintes se composent chacune d'une ligne de pieux à l'extérieur et d'une ligne de palplanches à l'intérieur.

Les pieux de 34/34 sont généralement espacés de 1<sup>m</sup>,50 d'axe en axe et reliés à l'intérieur par trois cours de moises de 20/25.

Les palplanches ont 15 centimètres d'épaisseur et sont battues jointives en une file continue sur toute la longueur de la passe.

*Avant-radier.* — L'avant-radier se compose d'abord d'un remblai en corroi de terre argileuse jusqu'au niveau du fond de la rivière, ensuite d'une couche



d'enrochements ordinaires s'élevant jusqu'à la hauteur du seuil du barrage. Cette couche a 1<sup>m</sup>,35 d'épaisseur.

Sur une épaisseur de 0<sup>m</sup>,35 à la partie supérieure, les enrochements sont maçonnés de manière à former une surface plane et unie.

*Arrière-radier.* — L'arrière-radier a une longueur totale de 20<sup>m</sup>,55 et se compose exclusivement d'enrochements.

La première moitié, à partir de l'enceinte aval, est constituée par des enrochements ordinaires qui remplissent la fouille du massif de maçonnerie du radier.

Elle est recouverte à la partie supérieure par des blocs de maçonnerie ayant une section carrée de 2 mètres de côté et 80 centimètres d'épaisseur.

Le revêtement est disposé en pente, vers l'aval, de 5 centimètres par mètre. Jusqu'à présent il ne s'est pas disloqué et les eaux glissent à sa surface.

La seconde moitié se compose d'une couche horizontale d'enrochements plus forts, ayant 1<sup>m</sup>,70 d'épaisseur.

*Culées.* — Le bajoyer du large des écluses forme la culée de la rive gauche.

La culée de rive droite, sur l'île de Rothschild, sert en même temps de niche pour l'abatage des fermettes.

Si la niche était placée sur la rive gauche, la manœuvre n'en serait que plus commode, mais il aurait fallu pour cela donner une épaisseur trop considérable au bajoyer du large des écluses, et réduire le débouché du fleuve.

*Passe-déversoir et passe surélevée.* — La passe-déversoir est située entre l'île de Rothschild et l'île de la Folie, son seuil est à la cote (23,923), à 1<sup>m</sup>,50 au-dessus de la passe navigable; mais la partie mobile a une hauteur de 3<sup>m</sup>,50 au-dessus de ce seuil, supérieure à celle de la plupart des passes navigables des barrages mobiles construits précédemment.

La dernière passe sur la rive droite du fleuve, entre l'île de la Folie et le bois de Boulogne, a son seuil à la cote (22,922) intermédiaire entre celles des deux seuils précédents.

On la désigne sous le nom de passe surélevée.

Le niveau des seuils a été déterminé de manière à donner au fleuve le débouché nécessaire. On aurait pu prendre le même niveau, aux environs de (23,50), pour les deux passes, ce qui aurait conduit à employer des engins mobiles de mêmes dimensions. On a préféré relever un des deux seuils, de manière à avoir, dans une des passes, des engins de moindre dimension pour le réglage quotidien de la retenue, pendant la période des basses eaux, et dans l'autre une profondeur plus grande, afin de laisser passer les bateaux dans le bras de Neuilly, pendant la période des hautes eaux.

Le radier de chacune de ces deux passes est tout à fait semblable à celui de la passe navigable, que nous avons précédemment décrit en détail.

*Exécution des ouvrages.* — Les radiers et les défenses des rives des trois passes ont été exécutés à sec, au moyen d'épuisements dans les enceintes de batardeaux.

La passe navigable a été exécutée à l'abri de l'ancien barrage dans le bief d'aval, et en deux fois. La première partie du radier a été fondée dans une enceinte de batardeaux, qui partait du déversoir de l'ancien barrage, s'avancait jusqu'au milieu du bras de Puteaux et s'ancrait à l'aval dans le terre-plein de l'île de Rothschild.

La seconde partie a été exécutée en même temps que la petite écluse, dans une enceinte partant du bajoyer du large de la vieille écluse, passant sur la partie du radier déjà terminée et revenant se souder à l'extrémité du bajoyer intermédiaire.

Les fondations ont été descendues à plus de 8 mètres en contrebas du niveau des eaux du bief de Bezons.

La passe déversoir et la passe surélevée ont été exécutées dans le bief d'amont, maintenu à la cote (26,00) par les anciens barrages de Neuilly et de Levallois.

On a barré successivement au moyen de batardeaux le bras entre l'île de Rothschild et l'île de la Folie, puis le bras entre l'île de la Folie et le bois de Boulogne.

Les batardeaux de la passe-déversoir étaient écartés l'un de l'autre de 120 m., ceux de la passe surélevée de 170 mètres.

Cet emploi des batardeaux à grande distance de la partie profonde des fouilles a parfaitement réussi et a permis d'exécuter à sec et en plein air, sans solution de continuité à raccorder ultérieurement non seulement le radier, mais tous les murs de quai ainsi que les perrés de part et d'autre du radier. En outre il a conduit à des résultats économiques, comme on le verra plus loin.

Le succès des épuisements est dû à ce qu'on a donné aux batardeaux une grande largeur à la base, en déposant au pied les déblais de la fouille faite à la drague, et à ce que le sol du lit du fleuve prolongeait ensuite l'empâtement des batardeaux jusqu'à la fouille du radier du barrage.

*Dépenses.* — La dépense totale de construction des parties fixes du barrage, que l'on pourrait pour ainsi dire appeler l'infrastructure, à savoir : radiers, culées, défenses de rives aux abords, d'après le décompte définitif, entièrement soldé, de l'entreprise et de toutes les dépenses en régie, s'élève à 2 323 277 fr. 40 et se décompose de la façon suivante :

*Passe navigable.*

Radier et culées. . . . .	716.724 <sup>fr.</sup> ,32	}	895.261 <sup>fr.</sup> ,36
Défenses de rives. . . . .	178.537 ,04		

*Passe déversoir.*

Radier et culées. . . . .	415.635 ,18	} 573.208 ,68
Défenses de rives. . . . .	157.573 ,50	

*Passe surélevée.*

Ravier et culées . . . . .	551.983 ,80	} 785.320 ,09
Défenses de rives. . . . .	233.336 ,29	
Dépenses d'aménagement des terre-pleins des îles.	69.487 ,27	
Total. . . . .	2.323.277 <sup>fr</sup> ,40	

Le point de séparation entre les passes est pris au sommet du musoir d'amont des îles.

Les frais de batardeaux et d'épuisements entrent dans ces totaux pour les chiffres ci-après :

Passes. {	N° 1. . . . .	232.529 <sup>fr</sup> ,99	soit 26,00 %
	N° 3. . . . .	113.792 ,34	— 19,85 —
	N° 3. . . . .	150.111 ,79	— 19,11 —
	Total. . . . .	496.434 ,12	— 22,00 %

Le mètre cube de maçonnerie de toute nature est indiqué dans le tableau suivant :

	PASSE navigable	PASSE déversoir	PASSE surélevée	ENSEMBLE du barrage
Pour l'ensemble du barrage et des défenses de rives. . . . .	96 <sup>fr</sup> ,02	84 <sup>fr</sup> ,16	80 <sup>fr</sup> ,54	87 <sup>fr</sup> ,06
Pour le barrage seulement (radier et culées). . . . .	97 ,31	81 ,61	79 ,18	86 ,69

La différence entre les prix des deux lignes précédentes est très faible, parce que le cube de maçonnerie du barrage est quatre fois plus important que celui des défenses de rives.

En défalquant l'augmentation provenant des fers et fontes, il en reste les prix de :

P. N.	P. D.	P. S.	ENSEMBLE
89 fr. 71	73 fr. 64	71 fr. 86	79 fr. 09

qui représentent les prix de revient du mètre cube de maçonnerie du barrage et que l'on peut comparer aux prix que l'on paye pour les fondations à l'air comprimé.

Le prix de revient de l'ensemble du barrage serait même moins élevé, si la passe navigable avait pu être exécutée, comme les autres, sur toute la longueur et en une seule campagne.

*Barrage (parties mobiles).* — Nous divisons les parties mobiles en :

- 1° Fermettes ;
- 2° Engins de fermeture.

1° *Fermettes.* — D'après ce que nous avons vu, le seuil de la passe navigable est établi à la cote (22,43) et le passage de la chambre des fermettes à 1 mètre au-dessous.

La nouvelle retenue étant fixée à la cote (27,00) la passerelle est établie à 50 centimètres au-dessus et par conséquent à 6<sup>m</sup>,07 au-dessus du radier.


Les fermettes ont donc une hauteur totale de 6<sup>m</sup>,01, la plus grande hauteur atteinte jusqu'à ce jour. La chute est de 3,27.

Le vannage a une hauteur verticale de 5,27, hauteur qui n'a été dépassée qu'à Poses où elle est de 5,35.


Les fermettes sont espacées de 1,35 d'axe en axe.


Elles sont ainsi composées : d'un essieu horizontal à la partie inférieure, d'une traverse horizontale à la partie supérieure ; de deux montants inclinés et réunis par des traverses horizontales à chaque tiers de la hauteur, et d'un treillis en croisillons.

Après beaucoup de combinaisons, on s'est arrêté à la longueur de 3,79 pour l'essieu et à l'inclinaison de 15° 49' pour le montant d'amont, de façon à réduire le plus possible l'effort d'arrachement de la crapaudine amont et l'effort de compression de la crapaudine aval.


La fermette de la passe navigable est constituée avec des fers à  de 120 millimètres et des tôles de 8 millimètres.

Le montant d'amont à la section d'un caisson (fig. 6, pl. 13-14) pouvant résister dans les deux sens que nous indiquons plus haut.

La partie antérieure est armée d'un fer en  qui sert de guide aux engins de fermeture.

Le montant d'aval est formé de deux fers à  accolés (fig. 10, pl. 13-14), pour résister aux efforts de compression produits par la retenue et aux efforts de flexion au moment du relevage.

Les fers se séparent à la partie supérieure du montant pour supporter chacun l'un des rails de la passerelle (fig. 2, pl. 13-14).

L'essieu qui doit résister à des efforts de torsion se compose aussi de deux fers à  opposés, mais écartés l'un de l'autre et réunies par des joues en tôle, (fig. 12, pl. 13-14).

Les pièces qui portent les tourillons ont la forme d'équerres et sont en acier forgé.

L'essieu devant avoir une forme cylindrique à sa partie inférieure, pour empêcher les coincements entre le caisson et le radier, est muni d'une fourrure en bois ayant pour axe l'axe même de l'essieu.

Les traverses horizontales et les pièces des croisillons sont de simples fers à [ de 120 millimètres. Seul, le barreau incliné de la partie inférieure se compose de deux fers adossés.

La fermette de la passe navigable pèse en moyenne 1 800 kilogrammes.

Les fermettes de la passe-déversoir et de la passe surélevée ne diffèrent de la première que par les dimensions.

La première pèse 800 kilogrammes.

La deuxième pèse 1 350 kilogrammes.

Les fermettes sont espacées dans les trois passes de 1,25 d'axe en axe.

*Passerelle.* — Chaque fermette porte à sa partie supérieure (fig. 3, pl. 13-14).

1° un ergot en fer forgé à la partie antérieure pour l'articulation du châssis porte-rideau ;

2° trois tenons en acier fondu pour l'assemblage des rails ;

3° une douille à l'aval pour supporter les montants du garde-corps.

Les rails sont du type Barlow et servent à réunir les fermettes. Ils ont 95 millimètres de hauteur totale.

Ils sont posés de façon à coiffer les tenons et on les fixe à l'aide de clavettes qui traversent les trous des rails et des tenons (fig. 3, 4 et 7, pl. 13-14).

Il y a trois files de rails, espacées entre elles de 84 centimètres d'axe en axe. De cette façon, sans trop élargir la passerelle, on peut faire circuler des appareils légers, tantôt sur la voie d'amont, tantôt sur la voie d'aval, sur les voies de 84 centimètres, et des appareils puissants sur la voie de 1<sup>m</sup>,68.

La manœuvre d'abatage et de relèvement des fermettes se fait au moyen du système inventé par M. Mégy.

Il consiste à relever toutes les fermettes d'une passe par une chaîne continue et à actionner cette chaîne par un treuil fixe installé sur la rive.

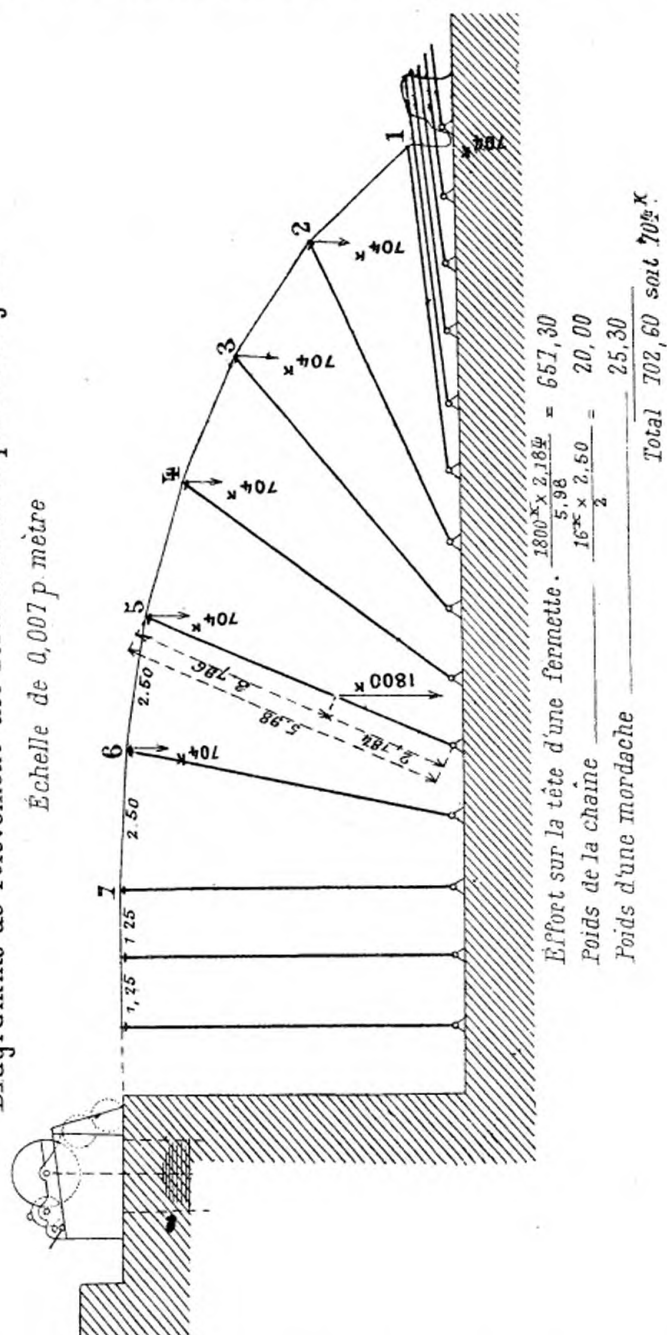
Pour diminuer l'effort de traction sur la chaîne qui serait considérable, si elle ne présentait aucun mou, on augmente la longueur de chaîne entre deux fermettes consécutives, on diminue ainsi le nombre des fermettes actionnées par la chaîne. Elles s'abattent ou se relèvent en forme d'éventail comme l'indique le croquis suivant.

La longueur de chaîne entre les fermettes doit être choisie de manière que l'effort de traction ne soit pas trop considérable, et que la chaîne ne puisse pas, en bâillant, dégrader le pavage du radier, lorsque les fermettes sont abattues.

Cette longueur est de 2<sup>m</sup>,50 pour la passe navigable; 2<sup>m</sup>,30 pour la passe

Diagramme de relèvement des fermettes de la passe navigable

Échelle de 0,007 p mètre



surélevée; 2 mètres pour la passe déversoir; de façon que six fermettes à la fois se mettent en mouvement dans chaque passe.

Aussitôt qu'une fermette tirée par la chaîne arrive près de la position verticale, le barragiste allonge jusqu'à sa rencontre quatre madriers de passerelle pour se faire un plancher. Il fixe la fermette en plaçant d'abord les deux barres de rail extrêmes, et en enfonçant les clavettes dans les trous des tenons.

Puis il ouvre la mordache, de manière à dégager la chaîne, et le mouvement continue.

Les manœuvres ont été faites très souvent déjà; elles ne présentent aucun danger, et elles réussissent parfaitement.

Aussi n'hésite-t-on pas à ouvrir la passe navigable, aussitôt que le débit du fleuve assure le tirant d'eau normal, même pour quelques jours seulement.

Les autres passes ne sont ouvertes qu'en cas de grandes crues.

*Prix de revient.* — Une fermette de la passe navigable, mise en place, a coûté 1 500 fr. 42. Une fermette de la passe déversoir, mise en place, 660 fr. 37. Une fermette de la passe surélevée, mise en place, a coûté 1 135 fr. 82.

Le mètre courant de passerelle de service sur les fermettes, comprenant tous les éléments mobiles de cette passerelle, est revenu à 55 fr. 43.

Les appareils Mégy, pour la manœuvre d'abatage et du relèvement des fermettes, coûtent par mètre courant :

Passes	navigable . . . . .	129 <sup>fr</sup> .45
	déversoir . . . . .	86 ,30
	surélevée . . . . .	105 ,70

Il existe, en outre, une grue de la force de 2 000 kilogrammes, qui peut rouler sur la passerelle, pour le cas où il faudrait redresser une fermette ou la remplacer.

Cette grue a coûté 3 500 francs.

*Engins de fermeture.* — Des rideaux articulés et des vannes glissantes composent les engins de fermeture des travaux compris entre les fermettes.

On peut établir indifféremment les uns ou les autres de ces engins.

Des rideaux ont été construits pour la passe navigable et la passe surélevée, des vannes pour la passe déversoir, conformément aux dispositions du projet approuvé.

Nous avons vu déjà la description de ces rideaux appliqués au barrage de Poses.

Le prix de ces rideaux a été de 691 fr. 17 pour la passe navigable, et de 591 fr. 80 pour la passe surélevée.

*Vannes.* — Les vannes de la passe-déversoir sont au nombre de trois par travée : une de 8 centimètres d'épaisseur à la partie inférieure, une de 6, et une de 4 centimètres.

Pour atteindre le niveau de la retenue complète, on place au dessus une vanne de 30 centimètres de largeur et de 3 d'épaisseur.

La vanne est un panneau à peu près carré de 1<sup>m</sup>,10 de hauteur sur 1<sup>m</sup>,22 de largeur. Ce sont quatre madriers de chêne superposés et assemblés de la façon la plus simple.

On a protégé les abouts par des cornières à branches inégales ; la branche longue est fixée à chaque madrier par deux boulons ; la branche courte, par une vis à tête fraisée. Dans le joint des madriers est logée une fourrure en fer plat, de 35 millimètres de hauteur et 10 millimètres d'épaisseur.

Les madriers sont encore réunis par un V en fer plat, de 50/10, placé à la partie antérieure de la vanne. Ce V se termine par une poignée en fer rond de 25 millimètres de diamètre. Une échancrure dans le madrier supérieur permet de saisir cette poignée avec un croc.

La vannette pèse 11 kilogrammes, et coûte 7 fr. 25.

La vanne de 4 centimètres pèse 83 kilogrammes, et coûte 41 fr. 01.

La vanne de 6 centimètres pèse 115 kilogrammes, et coûte 52 fr. 01.

La vanne de 8 centimètres pèse 147 kilogrammes, et coûte 60 fr. 40.

On a eu depuis l'occasion de faire établir des vannes de 7 et de 9 centimètres d'épaisseur pour fermer la moitié des travées de la passe navigable, ainsi qu'il sera dit plus loin.

Le poids de la vanne de 7 centimètres est de 136 kilogrammes, et son prix est de 58 fr. 95.

Le poids de la vanne de 9 centimètres est de 138 kilogrammes, et son prix de 70 fr. 84.

Le prix d'une travée de la passe-déversoir (fermette et vanne) est de 886 fr. 50.

*Manœuvre des vannes.* — La retenue du nouveau barrage de Suresnes ne se règle pas comme celle de l'ancien.

On s'efforçait autrefois de maintenir le niveau d'amont aussi fixe que possible ; on s'efforce aujourd'hui de tenir un niveau fixe dans Paris, pour y assurer le tirant d'eau de 3<sup>m</sup>,20, et on ne le relève pas plus qu'il n'est nécessaire, afin de ne pas noyer les bas ports, et de ne pas réduire inutilement la hauteur du passage sous les ponts.

Pour le réglage de la retenue, les rideaux se lèvent par le bas. On les enroule quand le débit augmente ; on les déroule dans le cas contraire.

La manœuvre des vannes est différente.

Si le débit du fleuve augmente, pour laisser passer l'eau, on soulève, ou, pour employer l'expression des barragistes, on souffle les vannes du rang supérieur.

On peut remonter ces vannes au-dessus de celles du second rang, jusqu'à ce que la pression de l'eau cesse de faire équilibre à leur poids. Il résulte même de ce soufflage une sorte de réglage automatique.



Si le niveau de l'eau s'élève, le débit de l'ouverture augmente ; s'il s'abaisse, la vanne n'est plus maintenue par la pression de l'eau : elle descend spontanément et ferme en partie l'ouverture.

Rien qu'en soufflant de cette manière, le premier rang des vannes, on règle l'ouverture du barrage, en raison des variations du débit du fleuve, pendant toute la saison d'été.

Si ce soufflage ne suffit pas, on enlève complètement les vannes du premier rang ; puis on enlève, une à une, les vannes du second rang, jusqu'à ce qu'elles soient toutes emportées.

Alors le fleuve entre en crue, et on enlève successivement le troisième, le quatrième, le cinquième rang, comme on a enlevé le deuxième.

Le soufflage des vannes du premier rang s'opère au moyen d'une traverse et d'un levier armé d'un bout de chaîne et d'un crochet.

Le barragiste pose une traverse sur la tête des fermettes ; il saisit avec le crochet la poignée de la vanne et la soulève en exerçant une pesée au bord du levier.

Un homme seul exécute ces manœuvres, même la nuit, avec la plus grande facilité.

Pour sortir les vannes du deuxième rang et celle des rangs inférieurs, on emploie un appareil nommé treuil mouton et qui est indiqué sur les figures 1 et 2 de la planche 15-16, et qui se compose :

1° D'une traverse qui glisse entre les fers à  $\perp$  saillants des fermettes et qui s'appuie sur les madriers des vannes. Elle est armée d'un crochet qui saisit la poignée de la vanne lorsqu'on veut la remonter, et qui est maintenue par une chaînette à distance de la vanne, lorsqu'on veut la faire descendre ;

2° D'une longue crémaillère à fuseaux, guidée en plusieurs points de sa course ;

3° D'un treuil qui agit par un pignon sur la crémaillère ;

L'appareil est monté sur un chariot plate-forme qui roule sur la voie de 1<sup>m</sup>,68.

Ainsi qu'il a été dit précédemment, la passe-déversoir qui a 62<sup>m</sup>,38 de longueur, est entièrement garnie de vannes.

On a été également amené à en installer dans la passe navigable.

Le fleuve étant divisé en deux bras, on ne peut se contenter de manœuvrer es engins du déversoir, on est forcé de manœuvrer aussi ceux de la passe navigable.

Les rideaux de la passe sont les plus lourds de tout le barrage. Les ouvertures par le bas, sous 3<sup>m</sup>,30 de chute, produisent des courants très violents et des remous incommodes pour la navigation, les rideaux s'usent rapidement.

Pour toutes ces raisons, on ferme maintenant avec des vannes une travée sur deux de la passe navigable et on ne touche plus aux rideaux que pour les dérouler ou les enrouler d'un seul coup.

*Prix de revient de la partie mobile du barrage.* — L'ensemble des dépenses faites, en ajoutant les dépenses en régie aux dépenses de l'entreprise, atteint pour la totalité des mécanismes mobiles :

Passes	navigable. . . . .	171.808 <sup>fr</sup> ,62
	déversoir . . . . .	66.378 ,44
	surélevée. . . . .	122.799 ,97
Total. . . . .		360.987 ,03

Les prix de revient définitifs de la partie mobile du barrage sont donnés par le tableau suivant :

DÉSIGNATION DU PRIX	PASSE navigable	PASSE surélevée	PASSE déversoir	ENSEMBLE de barrage
Prix du mètre courant des parties mobiles du barrage . . . . .	2.082 <sup>fr</sup> ,53	1.693 <sup>fr</sup> ,80	915 <sup>fr</sup> ,56	1.590 <sup>fr</sup> ,26

*Aménagement des terre-pleins des îles.* — Enfin, il a été exécuté sur le terre-plein des îles pour faciliter la manœuvre des barrages des aménagements qui comprennent :

1° Le chemin de ronde faisant suite aux passerelles ;

2° Les parcs à rideaux ;

3° Les garages des engins à manœuvre.

Nous n'y insisterons pas

Ces aménagements ont coûté ;

Terrassements et maçonneries. . . . .	69.487 <sup>fr</sup> ,27
Voies ferrées et accessoires. . . . .	32.274 ,01
Ensemble. . . . .	101.761 ,28
Maison de barragiste et magasin. . . . .	83 420 ,31
Total. . . . .	185.181 <sup>fr</sup> ,59

*Résumé des prix d'exécution.*

Grande écluse. . . . .	1.741.000 <sup>fr</sup> ,00
Petite écluse. . . . .	951.000 ,00
Réparation de l'ancienne écluse. . . . .	132.000 ,00
Portes . . . . .	89.546 ,71
Estacades . . . . .	61.048 ,78
Port de Suresnes. . . . .	120.000 ,00

Murs de quai et perrés d'amont. . . . .	347.200 ,00	
Murs de quai et perrés d'aval. . . . .	439.500 ,00	
Déviatiou de la route nationale. . . . .	151.896 ,93	
Egout collecteur. . . . .	166.000 ,00	
Maison écluatière et dépendances. . . . .	60.154 ,49	
	<u>2.259.346 ,91</u>	

*Passe navigable*

Parties fixes. . . . .	716.724 <sup>fr</sup> ,32	888.532 ,94
Parties mobiles. . . . .	171.808 ,62	

*Passe déversoir*

Parties fixes. . . . .	415.635 ,18	482.013 ,62
Parties mobiles. . . . .	66.378 ,44	

*Passe surélevée*

Parties fixes . . . . .	551.983 ,80	674.783 ,77
Parties mobiles. . . . .	122.799 ,97	
Défenses de rives dans les trois passes. . . . .	569.446 ,83	
Aménagement des terre-pleins des îles. . . . .	101.761 ,28	
Maisons de barragistes et magasin. . . . .	83.420 ,31	
Total. . . . .	<u>7.059.305 ,66</u>	

Pour avoir la dépense complète, il convient d'ajouter pour les acquisitions de terrains et les dépenses du personnel une somme de 135 000 francs; on arrive ainsi à un chiffre total de :

7.194.305 fr. 66 c.

# Ecluse à sas d'entrée du bassin Freycinet

(PORT DE DUNKERQUE)

*Dispositions générales.* — Le bassin Freycinet est en communication avec le port d'échouage par une écluse à sas de 21 mètres de largeur et 129 mètres de longueur de busc en busc.

L'écluse peut recevoir en vives eaux moyennes, des navires de 7<sup>m</sup>,35 de tirant d'eau et en mortes eaux moyennes, des navires de 6<sup>m</sup>,35.

Une paire de portes d'èbe busquées ferment le sas à chacune de ses extrémités; les portes d'aval sont protégées contre les grandes marées et les tempêtes par des portes-valets qui les maintiennent appuyées contre le busc.

Le sas est divisé en deux parties par des portes d'èbe intermédiaires placées entre les portes extrêmes et aux deux tiers de leur distance à partir de l'amont.

On a ainsi : 1° un petit sas de 52 mètres de longueur de busc en busc; 2° un sas moyen de 77 mètres; un grand sas de 129 mètres.

Les communications d'une rive à l'autre sont assurées par deux ponts tournants : l'un est immédiatement en aval des portes d'amont, l'autre immédiatement en aval des portes intermédiaires.

On a ménagé, dans les bajoyers, des aqueducs, et des vannes dans les portes au moyen desquels se font les mouvements d'eau pour les sasements.

Aux extrémités de l'écluse, des feuillures sont pratiquées et permettent de la fermer par deux bateaux-portes, afin de pouvoir visiter et réparer le radier et les portes.

Les bajoyers du sas sont verticaux; le radier est construit en voûte renversée sauf dans les parties correspondant aux chambres des portes où il est plan. Le profil du radier courbe est une anse de panier à cinq centres, ayant 3<sup>m</sup>,50 de flèche et tracée de façon à limiter à 50 centimètres la différence de niveau entre le point le plus bas et le point situé à 4 mètres de distance horizontale du bajoyer.

A l'amont et à l'aval, le radier est protégé par des avants-radiers qui ont respectivement 8 mètres et 40 mètres de longueur.

*Dimensions principales.* — Les principales dimensions sont les suivantes :

Hauteur d'eau sur le radier en basses mers, moyennes de vives eaux ordinaires. . . . .	2 <sup>m</sup> ,00
Hauteur d'eau sur le radier en pleines mers de vives eaux moyennes. . . . .	7 ,45
Hauteur d'eau sur le radier en pleines mers de mortes eaux moyennes. . . . .	6 ,45
Largeur de l'écluse. . . . .	21 ,00
Longueur de tête en tête entre les lignes de palplanches extrêmes de la fondation. . . . .	168 ,00
Distance entre les pointes des buscs des portes extrêmes. . . . .	129 ,00
Distance entre les pointes des buscs des portes d'aval et des portes intermédiaires. . . . .	52 ,00
Distance entre les pointes des buscs des portes intermédiaires et des portes d'amont. . . . .	77 ,00
Longueur d'une enclave de porte. . . . .	12 ,00
Longueur mesurée des sacs entre la corde du busc d'amont et l'origine de l'enclave des portes d'aval :	
1 <sup>o</sup> pour le petit sas. . . . .	40 ,00
2 <sup>o</sup> pour le moyen sas. . . . .	65 ,00
3 <sup>o</sup> pour le grand sas. . . . .	117 ,00
Flèche des buscs. . . . .	3 ,70
Saillie des buscs. . . . .	0 ,35
Saillie des senils du bateau-porte. . . . .	0 ,50
Épaisseur du radier dans le sas. . . . .	3 ,00
Épaisseur maximum du radier sous les buscs. . . . .	4 ,50
Hauteur du couronnement au-dessus du fond de radier des sas. . . . .	9, 20

*Organes de sasement.* — Depuis la tête amont jusqu'à la tête aval de l'écluse, on a ménagé dans l'épaisseur du bajoyer, sur chaque rive, un aqueduc longitudinal. Sur chacun de ces aqueducs longitudinaux s'embranchent trois aqueducs transversaux qui débouchent dans le grand sas : le premier à l'extrémité amont, le second à peu près au milieu de la longueur totale, immédiatement en amont de la chambre des portes intermédiaires, le troisième dans la chambre des portes-aval.

Le premier de ces aqueducs transversaux présente une section de 3 mètres carrés, les deux autres n'ont que deux mètres carrés.

Chacun des aqueducs longitudinaux (fig. 3, pl. 55-56) est partagé en quatre tronçons dont les sections varient avec les volumes d'eau dont elles doivent assurer l'écoulement, dans un sens ou dans l'autre.

La section est de 5 mètres de la tête d'amont au premier aqueduc transversal.

Elle se réduit à 3 mètres carrés entre le premier et le second aqueduc et remonte à 5 mètres entre le second et le troisième.

A partir de ce dernier jusqu'à la tête d'aval, elle est de 7 mètres carrés, c'est-à-dire égale à la somme des sections des aqueducs transversaux.

On a arasé les radiers des aqueducs un peu au-dessus de niveau des plus basses mers, pour en faciliter la visite.

Les têtes d'amont des aqueducs longitudinaux sont munies de clapets de fermeture montés à charnière, que l'on rabat sur leurs sièges toutes les fois qu'il faut visiter les aqueducs à marée basse.

Les têtes d'aval sont également disposées pour recevoir des clapets, si leur fermeture devenait nécessaire pour quelque réparation.

Les vannes des portes sont levantes et sont manœuvrées à bras. Les aqueducs transversaux sont fermés par des vannes tournantes à axe vertical. Elles peuvent être manœuvrées à bras ou à l'aide d'un appareil à air comprimé.

Pour les aqueducs longitudinaux, on les a disposés de manière à faire concourir pour leur ouverture la chute d'eau qui existe entre le bassin à flot et l'avant-port.

Le système employé est le suivant :

Les aqueducs sont fermés à leur extrémité par une porte tournante dièdre, dite porte en éventail, dont l'axe est vertical et dont les deux côtés sont inégaux. L'angle des deux côtés est droit pour la porte d'amont, un peu obtus pour celle d'aval.

L'axe de rotation est placé suivant l'arête du dièdre, en dehors et à 25 centimètres du contour de l'orifice qui met l'aqueduc en communication avec le puits où est logée la porte tournante.

Le petit côté du dièdre, de l'amont vers l'aval, l'orifice de l'aqueduc en s'appuyant par un recouvrement de 10 centimètres sur la paroi d'aval du puits, le grand côté se meut, avec un jeu de 1 centimètre, dans une chambre cylindrique pratiquée aux dépens de la paroi du puits.

Du fond de cette chambre, part un conduit de décharge (fig. 3 et 17, pl. 55-56) muni d'une vanne et aboutissant à une certaine distance en aval de la porte.

Tant que la vanne de ce conduit de décharge reste fermée, la pression de l'eau d'amont maintient la porte hermétiquement close.

Au contraire, lorsque la vanne est levée, l'eau en s'écoulant diminue la pression sur la face postérieure du grand côté, tandis que la face antérieure reste soumise à la pression de l'eau d'amont. Alors la porte s'ouvre d'elle-même.

Un treuil manœuvré soit à bras, soit à l'eau comprimée, achève l'ouverture de la porte au moyen d'une chaîne.

Pour les manœuvres du moyen et du petit sas on se sert des vannes des aqueducs transversaux ; pour l'usage des grands sas, ces vannes restent ouvertes pour le remplissage comme pour la vidange.

Le remplissage se fait ordinairement en ouvrant les portes en éventail d'amont des aqueducs longitudinaux ( $2 \times 5 = 10^{\text{m}^2,00}$ ) ; ce n'est qu'exceptionnellement que l'on emploie les vannes des portes busquées d'amont  $6^{\text{m}^2,00}$ .

Les orifices d'amenée de l'eau des aqueducs longitudinaux sont établies de façon que les pressions sur les carènes des navires se neutralisent.

La vidange du grand sas s'opère ordinairement par les portes en éventail d'aval des aqueducs longitudinaux ( $2 \times 7 = 14^{\text{m}2,00}$ ) et exceptionnellement, par les vannes des portes busquées d'aval ( $6^{\text{m}2,00}$ ).

Pour le grand sas, la durée totale de remplissage par les aqueducs, avec une différence de niveau de 3 mètres entre le bassin et le port d'échouage, est de deux minutes, y compris le temps nécessaire à l'ouverture des aqueducs. On utilise encore l'ensemble des aqueducs et des vannes pour donner des chasses destinées à nettoyer le sas et l'avant-radier.

*Détails de construction.* — Le terrain où sont établies les constructions est formé de sable pur jusqu'à une profondeur de 20 mètres environ au-dessous des basses mers.

L'écluse est assise sur une couche de béton de  $1^{\text{m}},50$  d'épaisseur sous le radier du sas et de  $2^{\text{m}},50$  à 3 mètres le long des têtes, sous les chambres des portes busquées et sous les seuils des bateaux-portes.

Le béton est composé de volumes égaux de briques concassées, de galets de Calais et de mortier, et coulé dans une enceinte de pieux et de palplanches en orme.

Les faces latérales de l'enceinte ont été arrachées après la prise du béton et l'on n'a conservé que celles des têtes amont et aval. Celles-ci sont formées de palplanches de 8 mètres de longueur et de pieux de  $8^{\text{m}},50$ , assemblés en rainures et grains d'orge et moisés.

Le mortier est composé de 0,80 c. de chaux éminemment hydraulique, 0,40 de trass et de 0,25 de cendre de houille.

Le mortier des maçonneries au-dessus du béton, est composé de ciment de Portland et de sable; celui des maçonneries de pierres de taille et des enduits est dosé à raison de 570 kilogrammes de ciment par mètre cube de mortier; pour les autres ouvrages, la proportion de ciment a varié de 350 kilogrammes à 500 kilogrammes.

Toutes les maçonneries de remplissage sont en briques jaunes du pays; les parements vus des bajoyers sont en pierre de taille de diverses provenances; le granit était réservé pour les musoirs, les chardonnets, les angles d'enclave des portes busquées, les feuillures de bateaux-portes, les encadrements de ponts et les tablettes de couronnement. Toutes ces pierres sont bouchardées et ciselées.

Les pierres courantes sont simplement smillées à la grosse pointe au-dessous du niveau moyen de la mer; elles sont bouchardées avec ciselure d'encadrement au-dessus de ce niveau.

Les avants-radiers sont limités par une enceinte de pieux et palplanches en orme moisés; ils comprennent :

- 1° Un corroi d'argile de 1 mètre d'épaisseur ;
- 2° Une couche de 50 centimètres de menus matériaux liés par les déchets provenant du blutage de la chaux hydraulique employée dans le béton ;
- 3° Un revêtement de maçonnerie sèche de 50 à 60 centimètres dont les joints sont remplis avec les mêmes déchets de chaux et des débris de pierres fortement coincés au marteau.

Ce massif est consolidé et maintenu dans l'avant-radier d'aval par trois liernes transversales en orme, qui sont boulonnées, de 2 en 2 mètres, sur des pivots d'orme en grume de 4 mètres et qui partagent la longueur de l'avant-radier en quatre parties égales.

Des affouillements s'étant produits à l'aval, l'avant-radier a été prolongé de 20 mètres, au moyen d'une couche de moellons bruts de 1 mètre d'épaisseur recouverte d'une couche de béton de 60 centimètres d'épaisseur.

*Dépense.* — La dépense de construction de l'écluse proprement dite s'est élevée à 3 millions de francs, qu'il faut répartir ainsi :

	QUANTITÉS	PRIX
	mètres cubes.	francs
Terrassements . . . . .	207.000.000	300.150
Battages. . . . .	625.000	117.940
Béton de chaux et trass pour fondations. . . . .	14.737.000	356.300
Pierre de taille de grand appareil de granit . . . . .	956.000	177.377
Pierre de taille de grand appareil de Soignies. . . . .	75.000	15.380
Pierre de taille de grand appareil de Marquise. . . . .	967.000	111.383
Pierre de taille de moyen appareil de granit. . . . .	14.000	1.918
Pierre de taille de moyen appareil de Marquise. . . . .	1.036.000	98.905
Pierre de taille de petit appareil de Marquise. . . . .	659.000	42.831
Maçonnerie de moellons de Marquise. . . . .	977.000	21.840
Maçonnerie de briques jaunes. . . . .	21.100.000	485.300
Pavages. . . . .	955.000	16.405
Enduit au ciment. . . . .	5.525.000	3.040
Taille de parements. . . . .	5.736.000	72.115
Smillage. . . . .	4.646.000	18.588
Refouillement de pierre de taille. . . . .	11.242	29.230
Canons d'amarre et échelles. . . . .	»	7.510
Avant-radier d'amont. . . . .	»	29.500
Avant-radier d'aval y compris le prolongement au moyen de blocs. . . . .	»	116.200
Fournitures de ciment de Portland. . . . .	4.300 qtx	315.000
Épuisements et frais généraux. . . . .	»	663.088
Total. . . . .		3.000.000



*Portes busquées.* — Les portes busquées sont en fer galvanisé. Les dimensions principales sont les suivantes :

Hauteur totale . . . . .	8 <sup>m</sup> ,45
Hauteur au-dessus du zéro des cartes marines, égale à celle des hautes mers de vives eaux d'équinoxe ordinaires . . . . .	6,65
Largeur totale y compris les fourrures extrêmes. . .	11,59

Chaque vantail est ainsi constitué :

1° Un cadre composé d'une traverse supérieure, une traverse inférieure, une poutre tubulaire formant poteau-tourillon, et une poutre-tubulaire formant poteau busqué ;

2° Cinq montants verticaux qui partagent, en six espaces égaux, l'intervalle entre le poteau-tourillon et le poteau busqué ;

3° Quinze membrures horizontales qui raidissent le bordage entre les montants verticaux et les poteaux tourillon et busqué ;

4° Quatre écharpes de contre-ventement, à sections décroissantes, sur la face d'amont du vantail.

Un bordage en tôle couvre toute la face d'aval du vantail, sauf deux ouvertures de 1<sup>m</sup>,37 de largeur et 2<sup>m</sup>,535 de hauteur, qui correspondent aux ventelles, et sont placées tout entières au-dessus des basses mers de vives eaux.

A partir du poteau-tourillon et le poteau busqué inclusivement entre le deuxième montant, le vantail présente, dans sa partie inférieure, une chambre à air étanche de 4<sup>m</sup>,465 de hauteur.

Du côté opposé, entre ce même montant et le poteau tourillon inclusivement, le vantail contient une chambre à eau de 2<sup>m</sup>,525 de hauteur.

Une pompe, munie d'un double tuyau d'aspiration (fig. 2 et 5), permet d'élever l'eau qui pourrait s'infiltrer dans la chambre à air, ou de régler le niveau dans la chambre à eau.

La chambre à air a pour but de déterminer le poids de la porte dans l'eau.

*Portes-valets.* — Les portes-valets, dont nous avons déjà parlé plus haut, sont en bois de grunhaert.

Chacune d'elles comprend : un poteau-tourillon, un poteau busqué, une traverse supérieure, une traverse inférieure, un montant vertical intermédiaire, des fermes d'attache et de contre-ventement dont l'agencement et les dimensions sont indiquées sur la figure 10, planche 57-58.

*Portes tournantes des aqueducs transversaux* (fig. 11 à 19, pl. 59-60). — Chaque aqueduc transversal est fermé, près de sa jonction avec l'aqueduc longitudinal, par un système de deux portes tournantes à axe médian vertical : ces portes sont d'égales dimensions ; elles s'appuient sur un cadre fixé dans la maçonnerie et sur un montant vertical commun placé au milieu de l'ouverture.

*Portes en éventail des aqueducs longitudinaux* (fig. 1 à 7, pl. 59-60). — Nous avons vu plus haut comment ces portes étaient constituées, et quel était leur système d'ouverture et de fermeture.

*Dépenses.* — La dépense de construction des organes de fermeture du sas et des aqueducs s'est élevée à 236 154 fr. 40, répartis de la façon suivante :

<i>Portes d'èbe</i> (3 paires de porte)		
Fer. . . . .	48.853 <sup>fr</sup> 673	25.773 <sup>fr</sup> 33
Acier doux . . . . .	2.355,958	3.180,95
Acier vif . . . . .	6,000	10,80
Fonte . . . . .	2.115,200	981,96
Bronze. . . . .	111,800	503,10
Bois de greenhaert . .	1 <sup>m</sup> 352	338,40
Bois de chêne. . . . .	0,855	240,20
Caoutchouc . . . . .	1,660	28,29
Total pour un vantail . . . . .		31.057 <sup>fr</sup> 03
Et pour six vantaux . . . . .		186.342 <sup>fr</sup> 18

<i>Portes-valets</i> (1 paire de portes)		
Fer. . . . .	1087 <sup>fr</sup> 250	684 <sup>fr</sup> 96
Acier doux . . . . .	386,500	521,78
Acier vif . . . . .	5,000	9,00
Fonte . . . . .	1.841,750	650,87
Bois de greenhaert . .	7 <sup>m</sup> 044	1.743,39
Total pour un vantail . . . . .		3.610,00
Prix des deux vantaux . . . . .		7.220,00

<i>Portes tournantes des aqueducs transversaux</i> (6 paires de portes semblables)		
Fer. . . . .	2.796 <sup>fr</sup> 486	1.519 <sup>fr</sup> 14
Acier doux . . . . .	86,783	117,15
Fonte . . . . .	1.673,141	385,36
Bois de greenhaert . .	0 <sup>m</sup> 311	76,56
Caoutchouc . . . . .	42,367	610,09
Total pour une porte. . . . .		2.708,30
Prix des six portes . . . . .		16.249,80

<i>Portes en éventail des aqueducs longitudinaux</i> (4 portes semblables)		
Fer. . . . .	5931 <sup>fr</sup> 756	3.164 <sup>fr</sup> 74
Acier doux . . . . .	359,875	485,84
Acier vif . . . . .	142,375	256,28
Fonte . . . . .	4.909,778	1.134,80
Bronze. . . . .	139,37	62,71
Bois de greenhaert . .	0 <sup>m</sup> 3468	115,20
Caoutchouc . . . . .	13,250	147,60
Total pour une porte. . . . .		5.367,17
Prix des quatre portes . . . . .		21.468,68

*Vannes de l'aqueduc de décharge des chambres des portes en éventail*  
(4 vannes semblables)

Fer. . . . .	31 <sup>m</sup> 455	31 <sup>m</sup> 93	
Fonte . . . . .	1.655,750	522,08	
Bronze. . . . .	38,000	171,00	
Bois de greenhaert . . . . .	0 <sup>m</sup> 3145	35,89	
Total pour une vanne . . . . .		760,90	
Prix des quatre vannes. . . . .			3.043,60

*Clapets des têtes d'amont des aqueducs longitudinaux*  
(2 clapets semblables)

Fer. . . . .	778 <sup>m</sup> 625	527 <sup>m</sup> 95	
Fonte . . . . .	108,771	48,94	
Bois de chêne. . . . .	1 <sup>m</sup> 263	338,18	
Total pour un clapet. . . . .		915,07	
Et pour deux semblables. . . . .			1.830,14
Montant total . . . . .			236.154,40

*Moteurs hydrauliques des treuils des portes d'èbe.* — Les emplacements des treuils de manœuvre des portes d'èbe sont indiqués sur la planche 55-56, figure 2. Aucune partie de ces appareils ne fait saillie au dessus du terre-plein de l'écluse.

Ils servent à la fois pour ouvrir le vantail d'un bord, et pour fermer celui de l'autre, au moyen de deux chaînes en fer rond de 25 millimètres de diamètre, s'enroulant sur deux tambours qui ont un même axe de rotation horizontal et perpendiculaire à l'axe de l'écluse.

Chacun de ces tambours présente une rainure hélicoïdale pour guider l'enroulement de la chaîne; le sens de l'hélice de l'un des tambours est inverse de celui de l'autre.

Le diamètre du tambour de la chaîne de fermeture, ou chaîne d'aval, est de 85 centimètres, tandis que celui du tambour de la chaîne d'ouverture est de 50 centimètres : les deux tambours ont la même vitesse angulaire.

*Moteurs hydrauliques des portes tournantes des aqueducs* (fig. 11 à 17, pl. 59-60). — Le mouvement de la tige verticale, qui actionne les vantaux accouplés des portes tournantes, est produit à volonté par un moteur hydraulique ou par un moteur à bras.

Le moteur hydraulique consiste en un cylindre à double effet A, dont le piston agit directement sur la traverse horizontale d'un cadre rigide attelé, par sa traverse inférieure, à la tige verticale de la vanne.

En cas d'accident à l'appareil hydraulique, la vanne est levée à bras, au moyen d'un cabestan C dont la tête est en contre-bas du sol.

*Moteurs hydrauliques des portes en éventail* (fig. 1 à 10, pl. 59-60). — Les

portes en éventail sont manœuvrées à l'aide d'un treuil à double tambour, que l'on peut mouvoir à la main, au moyen d'un engrenage conique dont le pignon est fixé sur un axe vertical terminé par une tête de cabestan D, à quatre douilles inclinées; le tout est noyé dans la maçonnerie sous un couvercle mobile en fonte. Mais on n'opère à la main qu'en cas d'arrêt du moteur hydraulique.

Les deux tambours du treuil tournent librement sur leur arbre commun; ils sont séparés par un manchon d'embrayage dont la position détermine l'entraînement du tambour qui doit agir. Le second reste libre, ce qui lui permet de tourner en sens inverse pour laisser dérouler sa chaîne, à mesure que la porte se déplace.

*Dépenses des moteurs hydrauliques.* — La dépense d'établissement des moteurs hydrauliques, et appareils de manœuvre à bras, s'est élevée à 167 910 fr. 57, ainsi répartis :

1 pompe horizontale à vapeur avec tous ses accessoires et 1 accumulateur hydraulique . . . . .	56.250 <sup>tr</sup> 00
Tuyauterie d'eau sous pression, tuyauterie de retour et soupapes diverses . . . . .	25.261,90
6 Moteurs hydrauliques pour la manœuvre des trois portes d'ébe. . . . .	21.000,00
6 Moteurs hydrauliques pour les 6 couples de portes tournantes des aqueducs transversaux. . . . .	6.000,00
4 Moteurs hydrauliques pour les treuils de manœuvre des 4 portes en éventail des aqueducs transversaux. . . . .	11.400,00
4 Moteurs hydrauliques des vannes des conduits de décharge des chambres de manœuvre des portes en éventail . . . . .	4.500,00
6 Treuils de manœuvre des portes d'ébe avec leurs chaînes . . . . .	35.406,24
6 Cabestans pour manœuvrer à bras les portes tournantes des aqueducs transversaux . . . . .	4.014,52
4 Treuils de manœuvre des portes en éventail . . . . .	3.001,51
4 Cabestans de manœuvre à bras des vannes de décharge . . . . .	1.076,37
Total . . . . .	167.910,57

*Exécution des travaux.* — L'écluse à sas du bassin a été mise en adjudication le 15 avril 1872; l'entrepreneur, après avoir exécuté les fouilles, et commencé le battage des pieux et palplanches, demanda la résiliation au mois d'octobre 1873, et licencia ses ouvriers.

Le travail fut repris en régie par l'administration, et l'on fit ainsi, de novembre 1873 à juillet 1875, les fondations de l'écluse et toutes les maçonneries de la partie inférieure jusqu'au niveau du radier courbe.

Le béton de fondation, dont le volume est d'environ 15 000 mètres cubes, fut

coulé pendant les mois de juin, juillet et août 1874, et la première assise de pierres fut posée le 6 septembre suivant.

Le 28 juin 1875 eut lieu une nouvelle adjudication.

Les entrepreneurs prirent possession du chantier au mois de juillet suivant, et terminèrent les maçonneries en 1877, à l'exception de quelques menus ouvrages.

L'écluse, proprement dite, a été achevée en 1878.

La construction des organes de fermeture du sas et des aqueducs a été adjugée le 3 septembre 1879 ; les travaux ont été terminés le 21 août 1880. La mise en service a commencé le 31 octobre 1880.

Les projets ont été dressés et les travaux exécutés par M. Guillaïn, ingénieur des ponts et chaussées, sous la direction de MM. Plocquet, Eyriaud, Desvergnès, ingénieurs en chef.

---

## Pont roulant sur l'écluse du bassin à flot de Saint-Malo

---

Le programme de 1878 pour la création des deux bassins à flot de Saint-Malo et de Saint-Servan prévoyait aussi la construction d'une route de jonction entre ces deux villes.

Cette route (voir le plan ci-joint) suit le terre-plein du barrage de Saint-Malo, emprunte la digue de réduction et le terre-plein du barrage de Saint-Servan. Elle traverse ainsi les deux écluses nouvelles, dont la largeur est de 18 mètres, au moyen de deux ponts roulants P P qui sont manœuvrés à l'aide d'appareils à eau comprimée.

On a construit les deux ponts sur le même type ; la longueur de chacun d'eux est de 38<sup>m</sup>,80 dont 22<sup>m</sup>,80 pour la volée et 16 mètres pour la culasse ; la largeur totale est de 8 mètres.

Deux fermes soutiennent le tablier, elles sont reliées entre elles par des pièces de pont qui portent une voie charretière de 5 mètres et deux trottoirs de 1 mètre de largeur.

Le poids total du pont est de 181 500 kilogrammes, dont 35 500 kilogrammes servent de contrepoids pour la culasse.

Quand la passe est fermée, le pont repose sur les maçonneries par ses deux extrémités et par sa partie centrale. On se trouve alors dans le cas d'un pont fixe ordinaire et les organes du mécanisme sont indépendants du pont et des charges qu'il supporte.

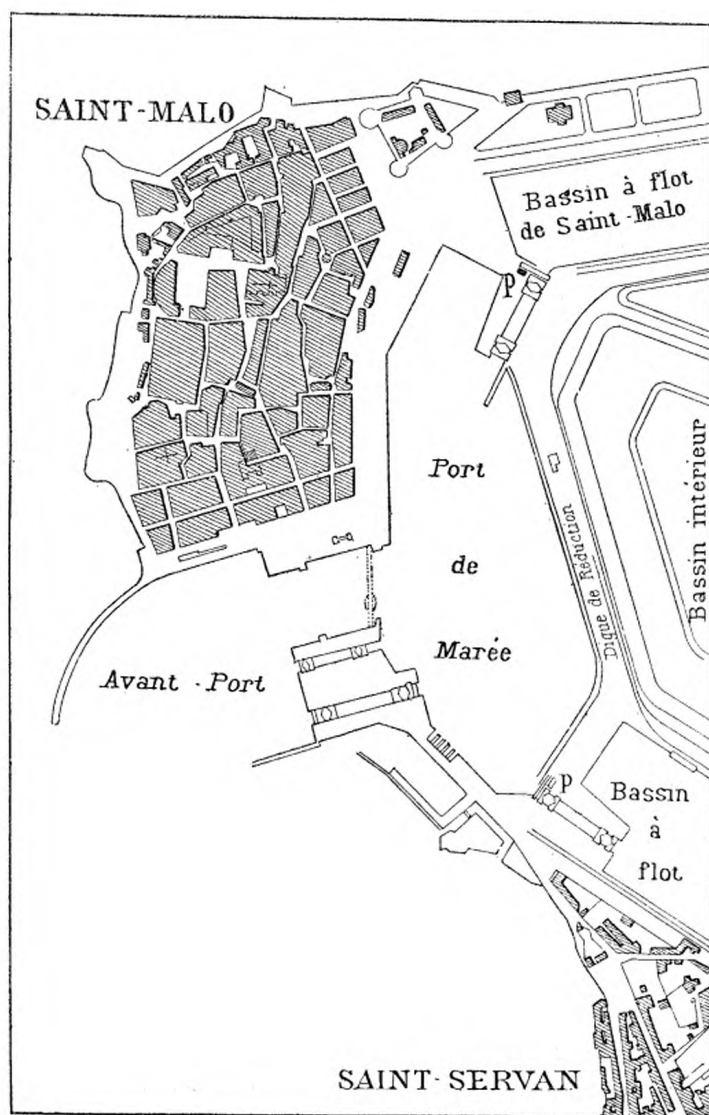


Fig 1. — Plan général du Bassin à flot de Saint-Malo.

Voici en quoi consistent les manœuvres à exécuter pour dégager la passe :

Soulever le pont, parallèlement à lui-même, au-dessus du couronnement de l'encuvement ;

Glisser sous les poutres des galets de roulement ;

Redescendre le pont pour le faire reposer sur les galets et pour dégager les pièces du mécanisme de soulèvement ;

Imprimer au pont un mouvement rectiligne pour le ramener en arrière ;

Pour la fermeture de la passe le mouvement est naturellement inverse ;

L'exécution de ces divers mouvements exige le mécanisme suivant :

Une presse hydraulique verticale, logée dans une fosse en maçonnerie à l'aplomb du centre de gravité du pont ;

Un chevêtre en fer reposant sur la tête du piston de la presse ; les extrémités de ce chevêtre sont garnies à la partie supérieure de sommiers en fonte placés à l'aplomb des poutres du pont.

Un appareil appelé *récupérateur* inventé par M. Barret. Cet appareil, fonctionnant comme un accumulateur, forme, avec la presse de soulèvement, une sorte de balance hydrostatique qui permet d'emmagasiner le travail produit par la descente du pont et, permet ainsi de dépenser beaucoup moins d'eau comprimée pour le soulèvement.

Quatre galets doubles, ayant leur mouvement dans le sens transversal du pont ; on amène les galets sous les poutres quand le pont doit être reculé, on les retire quand le pont est en place, pour qu'il repose sur les maçonneries.

Deux autres galets semblables, fixes et placés dans le prolongement des poutres, pour soutenir la culasse, quand le pont est retiré.

Deux appareils de translation sur les parois du chevêtre pour imprimer au pont un mouvement de va-et-vient.

Quatre heurtoirs, dans l'alignement des poutres, pour limiter le mouvement de recul du pont.

Un accumulateur où l'eau est comprimée à 60 atmosphères, commun aux deux écluses, alimente les appareils de manœuvre et les cabestans, mettant ainsi en mouvement la presse de soulèvement, les galets mobiles et les appareils de translation.

Pour toutes les manœuvres un homme suffit. La durée pour la fermeture ou l'ouverture de la passe est en moyenne de trois minutes.

On a élevé pour chaque pont un petit bâtiment, renfermant les appareils de distribution *abc* (fig. 2, pl. 61-62) et le récupérateur R ; il contient en outre une pompe à bras *d*, destinée à comprimer au besoin l'eau nécessaire aux manœuvres du pont.

L'eau sous pression est amenée par les conduites *b* (aller) et *c* (retour) qui relient le pavillon avec un bâtiment construit sur la digue et contenant l'accumulateur et les machines de compression.

*Pont* (fig. 1, pl. 61-62 et 65-66; fig. 1 et 2, pl. 63-64). — Le tablier du pont est supporté par deux fermes, à âmes pleines, leur forme est celle d'un solide d'égale résistance et dont la hauteur maximum est de 2<sup>m</sup>,814.

La semelle supérieure, de 50 centimètres de largeur, est constituée par des tôles de 8 à 10 millimètres d'épaisseur, dont le nombre décroît depuis l'axe de la presse de soulèvement jusqu'aux extrémités; la semelle inférieure de 40 centimètres de largeur, est constituée avec des tôles de 11 millimètres et a une épaisseur uniforme sur toute la longueur du pont.

On a fixé sur la semelle inférieure une plate-bande de roulement en acier, de même longueur, et de 25 millimètres d'épaisseur.

On a relié fortement la semelle inférieure à l'âme de la ferme, au moyen de deux fourrures de 23 centimètres de hauteur et de deux cornières. Les ailes verticales de ces cornières ont 180 millimètres de hauteur et les ailes horizontales 100 millimètres.

Les âmes qui n'ont que 10 millimètres d'épaisseur sont renforcées par des montants verticaux de mètre en mètre; dans la partie correspondant à la presse de soulèvement, sur une longueur de 4 mètres, ces montants sont rapprochés à 72 et à 56 centimètres.

Le montant placé directement au-dessus du centre de la presse et les deux montants adjacents sont renforcés par des fourrures et par une bordure extérieure en cornière.

Les fermes sont reliées par des pièces de pont espacées de 2 mètres d'axe en axe; ces pièces, en tôle et cornières, s'appuient sur la semelle inférieure des fermes et sont en outre assemblées aux âmes par des goussets et des cornières.

Les pièces de pont sont reliées par cinq cours de longerons en forme de double T; l'espacement des longerons est de 1<sup>m</sup>,666 d'axe en axe. Des traverses en bois de 20 centimètres de hauteur sur 12 centimètres d'épaisseur sont intercalées entre les pièces du pont.

Ces traverses en bois sont espacées de 40 centimètres d'axe en axe, et servent à supporter le tablier de la voie charretière.

Le tablier du pont est formé par des madriers longitudinaux de 7 centimètres d'épaisseur, reposant sur les pièces du pont et les traverses, et par un platelage en madriers de 6 centimètres d'épaisseur, fixé sur les madriers longitudinaux dans le sens transversal.

De chaque côté de la voie charretière, deux poutrelles sont en bordure. Les poutrelles sont en tôle et cornières, et sur elles reposent les abouts des madriers de 6 centimètres d'épaisseur, qui forment les trottoirs.

Pour former le contreventement horizontal, on a fixé sous les pièces du pont des croix de Saint-André en fer plat de 140 millimètres sur 12.

Pour recevoir le lest, du côté de la culasse, huit panneaux en tôle de 10 millimètres d'épaisseur sont fixés horizontalement, de chaque côté du pont, sous les pièces de pont et les longrines.



*Chevêtre.* — Le chevêtre au moyen duquel la presse centrale soulève le pont, a la forme d'un solide creux dont les sections sont rectangulaires. Ce chevêtre est composé de deux semelles en tôle de 10 millimètres d'épaisseur, dont le nombre va en décroissant du centre aux extrémités. Les semelles sont reliées par trois âmes verticales pleines, divisant ainsi le chevêtre en deux tubes horizontaux; des cloisons transversales entretoisent les âmes; la cloison du milieu et celles des extrémités sont pleines; on a ménagé des ouvertures dans les autres pour le passage des ouvriers en cas de réparation; on pénètre dans les tubes par des trous d'hommes ménagés dans la semelle supérieure.

Deux sommiers en fonte sont fixés sur les extrémités de la semelle supérieure du chevêtre pour recevoir les fermes du pont pendant le soulèvement.

Deux glissières en fonte servent à guider le chevêtre. Ces glissières sont boulonnées sur les bords et coulisent dans deux pièces en fonte encastrées solidement dans les parois de la cuve en maçonnerie.

Pour recevoir la tête du piston de la presse de soulèvement un fort sommier en fonte est boulonné sous le chevêtre.

*Appareils de translation.* — Les appareils de translation se composent de deux presses hydrauliques fixées horizontalement sur les parois verticales du chevêtre, et se déplaçant avec lui.

Les cylindres en fonte E, ont 55 millimètres d'épaisseur; chacun d'eux est fermé par un couvercle boulonné avec lequel est venue de fonte une chape portant quatre poulies *ffff*, le plongeur F a 38 centimètres de diamètre et 2<sup>m</sup>,450 de course; il est formé par un cylindre en fonte de 35 millimètres d'épaisseur; la tête est mobile et maintenue avec des boulons, elle porte, comme le couvercle, une chape garnie de trois poulies *fff*; sa course est guidée par deux barres en fer forgé KK, de 90 millimètres de hauteur sur 70 d'épaisseur, dont les supports L sont également boulonnés sur la paroi du chevêtre.

Les chaînes *ggg* sont en fer rond de 25 millimètres de diamètre; elles sont mouflées sur les poulies et chacune d'elles est renvoyée dans la direction de l'axe du pont au moyen d'une poulie *h* dont le support est fixé sur la paroi du chevêtre.

L'une des extrémités des chaînes est fixée à la presse correspondante au moyen d'un tendeur *i* (fig. 1, pl. 65-66); l'autre extrémité est attachée sous une des pièces du pont (fig. 2, pl. 63-64).

Les tuyaux de circulation de l'eau comprimée sont raccordés sur les cylindres des presses par des bouts articulés T.

*Presse de soulèvement* (fig. 1, 4, 5; pl. 65-66). — La presse de soulèvement A est construite en deux tronçons réunis par des brides boulonnées; le tronçon inférieur a 88 centimètres de hauteur, 1<sup>m</sup>,06 de diamètre intérieur et 14 milli-

mètres d'épaisseur ; il est fermé, dans le bas, par un bouchon en fonte et encasté dans une chaise en fonte *c* où il est maintenu par une large clavette en fer forgé. Dans le prolongement de cette chaise, sont installés deux rails en fonte sur lesquels on fait glisser la presse, pour la sortir de la fosse en cas de réparations.

Le tronçon supérieur de la presse a 1<sup>m</sup>,580 de hauteur, 1<sup>m</sup>,04 de diamètre intérieur et 14 millimètres d'épaisseur ; il présente à l'intérieur un renflement de 2 centimètres de saillie, qui sert de butée pour empêcher le plongeur de sortir de la presse.

Un presse-étoupes forme le joint supérieur.

La presse est maintenue en place par quatre barreaux en fonte à nervures D, dont une extrémité s'appuie sur la bride d'assemblage des deux tronçons et dont l'autre extrémité repose sur des pièces de fonte encastées et boulonnées dans les parois en maçonnerie de la fosse.

Le plongeur B est un cylindre creux en fonte de 2 mil. 200 de hauteur totale, fermé dans le bas par un bouchon ; son diamètre est de 1 mètre pour la partie supérieure qui traverse le presse-étoupes, c'est-à-dire sur une hauteur de 1<sup>m</sup>,525, à la partie inférieure, sur une hauteur de 675 millimètres, le diamètre est porté à 1<sup>m</sup>,04 de façon à former un renflement qui bute sur celui que l'on a réservé à l'intérieur du cylindre, et limite la course du plongeur pendant le soulèvement du pont. La tête du plongeur s'encastre librement dans le sommier fixé sous le chevétre.

La communication est établie avec le récupérateur au moyen d'un tuyau *a*, partant du bas du cylindre de la presse.

En cas de rupture des tuyaux, un appareil de sûreté est fixé dans le tuyau à proximité de la presse.

Cet appareil de sûreté est une boîte contenant une soupape pressée sur ses deux faces par l'eau comprimée ; la section de la partie inférieure de la boîte est un peu plus grande que celle de la partie supérieure, en raison de l'espace occupé par la tige de la soupape, et l'excès de pression maintient la soupape soulevée pendant la montée et la descente du plongeur. Si la pression vient à être détruite, la soupape n'étant plus pressée que sur la face supérieure, se ferme subitement et arrête la sortie de l'eau contenue dans la presse.

Le diamètre du plongeur calculé pour assurer l'équilibre du pont aurait eu l'inconvénient d'employer une trop grande masse d'eau à 60 atmosphères ; c'est ce qui a amené l'emploi du récupérateur.

La figure 2 ci-jointe montre le fonctionnement théorique de cette sorte de balance hydrostatique.

Dans la pratique, au lieu que le piston soit mobile, celui-ci est fixe et c'est le cylindre qui est mobile et porte la caisse de charge, pour éviter d'avoir à retirer la caisse de charge et le piston chaque fois qu'il aurait été nécessaire pour changer de garnitures

Voir la figure ci-jointe :

La tige du piston est formée par un cylindre creux, en fonte A, de 48 centimètres de diamètre, qui repose sur la fondation au moyen d'un patin circulaire de 1<sup>m</sup>,40 de diamètre, renforcé par des nervures ; la tige est munie dans le haut de bagues en fer formant un piston de 54 centimètres de diamètre, garni de deux cuirs emboutis ; le tout est maintenu en place par une plaque en fonte boulonnée.

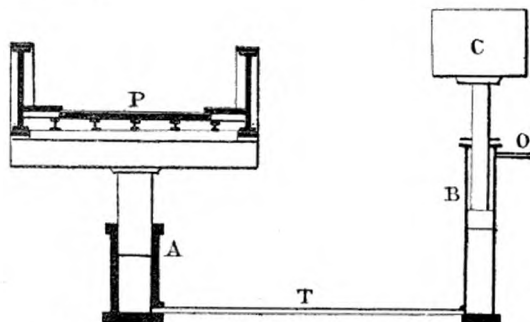


Fig. 2. — Figure théorique de la balance hydrostatique



Fig. 3. — Coupe horizontale de la presse du Récupérateur

La communication entre la presse de soulèvement et le cylindre mobile du récupérateur est établie par l'intérieur de la tige au moyen du tuyau  $\alpha$ .

Le cylindre mobile du récupérateur a 54 centimètres de diamètre intérieur et 80 millimètres d'épaisseur ; il est muni dans le bas d'un renflement et d'un presse-étoupes pour le passage de la tige.

Pour arriver dans l'espace annulaire  $c$ , ménagé entre celle-ci et le cylindre, l'eau des accumulateurs, on a fait venir de fonte, à l'intérieur de la tige elle-même, un renflement dont la cavité cylindrique B forme le prolongement du tuyau  $b$  et le débouche dans l'espace annulaire au-dessous du piston.

Le bas du cylindre porte extérieurement deux autres renflements qui forment une gorge circulaire dans laquelle est logé le plateau de fonte servant de fond à la caisse de charge. Ce plateau est en deux pièces assemblées avec des boulons.

La caisse est formée par un cylindre en tôle de 8 millimètres d'épaisseur ; elle a 2<sup>m</sup>,352 de diamètre et 3<sup>m</sup>,25 de hauteur.

Elle est maintenue dans le haut par un support en fonte dont les deux bras sont munis à leurs extrémités de glissières EE ; celles-ci coulissent dans deux guides en fonte de 3<sup>m</sup>,45 de longueur, scellés dans la maçonnerie.

Trois châssis en chêne superposés forment, au pied de la tige, un appui, de 1 mètre de hauteur, sur lequel la caisse de charge repose quand elle est au bas de sa course.

Outre le fonctionnement de la balance hydrostatique formée par la presse

centrale et le récupérateur, la manœuvre de pont exige quelques opérations accessoires : remonter la caisse de charge au haut de sa course; descendre ou

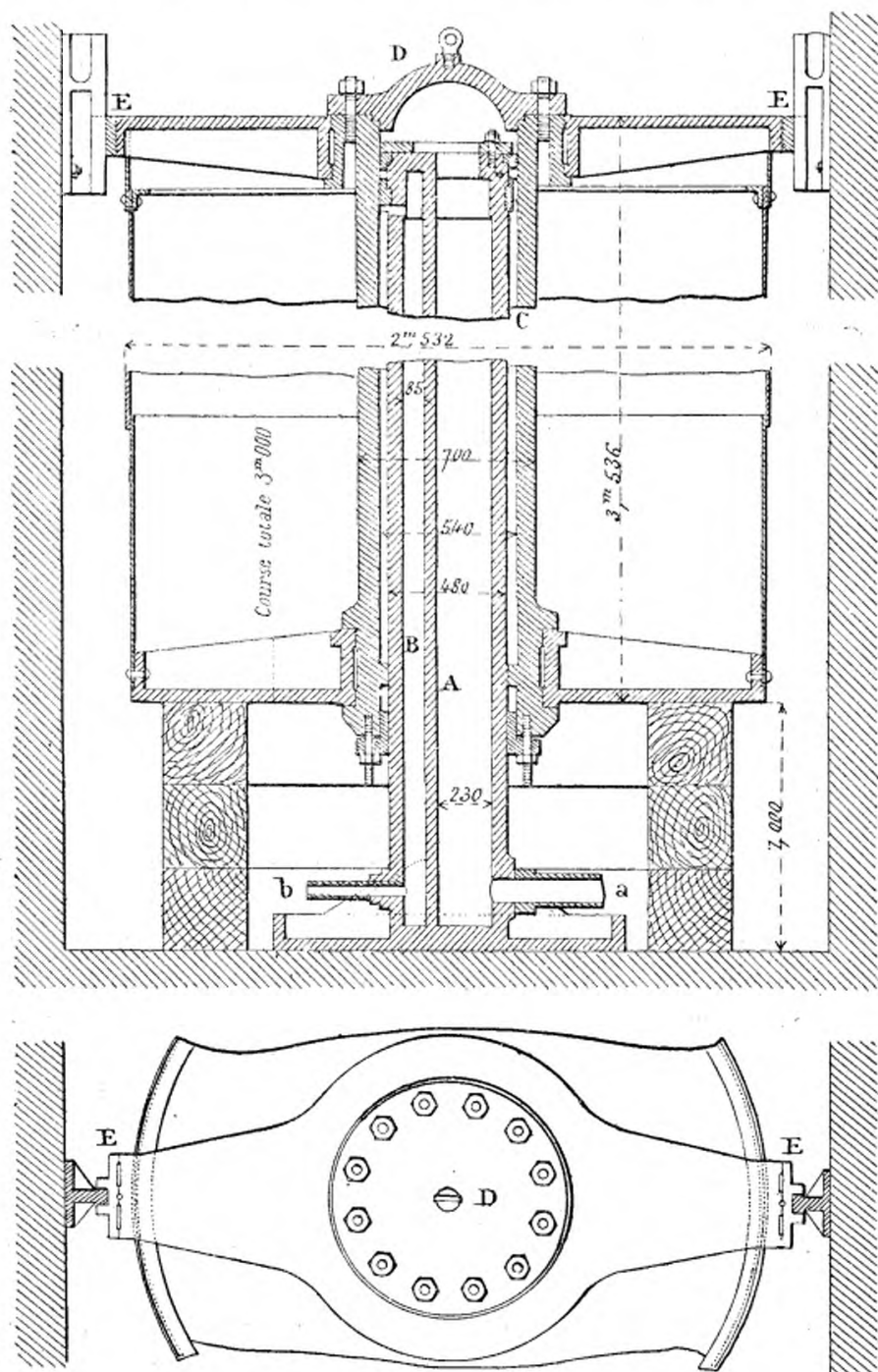


Fig. 4. — Coupe verticale et plan du récupérateur.

soulever séparément le chevêtre ou le plongeur de la presse centrale. Ces opé-

rations s'exécutent avec l'eau des accumulateurs, et l'appareil de distribution placé en *a* (fig. 2, pl. 61-62) dans le pavillon de manœuvre.

Voir figures 12 et 15 de la planche 63-64.

L'appareil est formé d'un corps en fonte porté sur une petite colonne (fig. 12 et 14) et sur lequel quatre conduites verticales établissent les communications suivantes :

*m* (fig. 14) tuyau d'arrivée de l'eau sous pression dans le distributeur :

*n* (fig. 14) tuyau d'évacuation du distributeur sur la conduite générale de retour.

*o* (fig. 13) Tuyau aboutissant à la capacité annulaire du récupérateur; ce tuyau, indiqué en *b*, est prolongé par le conduit vertical B, ménagé dans la tige du piston.

*p*. Tuyau aboutissant à la conduite de communication entre la presse centrale et le récupérateur, conduite indiquée en *a* sur la fig. 2, (p. 61-62) et sur la figure du texte. La conduite *a* est en outre reliée avec le tuyau de retour *n* par un branchement fermé au moyen d'une soupape de sûreté *e* (fig. 2) qui limite à 38 atmosphères la pression dans le récupérateur et la presse de soulèvement.

Les soupapes de distribution sont au nombre de six, indiquées sur les figures de la façon suivante :

*r*. Volant servant à manœuvrer la soupape d'admission de l'eau sous pression dans le distributeur (fig. 14 et 15, pl. 63-64);

*s*. Volant pour manœuvrer la soupape de communication entre le distributeur et la conduite de retour (fig. 14 et 15);

*t*. Soupape d'arrêt pour isoler la capacité annulaire du récupérateur de l'appareil de distribution (fig. 13 et 15);

*u*. Soupape d'arrêt pour isoler la presse centrale et le récupérateur de l'appareil de distribution (fig. 13 et 15);

*v*. Soupape servant à introduire l'eau sous pression dans la presse centrale et le cylindre récupérateur (fig. 14 et 15);

*x*. Soupape servant à mettre la presse centrale et le cylindre du récupérateur en communication avec la conduite de retour (fig. 14 et 15);

*y*. Tuyau recourbé à travers lequel s'établissent les communications réglées par les soupapes *v* et *x* (fig. 12, 13, 14, 15);

*z*. Purgeur d'air (fig. 12, 13 et 15);

*Galets de roulement.* — Les galets sont de deux sortes :

Les galets fixes MM (fig. 1 et 2, pl. 61-62) qui supportent l'extrémité de la culée, sont représentés en détail par les figures 2, 3, 4, 9 et 10 de la pl. 63-64; ces rouleaux sont portés par les deux flasques NN d'un balancier qui est soutenu lui-même par un support en fonte R. Le support est encastré et claveté sur une

plaque en fonte scellée dans la maçonnerie ; les axes des rouleaux et du balancier sont en acier forgé.

Les oscillations du balancier sont limitées et amorties par quatre tampons à ressort QQ, composés chacun de quatre paires de rondelles en acier.

Les galets mobiles (fig. 2 à 8, pl. 63-64) diffèrent des précédents en ce que les supports des balanciers peuvent glisser sur une chaîne en fonte, sous l'action d'une presse hydraulique à double effet V, manœuvrée à l'aide d'un seul tiroir de distribution *b* placé dans le pavillon de manœuvre (fig. 2, pl. 61-62).

Pour amener les galets sous le pont, on fait arriver l'eau sous pression dans l'espace annulaire compris entre le cylindre et la tige de piston, tandis que l'eau qui se trouve de l'autre côté du même piston est refoulée à l'évacuation.

Pour le mouvement inverse, l'eau sous pression agit en même temps sur les deux faces du piston, la section de ce dernier est double de celle de la tige et par conséquent de l'espace annulaire, de sorte que la force développée est la même pour les deux mouvements.

Les mouvements de translation du pont sont limités aux extrémités par des tampons de butée, armés de forts ressorts et enfermés dans des caisses prismatiques en fonte, solidement encastrées et boulonnées dans la maçonnerie. Du côté de la volée, les tampons sont constitués par des galets sur lesquels les extrémités verticales des fermes roulent sans effort lorsqu'on soulève le pont.

Le prix de revient d'un pont roulant y compris le chevêtre, la presse de soulèvement, les galets, les presses de translation, le récupérateur, les appareils de translation et le tuyautage afférent à tous les engins, mais non compris le tuyautage général allant à l'accumulateur, se décompose de la façon suivante :

Pont y compris le lest. . . . .	35.000 francs.
Chevêtre . . . . .	12.000 —
Presse de soulèvement . . . . .	15.000 —
Appareils de translation du pont . . . .	15.000 —
Galets . . . . .	47.000 —
Butées extrêmes . . . . .	2.000 —
Récupérateur. . . . .	21.000 —
Appareils de distribution et tuyautage aux abords . . . . .	3.000 —
Total. . . . .	<u>200.000 francs.</u>

Le marché était divisé par articles, pour chacun desquels le prix était fixé à forfait.

Le projet du pont a été dressé et exécuté par M. Robert, Ingénieur des Ponts et Chaussées, sous la direction de M. Mengin, Ingénieur en chef.

*Poids des principales pièces du pont.*

NATURE DES OUVRAGES	P O I D S	
	partiels	totaux
<i>Pont.</i>	kilogrammes.	kilogrammes.
Fers du pont comprenant fermes, pièces de pont, etc.	120.000	181.500
Bois (40 mètres cubes). . . . .	26.000	
Lest en fonte. . . . .	35.500	
<i>Chevêtre et deux presses de translation.</i>		
Chevêtre. . . . .	14.000	31.300
Sommiers et glissières de chevêtre. . . . .	4.800	
Presse de translation du pont . . . . .	12.500	
<i>Presse de soulèvement.</i>		
Chaise en fonte. . . . .	1.800	18.800
Cylindre de la presse. . . . .	12.000	
Piston plongeur. . . . .	5.000	
<i>Deux galets fixes.</i>		
Bâtis (2 × 1.100). . . . .	2.200	14.200
Supports et balanciers (2 × 3.800). . . . .	7.600	
Galets (2 × 2.200). . . . .	4.400	
<i>Quatre galets mobiles.</i>		
Bâtis (4 × 1.700). . . . .	6.800	32.400
Supports et balanciers (4 × 3.800). . . . .	15.200	
Galets (4 × 2.200). . . . .	8.800	
Presses de translation (4 × 400). . . . .	1.600	
<i>Récupérateurs.</i>		
Caisse de charge et lest. . . . .	45.000	55.300
Cylindre. . . . .	5.500	
Piston plongeur. . . . .	4.800	
<i>Appareils de distribution</i>		
Comprenant les appareils proprement dits, le tuyautage dans le pavillon de manœuvre et aux abords, etc. . . . .	4.000	4.000
Total. . . . .		337.500

# Siphons-déversoirs du bassin de St-Christophe

(CANAL DE MARSEILLE)

---

*Description générale.* — Pour la décantation des eaux dérivées de la Durance, plusieurs bassins ont été établis sur le parcours du canal qui alimente la ville de Marseille.

Nous allons examiner ici le bassin de Saint-Christophe pour ses siphons-déversoirs.

Ce bassin est situé sur la rive gauche de la Durance, à la sortie de la vallée de Rognes, que ferme un barrage de 170 mètres de longueur; la superficie du bassin est de 19 hectares; sa plus grande profondeur de 2<sup>m</sup>,49 et son périmètre de 2205 mètres, déduction faite de la longueur du barrage. (Voir le plan ci-joint.)

L'eau est amenée dans le bassin par un aqueduc maçonné, dont le radier à la sortie est à 2<sup>m</sup>,50 au-dessus des vannes de fond. Elle abandonne son limon en remontant lentement et elle se déverse dans le canal par des vannettes en tôle de 50 centimètres de largeur.

Ces vannettes sont au nombre de 998, dont 420 seulement servent au déversement et les autres au dévasement.

Pour procéder au nettoyage du bassin, pendant que l'eau arrive directement dans le canal de ceinture, on ouvre les vannes de fond, une partie du limon est emportée par la vidange; pour le reste, on opère des chasses en levant successivement les vannettes auxquelles correspondent des rigoles sillonnant le fond du bassin.

La surface des eaux d'orage qui s'égouttent dans le bassin de Saint-Christophe est de 1866 hectares. Les orages, très violents dans le Midi, peuvent donner en une heure une hauteur quelquefois supérieure à 4 centimètres. Ce qui a du reste été prouvé par l'expérience. En admettant que, grâce à la nature calcaire des roches, les deux tiers de l'eau tombée soient absorbés, on trouve que le bassin de Saint-Christophe peut recevoir, en temps d'orage, par le ravin de Rognes, jusqu'à 71 mètres cubes par seconde.

La concession du canal de Marseille avait été fixée à 9 mètres cubes, mais en réalité son débit s'élève en été à 12 mètres cubes et quelquefois même à 14 mètres cubes, son plan d'eau ne diffère alors que de quelques centimètres du dessus des berges.



Or, avec une lame déversante de 611 mètres, ainsi qu'il était prévu, un relèvement de 1 millimètre dans le bassin correspondrait à un relèvement de 4 centimètres dans le canal. Mais, par suite de la faible capacité de ce bassin

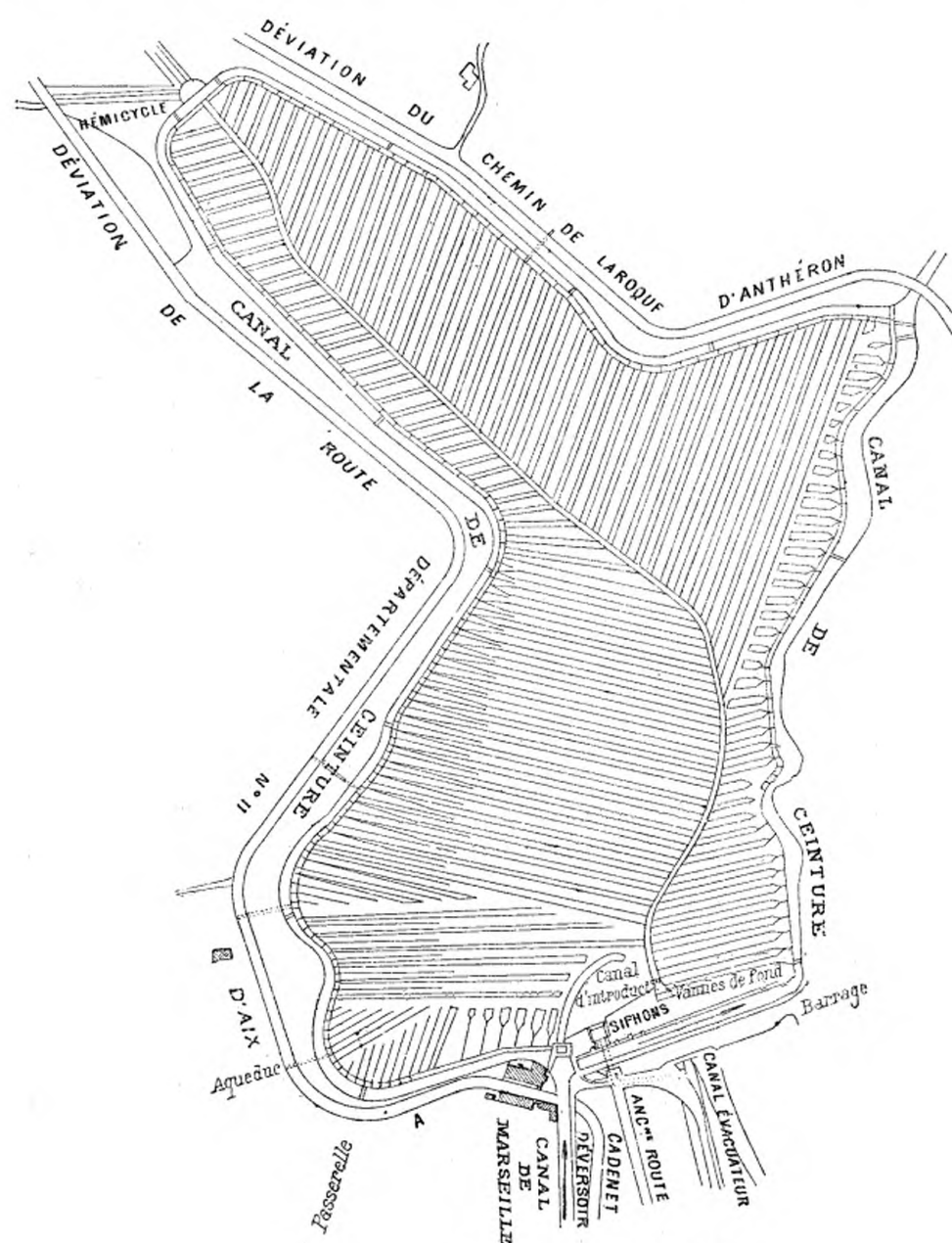


Fig. 1. — Plan du Bassin de Saint-Christophe

(1900 000 cubes environ), on est obligé de recueillir les eaux le plus loin possible de leur introduction et la lame déversante a été réduite à 235 mètres correspondant à 420 vannettes.

Indépendamment de l'irruption des eaux d'orage, il faut tenir compte aussi des crues subites de la Durance.

Il eut été impossible d'établir un déversoir de superficie suffisamment étendue, et en tout cas, un niveau invariable n'aurait permis de régler que les eaux du service d'été, tandis qu'il faut aussi régler les eaux du service d'hiver, lorsqu'il n'y a plus d'arrosages.

Pour toutes ces raisons, on a été amené à l'adoption de siphons-déversoirs, avec amorceurs et désamorceurs automatiques à niveau variable.

C'est à M. Hirsch, ingénieur des Ponts et Chaussées, qu'est due la création, en 1865, des siphons-déversoirs avec amorceurs automatiques, réglant à moins de 5 centimètres le niveau d'un réservoir établi à Mittersheim, pour l'alimentation du canal des houillères de la Sarre.

Les siphons du bassin de Saint-Christophe sont une reproduction de ceux de Mittersheim, mais à une plus grande échelle et avec des modifications particulières dans l'amorçement et le désamorçement.

Pour rendre l'amorçement plus rapide, on a substitué au petit siphon latéral de Mittersheim un amorceur à tuyère débouchant à l'air libre (fig. 1 et 8, pl. 61-62).

Ce genre d'amorceur a conduit à l'emploi d'un désamorceur.

L'amorceur-éjecteur fonctionne aussitôt que l'eau atteint le plan de régulation (fig. 6, pl. 67-68); mais l'entraînement de l'air contenu dans le siphon et, par suite l'amorçement, ne se produit qu'autant que l'eau déverse en même temps par dessus le bord de l'entonnoir du désamorceur; le débit est maximum lorsqu'il ne rentre plus d'air.

Inversement, le désamorçement se produit aussitôt que le niveau de l'eau descend jusqu'au bord de l'entonnoir et que le désamorceur ne laisse plus rentrer que de l'air.

*Siphons.* — Les siphons formant l'appareil-régulateur du bassin sont deux gros cylindres en fonte de 1<sup>m</sup>,10 de diamètre intérieur contournés de façon à former une espèce de boucle en trois parties, contenus dans trois plans verticaux faisant entre eux des angles de 17 degrés; les branches ascendantes débouchent dans le bassin à 4<sup>m</sup>,50 au-dessous de la retenue; les branches descendantes débouchent chacune dans un canal de fuite, dans lequel leur orifice est maintenu constamment noyé à l'aide de petits barrages.

La longueur développée d'un siphon est de 29<sup>m</sup>,30; les rayons de courbure sur l'axe sont de 2<sup>m</sup>,50 et 3<sup>m</sup>,20.

Les tuyaux droits ont 25 millimètres d'épaisseur; les tuyaux courbes 30 millimètres.

Chacun des tuyaux supérieurs porte une tubulure sur laquelle est fixé un robinet à cuve mettant les siphons en communication avec les amorceurs et les désamorceurs.

*Amorceur.* — C'est un tube recourbé en forme d'L à branches inégales, la plus courte se termine au niveau de la retenue par une tête mobile en forme d'entonnoir (fig. 6 et 7, pl. 67-68); l'autre branche remonte jusqu'au sommet du

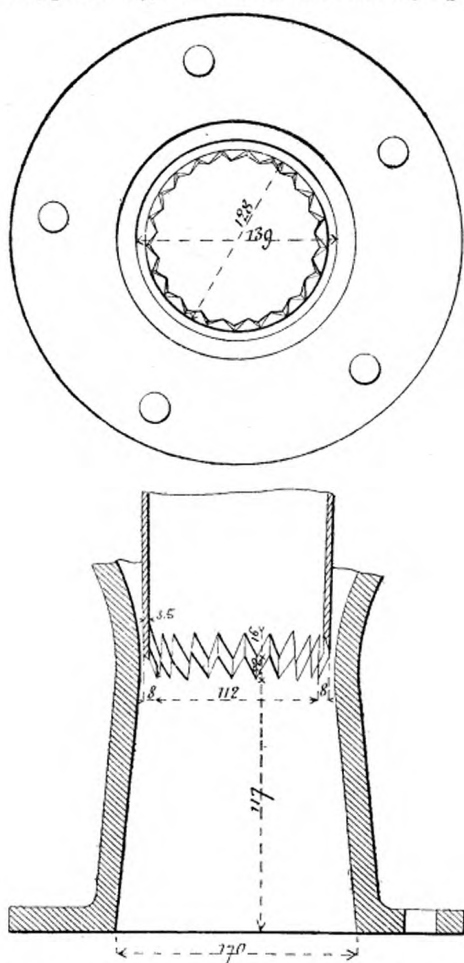


Fig. 2. — Coupe et plan par-dessous de l'extrémité d'une tuyère

siphon, où elle se trouve reliée au tuyau d'aspiration de l'amorceur et du siphon lui-même par un robinet commun aux deux appareils et surmontant un tube qui traverse diamétralement le tuyau supérieur du siphon (fig. 5, pl. 6).



La partie fixe, qui est en forme d'L est composée de deux tuyaux en fonte scellés ou noyés dans la maçonnerie ; la grande branche de l'L remonte vers le sommet du siphon et se termine par un tuyau de raccordement en cuivre, légèrement conique, dont l'extrémité est assemblée avec le robinet à cuve. La petite branche, de 19 centimètres de diamètre intérieur, se termine par un joint étanche à travers lequel coulisse la partie mobile.

La partie mobile se compose d'un tube en bronze, tourné, de 154 millimètres de diamètre intérieur, sur le sommet duquel est vissé un entonnoir mobile en bronze qui forme la tête du désamorceur ; cet entonnoir est représenté en coupe par la figure ci-jointe.

Cette disposition permet d'ajuster le bord de l'entonnoir à la hauteur convenable par rapport au plan de régulation. L'entonnoir est maintenu en place par des vis d'arrêt.

La solidarité entre l'amorceur et le désamorceur est assurée au moyen de deux brides jumelles fortement boulonnées reliant les parties mobiles.

*Pavillon des siphons.* — Les deux siphons sont contenus dans une construction en saillie sur le talus, en dedans du barrage (voir la figure 4) ; l'intérieur de cette construction constitue un puits voûté, de section rectangulaire de 8 mètres sur 6<sup>m</sup>,20 ; leurs orifices supérieurs, distants de 1<sup>m</sup>,70 d'axe en axe,

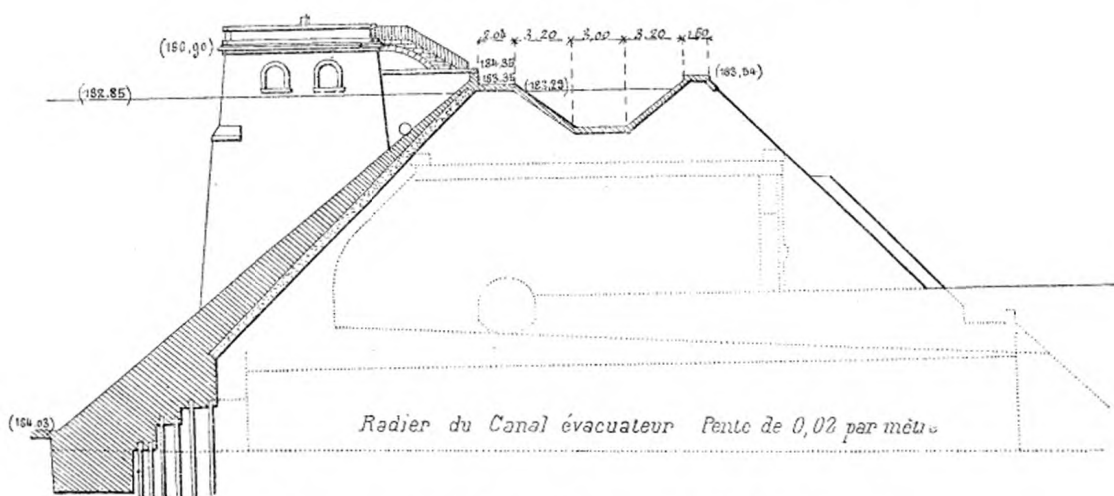


Fig. 4. — Coupe transversale du Barrage, Élévation latérale du Pavillon des Siphons.

sont encastrés dans le mur de face de la chambre ; les orifices inférieurs dont les axes sont à 4<sup>m</sup>,729 d'écartement, sont noyés dans la maçonnerie du barrage. Les siphons sont en outre épaulés, chacun par deux sommiers contre les parois

de la chambre et au sommet par deux vérins butant contre l'intrados de la voûte qui recouvre la chambre.

Pour compléter la rigidité du système, on a rendu les siphons solidaires au moyen de trois tirants reliant des colliers posés, à chaud, sur les tuyaux et sur les tubulures du sommet.

L'intérieur de la chambre est mis en communication avec le bassin par deux aqueducs ayant chacun une section de  $3^m4,45$ , destinés à restituer l'eau absorbée par les amorceurs ou les désamorceurs. Mais leur radier établi à  $8^m,20$  au-dessus de la retenue moyenne n'amène que les eaux du fond, qui sont parfois très chargées de limon, au point de ralentir l'alimentation et de provoquer entre les niveaux extérieur et intérieur une différence de quelques centimètres. Pour remédier à cet inconvénient on établit une troisième communication entre le puits et les eaux superficielles du bassin au moyen d'un tuyau de 60 centimètres de diamètre situé seulement à  $1^m,85$  au-dessous du niveau de la retenue. Ce tuyau traverse une des parois latérales du puits, dans le recoin le plus abrité du mistral et le moins atteint par les vagues (fig. 4, pl. 67-68). En outre, pour débarrasser les aqueducs des vases qui pourraient s'y accumuler, on a disposé sur le radier de chacun d'eux un tuyau horizontal de 60 centimètres de diamètre, bifurqué autour des siphons. Les tuyaux traversent le barrage et aboutissent, dans le tunnel dont il sera parlé plus loin, à deux robinets-vannes que l'on manœuvre périodiquement.

Le puits est mis en communication avec la portion du canal de ceinture qui surmonte le barrage, ils sont commandés par deux paires de vannes et servent au nettoyage.

Les murs du puits sont contrebutés par deux traverses voûtées qui se croisent l'une au-dessus de l'autre; la plus basse soutient les parties horizontales des siphons; la plus élevée supporte les amorceurs et les désamorceurs.

Deux baies (fig. 1, pl. 67-68) de  $2^m2,132$  de section sont pratiquées dans l'un des murs, au-dessus des plus hautes eaux et à l'abri du mistral. Elles servent à renouveler à l'intérieur du puits l'énorme quantité d'air aspiré par les désamorceurs.

Deux galeries métalliques à claire-voie, installées le long des parois du puits, permettent d'observer le fonctionnement des appareils; on y accède par des échelles en fer aboutissant à des trous d'homme (*c c* du plan ci-joint et fig. 3, pl. 67-68).

Les embouchures des siphons, logées dans le mur de face du puits, sont réunies dans un pavillon en pierre de taille dont la paroi supérieure est coupée à angle droit, tandis que celles du bas et des côtés sont évasées (pl. 67-68), afin de faciliter l'entrée de l'eau, en évitant les trombes d'air qui pourraient diminuer le débit des appareils.

La plate-forme supérieure domine le couronnement du barrage, auquel la relie

un escalier ; elle porte les deux appareils de levage (*b b*) qui servent à régler la position des têtes jumelées des amorceurs et des désamorceurs.

Deux regards circulaires (*a a*) sont ouverts dans cette plate-forme à l'aplomb des robinets à cuve ; chacun d'eux contient un secteur traversé par l'axe du robinet (fig. 5, pl. 67-68) ; un index frappé sur ce dernier permet de reconnaître si les communications sont ouvertes ou fermées. Les regards sont munis de rondelles en verre épais percées, au milieu, d'un trou pour le passage des clés de manœuvre.

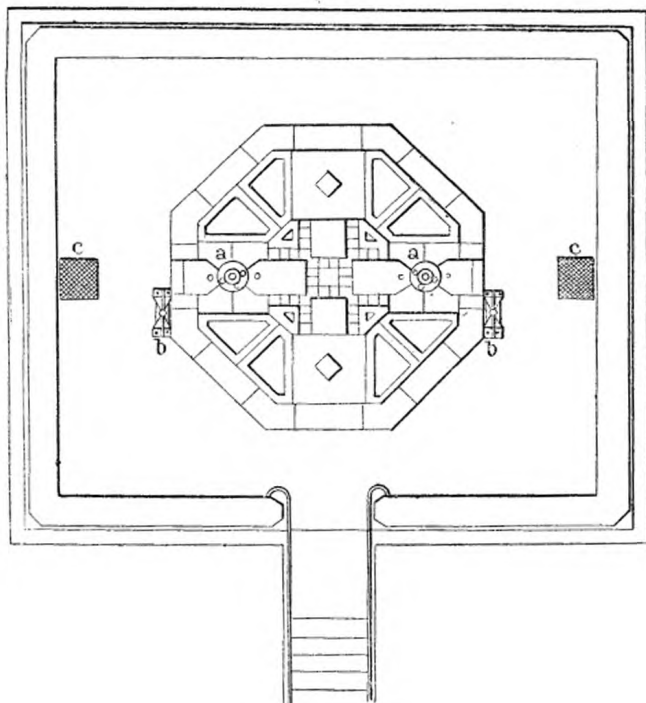


Fig. 5. — Plan de la plate-forme du pavillon des Siphons.

Les extrémités inférieures des siphons débouchent dans une sorte de tunnel qui correspond au passage d'une ancienne route sous la levée de Saint-Christophe, alors que cette levée ne supportait que le canal de Marseille.

Ce tunnel, de 8 mètres de largeur, est voûté en plein cintre, du côté du bassin, il est fermé par ce talus en maçonnerie du barrage, qui constitue en même temps le fond du puits.

Ce talus est porté par deux voûtes rampantes de 3<sup>m</sup>,25 de diamètre, appuyées d'une part sur les piedroits de l'ancienne voûte et d'autre part sur un pilier de 1<sup>m</sup>,50 d'épaisseur.

Les petits bassins qui maintiennent noyés les orifices inférieurs des siphons sont établis de chaque côté de ce pilier.

L'autre extrémité du tunnel a été formée par un mur formant façade : ce mur est percé de deux fenêtres et d'une grande porte.

*Fonctionnement des appareils.* — Lorsque l'eau du puits contenant les siphons atteint le niveau du col de l'amorceur, elle affleure en même temps le bord extérieur de l'orifice ; l'écoulement dans l'amorceur se produit immédiatement à plein tuyau.

L'occlusion est tellement complète que l'aspiration produite par cet écoulement provoquait autour de l'orifice une montée passagère du liquide sur 2 centimètres de hauteur, quand la tête de l'amorceur n'était pas munie du renifleur.

Lorsque le niveau de l'eau atteint le plan de régulation, l'amorceur fonctionne et aspire l'air du siphon ; mais tant que ce niveau n'atteint pas le bord de l'entonnoir, l'air enlevé est restitué par le désamorceur.

Lorsque le niveau de l'eau dépasse, même très peu, le bord de l'entonnoir, le désamorceur laisse rentrer à la fois de l'eau et de l'air ; l'eau ainsi introduite s'accumule au fond du tube en U, bouche le désamorceur, et le vide se produit dans les siphons ; l'amorçement complet est obtenu en quarante secondes avec l'un des siphons et en trente cinq secondes avec l'autre.

Tant que l'air continue à passer par le désamorceur, la diminution de pression dans le siphon et, par suite, le débit en eau, varient dans des limites très étendues, alors que la hauteur d'eau sur l'entonnoir varie très peu.

Dès que cette hauteur atteint 3 millimètres, il ne rentre plus que de l'eau et le débit s'élève à 6 mètres cubes par seconde et par appareil ; si l'eau continue à monter, le débit augmente encore et atteint jusqu'à 8 mètres cubes.

Ce dernier chiffre est aussi celui que l'on obtient quand on ferme le robinet supérieur pour interrompre la communication avec le désamorceur pendant le fonctionnement du siphon.

Inversement, quand le niveau de l'eau du puits s'abaisse et atteint le bord de l'entonnoir, il ne rentre plus dans le siphon que de l'air qui est appelé très énergiquement par le mouvement même de l'eau et qui, débité au sein de la masse liquide par les trois ouvertures du tube diamétral (fig. 5, pl. 67-68) produit le désamorçement du siphon ; ce résultat est obtenu en cinquante cinq secondes pour le premier siphon et en quarante secondes pour le deuxième.

Le désamorceur, dès que l'eau dépasse un peu l'entonnoir, fonctionne pendant quelques secondes différenciellement, c'est-à-dire avec oscillation d'un petit volume d'eau dans le tube en U ; l'appareil produit alors des aspirations cadencées que l'on entend parfaitement du logement des gardiens.

Dès que le siphon est amorcé en grand, le bruit augmente et devient continu ; il arrive un maximum d'intensité quand le désamorceur aspire de l'air, après l'amorçement en grand.



MATÉRIAUX	NOMBRE DE PIÈCES	MATIÈRE EMPLOYÉE	POIDS	PRIX DE L'UNITÉ	DÉPENSES	
					PARTIELLES	TOTALES
			kilogr	francs	fr. c.	fr. c.
SIPHONS						
Tuyaux { droits . . . . .	6	Fonte (1 <sup>re</sup> fusion) .	15930,000	0,20	3186,00	} 12860,10
{ courbes . . . . .	10	—	26726,000	0,35	9354,10	
Dressage des joints . . . . .	4	—	»	80,00	320,00	
AMORCEURS						
Têtes { Tuyaux droits . . . . .	2	Fonte (2 <sup>e</sup> fusion) .	3881,000	0,34	1319,54	} 6009,76
{ Chambres d'appel . . . . .	2	—	3497,000	0,50	1748,50	
Tuyères et tuyaux mobiles . . . . .	4	Bronze	364,300	5,50	2003,65	
Treuil de manœuvre . . . . .	2	Fer forgé	446,700	2,10	938,07	
DÉSAMORCEURS						
Tuyaux { droits . . . . .	»	Fonte (2 <sup>e</sup> fusion) .	485,000	0,33	160,05	} 2116,65
{ courbes . . . . .	»	—	335,000	1,00	335,00	
Colliers de solidarisation . . . . .	2	—	212,000	0,65	137,80	
Entonnoirs et tuyaux mobiles . . . . .	4	Bronze	173,300	6,00	1039,80	
Tuyaux de raccord sur le robinet . . . . .	2	Cuivre rouge	111,000	4,00	444,00	
DIVERS						
Robinets à cuve . . . . .	2	Bronze	153,000	6,00	918,00	918,00

Les trois phases sont parfaitement distinctes, de sorte que ce sont les siphons eux-mêmes qui servent d'avertisseurs pour les gardiens.

Dans le cas exceptionnel où les orages amènent dans le bassin plus d'eau que les siphons n'en peuvent débiter, on doit évacuer l'excédent en manœuvrant les vannes de fond et les robinets-vannes.

*Mode d'exécution des ouvrages.* — Le puits des siphons, les voûtes rampantes et le revêtement du barrage sont exécutés en moellons ordinaires.

La pierre de taille (mollasse coquillière) a été employée pour l'embouchure des siphons, les traverses voûtées à l'intérieur du puits et du tunnel, le revêtement de l'émissaire d'évacuation, les petits barrages inférieurs et la voûte qui supporte l'escalier d'accès à la plate-forme ; les escaliers sont en calcaire dur ; le mortier est exclusivement de chaux hydraulique.

Les maçonneries et le montage des appareils ont été effectués en régie en même temps que les travaux d'achèvement du bassin.

Le premier siphon a été mis en marche le 31 mai 1883 et le second le 16 juin suivant.

Les travaux ont été projetés et dirigés par MM. Stœcklin, ingénieur en chef et Ribaucour, ingénieur ordinaire.

FLAMANT,

INGÉNIEUR EN CHEF DES PONTS ET CHAUSSÉES.

---

# LES APPAREILS DE LEVAGE

## (Ponts roulants, Ascenseurs)

à l'Exposition Universelle de 1889

PAR

MM. L. MÉGY & J. IGERT

---

### INTRODUCTION

Les appareils de levage constituent une des branches les plus importantes de la mécanique générale. Par l'universalité de leur emploi dans toutes les industries, sur tous les chantiers de travaux, pour toute manutention de marchandises, dans les chemins de fer, dans la marine pour le déchargement des navires, par la sécurité que ces engins doivent offrir aux hommes qui les manœuvrent, la gravité des accidents qui pourraient provenir d'un manque de stabilité ou de la rupture d'un organe, ces appareils offrent un des plus vastes champs d'études à la science de l'Ingénieur.

Les appareils de levage ne sont pas d'invention moderne et on peut dire que ce sont les premiers engins sur lesquels l'homme ait dû exercer son esprit de recherche et d'initiative.

Dès l'origine de l'Histoire des peuples, chez les Chaldéens, les Assyriens, les Hindous, les Égyptiens surtout, on peut remarquer de grands travaux qui ont dû nécessiter des engins bien combinés pour le levage de grandes charges.

N'avons-nous pas dans les Indes ces vestiges immenses de statues de dieux célèbres qui constituent des masses colossales qu'il a fallu lever et transporter. En Égypte, les pyramides, les sphinx, l'obélisque de Louqsor, qui a donné lieu plus tard, à deux Ingénieurs de la Marine française de se distinguer en le transportant à Paris, ne sont-ils pas là pour attester que les appareils de levage ont toujours été un sujet de préoccupation pour les Ingénieurs.

En ces temps reculés on se servait de l'homme ou des animaux comme force motrice. Les appareils étaient primitifs, en bois, et on ne s'inquiétait pas du

rendement. On est étonné en songeant au colossal concours que les fellahs de l'Égypte ont dû apporter aux Ingénieurs pour arriver à remuer des masses comme l'obélisque de Louqsor. Les Grecs et les Romains ont aussi fait de remarquables travaux comme le Parthenon à Athènes et le Colysée à Rome qui ont nécessité des appareils de levage de grande importance.

Archimède fut le père de la science des appareils de levage en inventant le moufle, la vis et la roue d'engrenage, qui constituent avec le principe du levier les éléments qui régissent presque tous les appareils de levage.

Au moyen âge, les engins de levage jouent également un rôle prépondérant, aussi bien dans les grands travaux d'art, comme les églises et les palais édifiés par nos architectes, que dans les travaux de fortification construits par les Ingénieurs militaires. La science de la guerre, surtout les sièges de places fortes empruntent également aux appareils de levage leur aide pour la destruction des ouvrages. Là nous voyons de grands échafaudages, véritables monte-charges, lançant de leur faite les matières explosibles et incendiaires.

Arrive l'invention de la machine à vapeur. Les appareils de levage prennent alors une grande extension. Le puissant concours de la vapeur permet de faire des engins d'une grande puissance, soit en faisant agir la machine directement, soit par l'intermédiaire de l'hydraulique en agissant par des accumulateurs.

Avec la vapeur, l'extraction du charbon des puits de mine contribue encore à l'extension des monte-charges ascenseurs, qui jouent là un grand rôle, servant aussi bien à monter la matière première qu'à descendre hommes et matériaux. Il y a là, où la vie de tant d'êtres est en jeu et où le moindre accident aurait des conséquences terribles, un champ vaste de recherches des dispositifs de sécurité d'un fonctionnement absolument certain.

Dans les temps modernes, les travaux de certains Ingénieurs spécialistes ont porté les appareils de levage à un degré de perfectionnement qui laisse peu à désirer.

On s'efforce surtout maintenant à augmenter le rendement de ces appareils ainsi que la sécurité. Un homme peut souvent, avec un seul levier, manœuvrer les charges les plus lourdes, jusqu'à 100 tonnes et cela avec une douceur et une docilité vraiment remarquables. Les diverses opérations de levage et de transport des fardeaux s'effectuent avec une précision mathématique.

L'électricité et l'hydraulique ont contribué pour une large part à répandre ces appareils. En effet, l'eau et l'électricité permettent de transporter l'énergie avec facilité par la simple pose de tuyaux ou de fils. Ces applications sont surtout répandues le long des quais de déchargement pour les navires ou dans les docks et entrepôts.

L'exposition de 1889 offrait à l'Ingénieur une série remarquable d'appareils

de levage avec leurs derniers perfectionnements, comme les deux ponts roulants électriques, avec ascenseurs, construits par MM. Bon et Lustremant et Mégy Echeverria et Bazan pour le transport des visiteurs, désireux de contempler la Galerie des Machines du haut de ponts en la parcourant dans toute sa longueur. Ces ponts ont effectué un parcours de plus de 1 800 kilomètres sans usure ni avarie.

Les expositions spéciales de treuils électriques de M. Guyenet, l'ascenseur électrique de M. Chrétien à l'entrée du Palais des Machines, l'ascenseur hydraulique à compensateur de M. Samain à l'entrée du Dôme central, les ascenseurs Roux Combaluzier, Othis et Edoux desservant la Tour Eiffel jusqu'à une hauteur de près de 300 mètres et décrits par M. Loppé et M. Vigreux dans la 7<sup>me</sup> partie de cette Revue, complètent un ensemble vraiment remarquable de ces appareils arrivés à une très grande perfection et indiquent bien à quel degré de sécurité sont parvenus les appareils de levage, surtout quand on constate qu'il n'y a pas eu un seul accident sérieux pendant la durée de l'Exposition du fait de ces appareils toujours en mouvement, et ayant élevé ou transporté un chiffre de visiteurs qu'on peut évaluer, sans crainte d'exagération, à plus d'un million.

## APPAREILS DE LEVAGE DE M. GUYENET

Planches (69-70)

Dans la classe 62, M. Guyenet expose un treuil roulant et une grue roulante mûs par l'électricité. La caractéristique de ces appareils est leur grande facilité de se déplacer pour desservir successivement les divers points d'un même magasin. Comme on le verra plus loin, ce programme a pu être accompli par suite des facilités que procurent les fils électriques employés comme transport de force motrice. Nous décrirons d'abord le treuil roulant électrique.

### TRÉUIL ROULANT ÉLECTRIQUE

L'appareil se compose principalement de :

Un bâti en fer reposant sur quatre roues de translation.

Un arbre principal portant un tambour double (fig. 1) recevant deux cordes de levage : l'une de ces cordes s'enroule pendant que l'autre se déroule. Cet arbre reçoit, en outre, deux roues portant chacune une couronne intérieure et une couronne extérieure pour l'entraînement par friction.

Une machine réceptrice Gramme tournant dans un seul sens à 1200 tours par minute et fournissant un travail de 4 chevaux environ lorsque le treuil fonctionne sous charge.

Elle repose sur un axe d'articulation placé à sa partie inférieure. L'arbre de cette réceptrice porte deux galets à friction plate ; ceux-ci font tourner le tam-

bour à droite ou à gauche selon qu'ils sont mis en contact avec la couronne intérieure ou avec la couronne extérieure des grandes roues à friction.

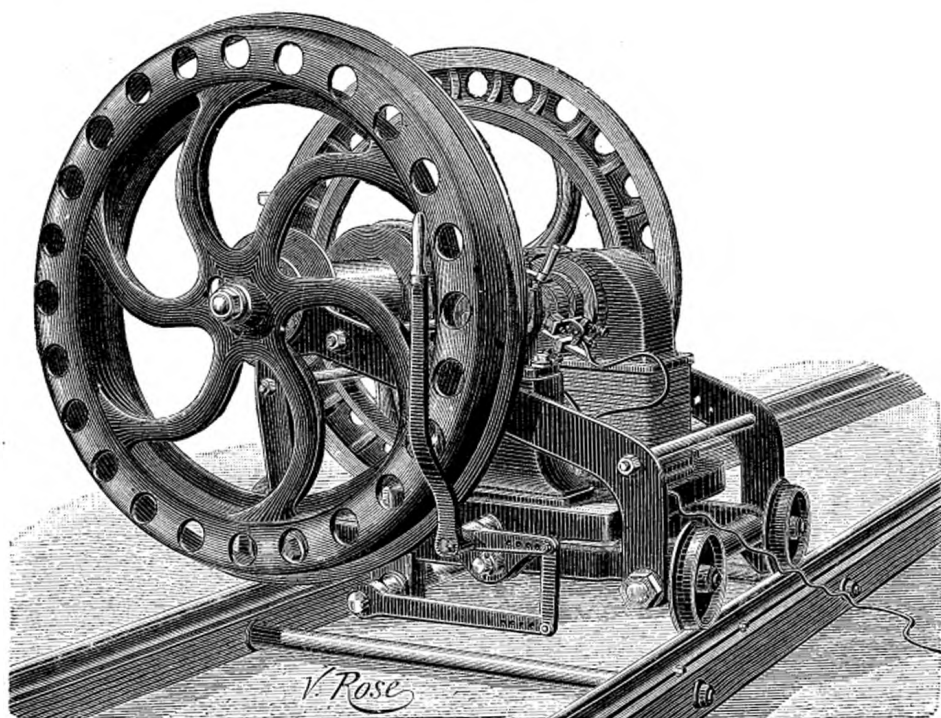


Fig. 1

Un mécanisme de manœuvre, comportant un levier avec bielle, et un frein à coins et contrepoids. En appuyant sur le levier dans un sens ou dans un autre, le frein se desserre, les galets de friction sont mis en contact avec la couronne intérieure ou avec la couronne extérieure des roues et la rotation du tambour se produit dans un sens ou dans l'autre. Une des cordes de levage monte pendant que l'autre descend. Si on cesse d'agir sur le levier de manœuvre, le frein se serre automatiquement par son propre poids et la charge reste suspendue à la hauteur à laquelle elle se trouve.

Ce type de treuil est de création récente (1888), ce qui s'explique aisément puisque les applications électriques ne jouent un rôle prépondérant que depuis quelques années. Malgré cela, M. Guyenet a déjà fait de nombreuses applications de ces appareils et principalement dans les entrepôts et magasins généraux de Paris.

La figure 2 indique une installation fonctionnant dans un magasin où le

treuil électrique sert à l'empilage des sacs renfermant toute espèce de matière : céréales, laines, chiffons, sucres, etc.

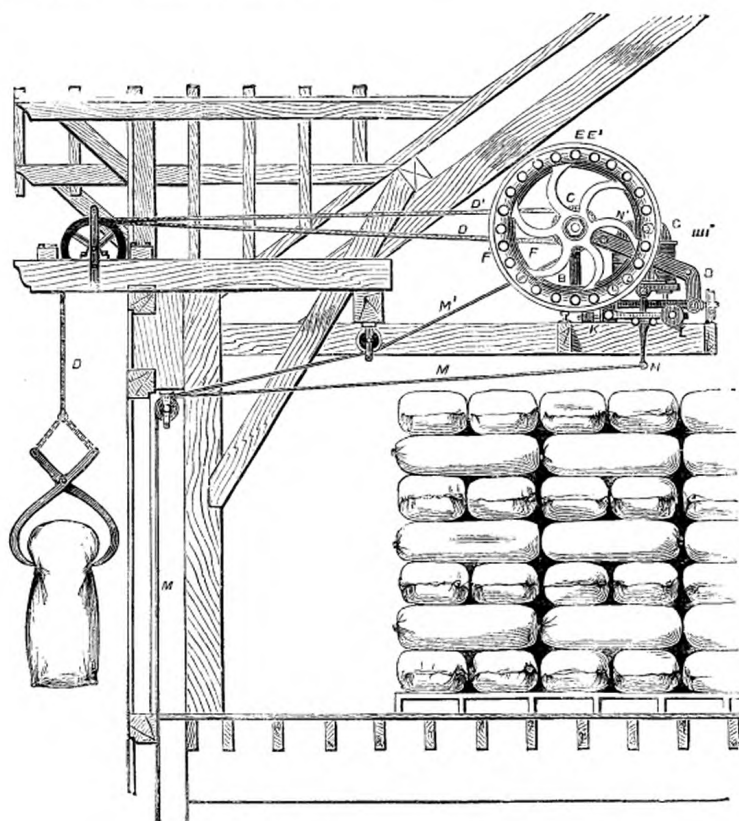


Fig. 2

L'appareil peut monter une charge de 160 kilogrammes à une vitesse de 1 mètre et fournit ainsi un travail de plus de 2 chevaux. La force développée par la réceptrice tournant de 1 200 à 1 500 tours est de 4 chevaux.

Le fonctionnement est facile à comprendre. En tirant sur l'une ou l'autre des cordes de manœuvre M, M', on fait appuyer, par l'intermédiaire du levier N, ou N', l'un des deux galets HH' (fig. 3 et 4) contre la couronne intérieure F ou extérieure F des roues de friction EE'. Le tambour C tourne alors à droite ou à gauche, actionnant ainsi les cordes DD', dont l'une s'enroule autour du tambour pendant que l'autre se déroule. Pour arriver à un arrêt prompt, les cordes agissent sur le levier du frein I, oscillant en J, et portant d'un côté le frein K, de l'autre le contrepoids L.

Le déplacement des deux galets W produit le desserrage, et la position indiquée par la figure 3 correspond à l'arrêt de l'appareil; les petits galets du croisillon W correspondent aux entailles du levier I, et le frein peut agir. En mettant l'appareil en marche par les deux cordes MM', on soulève chaque fois le levier du frein en desserrant celui-ci.

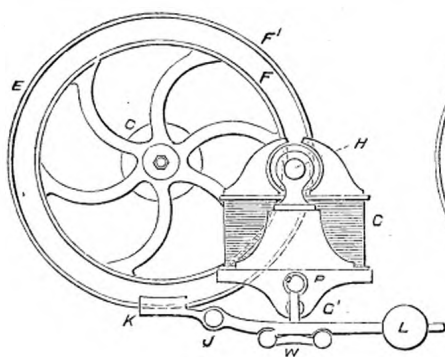


Fig. 3

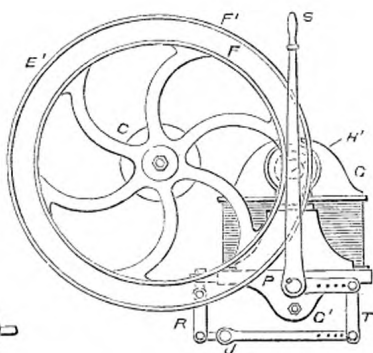


Fig. 4

On voit, par la présente description, que l'appareil est simple, et que les manœuvres se font avec une grande facilité. Le treuil peut se placer en n'importe quel endroit du magasin; le chariot roule sur deux longrines par l'intermédiaire des galets B.

## GRUE ÉLECTRIQUE

La grue électrique, exposée par M. Guyenet, est spécialement destinée à l'arrimage des petits colis, et particulièrement des sacs de sucre, à l'intérieur des entrepôts. Pour cette raison, elle occupe peu de surface et dessert toute la hauteur sous plancher. Elle repose sur quatre roues pivotantes, de telle sorte que, pour passer dans les allées étroites, ménagées dans les magasins, elle peut être déplacée en ligne droite, pivoter sur elle-même autour de son axe, ou changer de direction, suivant un angle quelconque.

Une pile comprend ordinairement 100 sacs; on pousse la grue vers la nouvelle pile à établir, et on raccorde l'arrivée des fils: c'est une opération facile, ne demandant que quelques minutes.



Voici les conditions principales de l'appareil :

Charge levée. . . . .	100 kilogrammes
Largeur occupée. . . . .	0,700
Poids de l'appareil . . . . .	1000 kilogrammes
Nombre de tours à la réceptrice . . . . .	1200
Travail fourni par la réceptrice . . . . .	2 chevaux
Vitesse d'élévation par seconde, environ. . . . .	0,600
Temps employé pour l'arrimage d'une pile de 100 sacs . . . . .	20 à 25 minutes.
Nombre de manœuvre à la minute, en moyenne	5.

En pleine marche, on atteint par minute 6 à 7 manœuvres.

La figure 5 montre cet appareil en perspective, en train de monter un sac. La figure 6 indique une installation générale d'une grue électrique en fonctionnement dans un magasin.

On voit sur cette figure que l'appareil se compose d'un pivot en fers profilés C'C' avec entretoise A. A l'intérieur de ces fers passe la corde de levage. Les montants A, B, et la volée portant la charge ainsi que celle portant le contrepoids, assurent la stabilité de la grue libre sur le sol. On maintient les volées élevées par l'intermédiaire d'un levier unique pour desservir toute la hauteur du magasin. On les abaisse lorsqu'on déplace la grue pour passer sous les poutres principales portant le plancher.

La montée de la charge est obtenue par un mécanisme élévatoire avec tendeur de courroie et frein à contrepoids C. On obtient la manœuvre de la grue par l'intermédiaire d'une corde unique H sur laquelle on tire plus ou moins fort selon qu'on veut obtenir la descente ou la montée du fardeau. Lorsqu'on lâche ladite corde de manœuvre, le frein se serre automatiquement sous l'action du contrepoids et la charge s'arrête d'elle-même à n'importe quelle hauteur.

La réceptrice D qui reçoit le courant par le câble E actionne par l'intermédiaire de l'arbre du frein le tambour de la corde d'arrimage.

Le chariot roulant repose sur quatre roues plates se déplaçant facilement.

Sur la figure 7 nous avons indiqué une installation générale de déchargement de navire et d'arrimage dans des magasins ou sur wagons.

A représente la grue électrique pour quais; elle dessert le bateau G et les voies ferrées H et I. Le mécanicien de la grue se tient dans la cabine B d'où il peut observer le pont du navire G jusqu'à son complet déchargement.

Dans l'intérieur du magasin K se trouve la grue électrique C pour l'emmagasinement des balles de laine, coton, etc. Les étages LL de ce magasin sont desservis par la grue roulante électrique D pour l'arrimage des sacs de sucre, café, blé, farine, etc.

E représente un monte-sacs mû par l'électricité, qui dessert directement les voies ferrées M et I et tous les étages du magasin I. Par renvoi de mouvement,

GRUE ÉLECTRIQUE GUYENET.

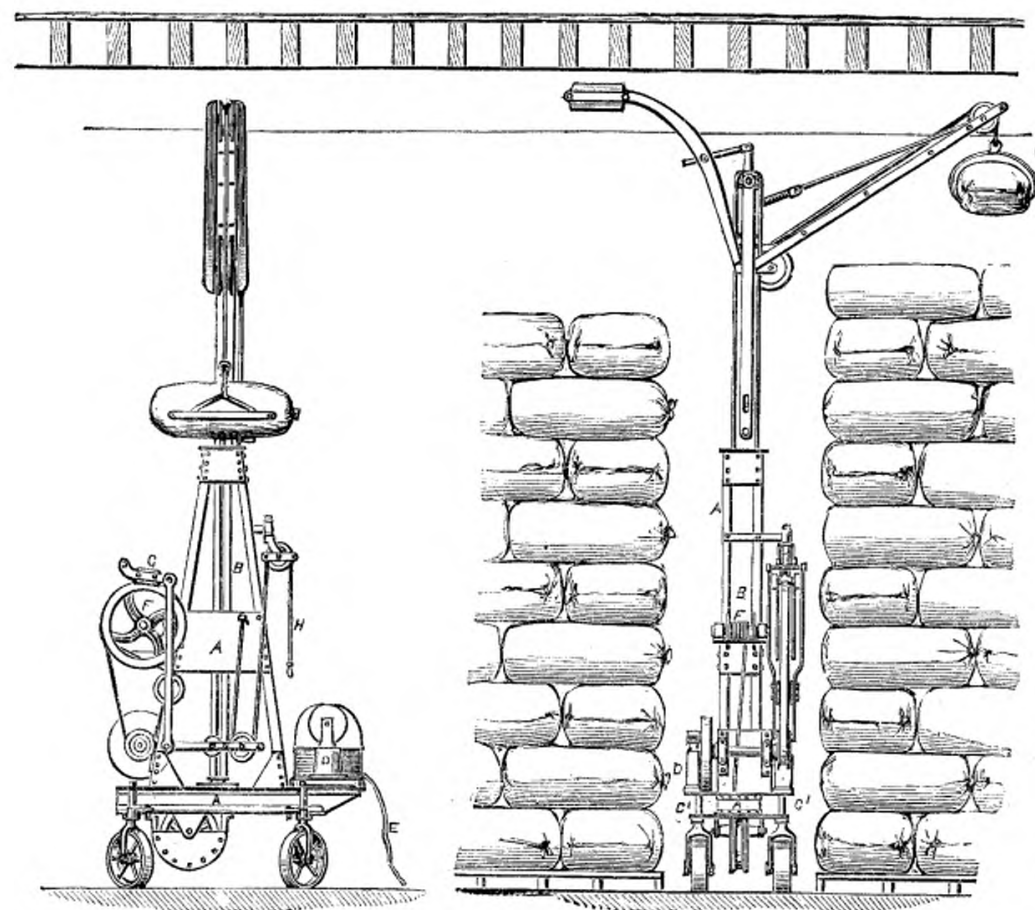


Fig. 6

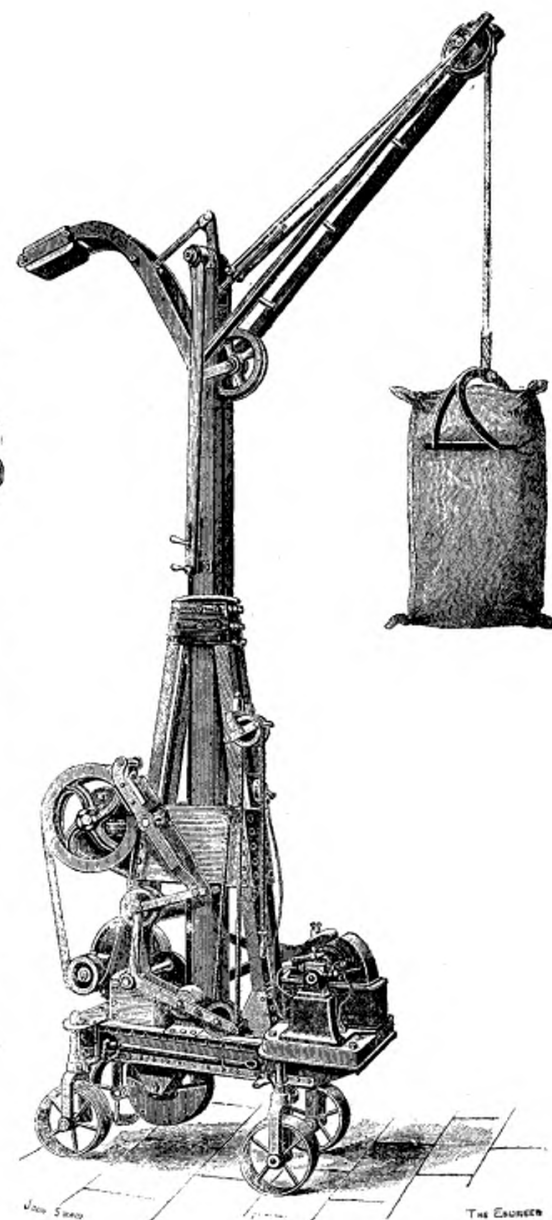


Fig. 5

on peut, comme l'indique la figure, faire également le service de déchargement pour le magasin voisin N.

Jusqu'ici, on n'arrivait à empiler les sacs qu'à une distance de 1<sup>m</sup>,800 à 1<sup>m</sup>,500 au-dessous du plafond. Cela tenait à ce que les pinces employées jusqu'à ce jour saisissaient le sac debout. La hauteur de ce dernier, ajoutée à celle de la pince à ciseaux, des chaînettes ou courroies d'amarrage et du ciseau est environ de 1<sup>m</sup>,800.

Cette considération suffisait pour rendre impossible l'empilement mécanique dans les magasins par suite de la hauteur non utilisée.

M. Guyenet est arrivé avec son appareil à empiler les sacs jusqu'à 30 ou 40 centimètres du plafond. A cet effet, il a créé la pince exposée avec la grue. Cet appareil saisit le sac en travers et l'embrasse presque exactement. L'action du poids agissant sur les branches inférieures produit le serrage automatique. Il n'y a plus ni ciseaux ni lanières d'attache et le système n'occupe plus qu'une hauteur d'environ 0<sup>m</sup>,600, équivalente à l'épaisseur du sac.

L'accrochage se fait d'une manière facile et rapide; il suffit de jeter la pince d'une façon quelconque en travers du sac couché à terre; le serrage automatique s'effectue instantanément par la tension de la corde de levage, sans qu'il soit utile de maintenir la pince.

La grue et sa pince ont été mises en essai et en service dans les établissements de la Compagnie des Entrepôts et Magasins Généraux de Paris; l'arrimage d'une pile de 100 sacs de sucre pesant chacun 100 kilogrammes se fait en 20 à 25 minutes, soit donc en moyenne près de 5 manœuvres à la minute.

On voit donc que le travail manuel si pénible est devenu très facile. Le sac, élevé près de la baie par un monte-charges spécial est jeté sur un cabrouet et roulé au pied de la pile par le premier manœuvre venu, l'élévation étant faite ensuite par la grue; de cette façon toutes élévations ou transports à dos sont supprimés.

M. Guyenet a fait de nombreuses applications de ses treuils et grues électriques, entre autres à la Compagnie des Entrepôts et Magasins généraux de Paris et notamment rue Petit où cinq treuils électriques sont en fonctionnement dans les magasins à sucre; quai de la Gare, quatre treuils fonctionnent pour le débarquement de bateaux et pour le service des magasins.

Dans la classe 52 la Compagnie des Entrepôts expose également deux grues roulantes du système Guyenet, de 400 kilogrammes pour arrimage à grande hauteur de balles de laine.

Des appareils de ce genre fonctionnent encore à Roubaix (3 grues de 600 kilogrammes), à Tergnier (2 treuils, 1 grue roulante), à Rouen (1 treuil fixe, 4 treuils roulants).

Jusqu'alors et dans l'intérieur des magasins dont il vient d'être parlé, l'arrimage, même celui des balles de laine et de coton pesant de 300 à 600 kilo-

INSTALLATION GÉNÉRALE  
DE  
DÉCHARGEMENT DE NAVIRES  
ET  
D'ARRIMAGE DANS DES MAGASINS  
OU SUR WAGONS

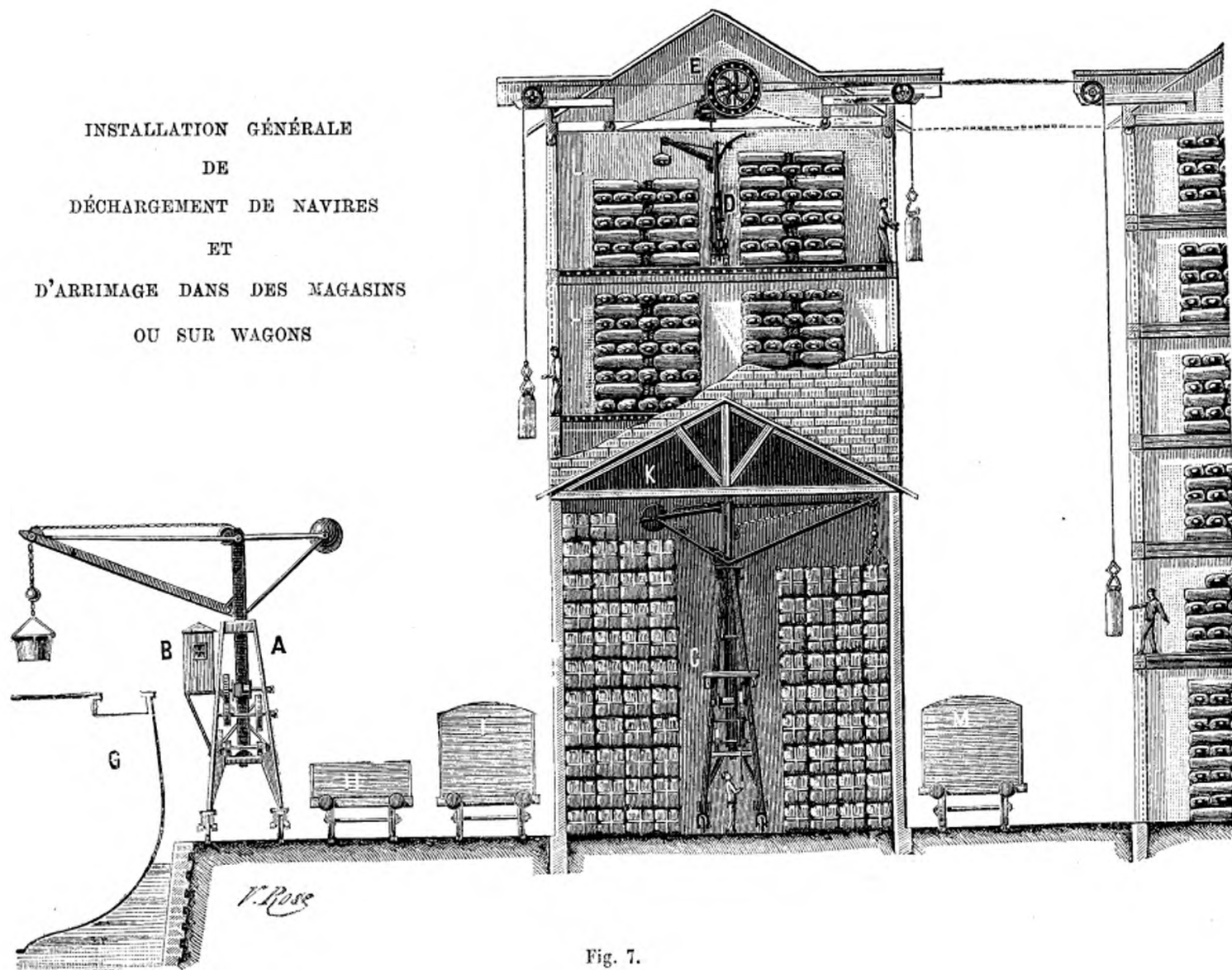


Fig. 7.

grammes, s'effectuait à bras sur des plans inclinés, dans des conditions fort onéreuses.

L'emploi de l'électricité a permis, comme nous l'avons vu, d'installer d'une façon pratique et économique, des appareils mobiles facilement déplaçables, se portant dans les divers points des magasins au fur et à mesure des besoins.

Par les moyens de transport de force ordinairement employés, eau comprimée ou air, câbles téléodynamiques, transmissions fixes ou autres, on n'aurait pu résoudre le problème de manutention et arrimages mécaniques tel qu'il était posé et dont la solution fait le plus grand honneur à M. Guyenet.

---

## CHARGEUR DE RAILS

Nous publierons à cet endroit le chargeur de rails inventé par M. Guyenet, quoique cet appareil soit spécial et ne trouve son emploi que dans les chemins de fer.

Déjà un ingénieur, M. Vitali, avait imaginé un appareil au moyen duquel on pouvait faire la pose de la voie de chemin de fer mécaniquement. Cette pose s'effectuait par tronçons successifs des rails montés sur leurs traverses, de telle sorte que l'avancement de la voie n'eût d'autre limite que celle de la manœuvre de l'appareil.

C'était là assurément un procédé réalisable, mais un tel système ne peut présenter un réel avantage que dans des cas particuliers, où il faut savoir ne pas tenir compte de certains inconvénients qu'il nous serait facile de signaler, mais dont l'examen nous entraînerait trop loin du sujet plus spécial qui nous occupe.

Les chargeurs de rails de M. Guyenet, que nous allons décrire, ne visent pas un tel résultat; ils n'ont pour but que de simplifier une manutention relativement coûteuse, en réduisant des deux tiers environ la main-d'œuvre nécessaire pour le coltinage des rails d'un parc sur les wagons de transport et leur dépôt à l'endroit voulu.

On sait que, depuis quelques années, l'emploi des rails de 11 à 12 mètres de longueur tend à se substituer à celui des rails courants de 6 à 8 mètres.

Cependant, il convient de citer, parmi les causes qui en retardent encore l'application, la difficulté et le danger de leur manipulation, conséquence de l'augmentation de poids et de longueur.

Ce problème de manutention a été résolu par M. Guyenet d'une façon tout à fait pratique avec ses chargeurs de rails, qui sont actuellement en usage sur les réseaux d'Orléans, de l'Est et du Nord de l'Espagne. Cet appareil permet de

prendre un rail dans le parc à rails, de le tirer à distance, le lever et le disposer sur le wagon à charger; de même aussi de faire la manœuvre inverse, c'est-à-dire de le prendre du wagon chargé pour le déposer, soit le long de la voie, pour réfection de la ligne, soit dans le parc aux rails pour dépôt.

Avec ces chargeurs, une équipe de cinq ou six hommes, simples manœuvres, peut faire le travail de quinze ouvriers exercés manœuvrant à bras; de plus, les rails ne subissent aucun choc, ce qui est d'un grand intérêt pour leur conservation.

Le travail se fait au moyen de deux chargeurs agissant simultanément, et chacun d'eux est composé d'une charpente en fer très légère et très stable, présentant la forme d'un U renversé horizontalement; la branche inférieure est fixée sur le truc, et la branche supérieure reçoit un treuil roulant au moyen duquel s'opère la traction des rails à charger, leur soulèvement et leur dépôt sur la plate-forme de wagon, comme aussi leur déchargement.

L'examen des figures, et la description qui va suivre, permettent de se rendre bien compte des dispositions simples et pratiques de cet appareil.

#### *Description des chargeurs de rails*

La figure 8 représente, à l'échelle de 1/80<sup>e</sup>, l'appareil dans son ensemble, et installé sur deux wagons spéciaux. Les chargeurs tirent le rail du parc sur des longrines inclinées pour l'amener au près des wagons.

Les figures 9 et 10 représentent un des chargeurs à une plus grande échelle au 1/25<sup>e</sup>, en projection longitudinale et par bout, du côté de l'avant.

La figure 11 est une double section transversale.

Les figures 12, 13 et 14 représentent à l'échelle de 1/10<sup>e</sup>, le treuil dans son ensemble, de face extérieurement, en section transversale passant par l'axe du tambour et en coupe horizontale par l'axe de la poulie du frein et de l'arbre moteur.

La figure 15 montre en détail, de face et de côté, le valet d'amarrage.

La figure 16 représente la poulie de renvoi du câble lors du halage du rail.

La figure 17 est un détail de la chaîne reliée au câble.

La figure 18 représente, de face et de côté, la pince automatique enserrant un rail Vignole et la figure 19, la même pince dans la position ouverte.

*Bâti.* — La charpente en tôle de chaque chargeur est composée, comme on voit, d'une ossature légère en tôle et cornières à corps vertical A, d'où partent, haut et bas, deux bras A', A<sup>2</sup>; celui inférieur se pose sur la plate-forme en bois du wagon B et y est retenu au moyen de deux valets d'amarrage C (fig. 9, 10 et 15).

Le bras supérieur est pourvu sur toute la longueur de deux plate-bandes laté-

rales en acier *a* (fig. 10 et 13) formant la voie pour la circulation du treuil roulant.

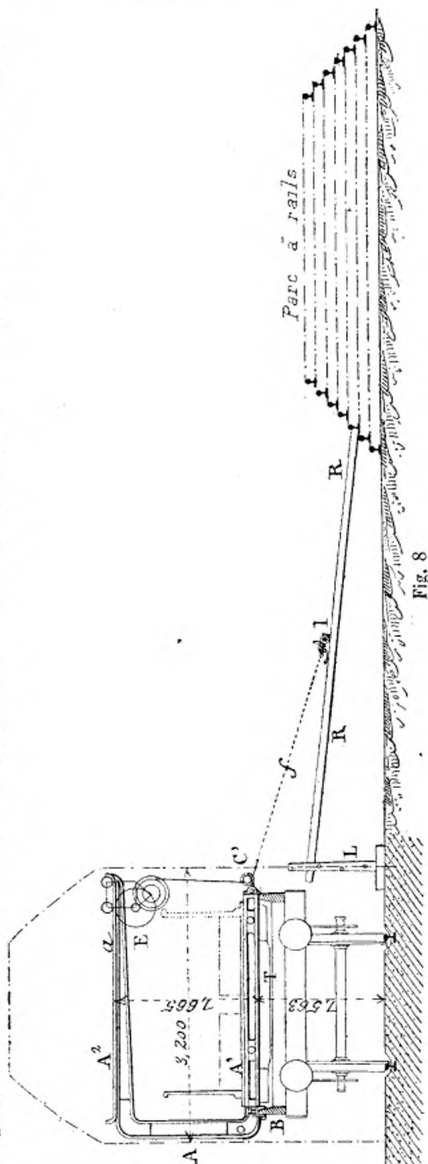
Les valets d'amarrage sont des pièces en acier coulé montées à charnières à la naissance du bras inférieur. Comme on le voit particulièrement sur le détail (fig. 15) ils présentent en dessous des joues dont l'une est inclinée de manière à venir coïncider sur le bord de forme inversement correspondante du wagon B, de sorte qu'il n'y a qu'à les engager sur ce bord pour assurer la fixité de l'appareil.

Lorsqu'il s'agit de son déplacement, il suffit de faire tourner les valets sur leur axe de rotation, et d'engager dans les trous *b* (fig. 9) ménagés à cet effet dans le bras inférieur A', des barres de pinces mises à la disposition des hommes de service.

A son extrémité, ce même bras reçoit, dans deux paliers qui y sont boulonnés, un petit arbre muni du levier *c* qui porte la poulie de renvoi C' du câble *f'* et un ergot *c'* destiné, en s'arrêtant sur une saillie du palier de l'arbre, à arrêter le levier dans la position horizontale qui correspond à la manœuvre de halage (fig. 16).

Lorsque le rail est arrivé au niveau du wagon et qu'il ne s'agit plus que de le soulever, on redresse la poulie de la position indiquée figures 8 et 10 après l'avoir dégagée du câble que l'on fait glisser du côté opposé à la joue.

Le bras supérieur A<sup>2</sup>, sur lequel doit circuler le treuil, a son extrémité





amincie, afin de permettre de placer et d'enlever facilement le treuil lorsqu'on transporte le chargeur.

*Treuil roulant.* — Le treuil est composé de deux flasques en tôle découpée D réunies par des entretoises fixes en fer. Les deux entretoises supérieures reçoivent les galets de roulement *d* du chariot. L'entretoise inférieure centrale sert d'axe au tambour d'enroulement E, formé, comme on le voit principalement (fig. 11 et 13), de deux diamètres à gorges angulaires et fondu d'une seule pièce avec la roue d'engrenage *e* et la roue à rochet *e'*.

Sur le grand diamètre s'enroule le câble *f* qui sert au halage du rail et après lequel se trouve fixée la chaîne *f'* (voir le détail, fig. 17) par laquelle le rail est levé, et qui vient s'enrouler sur le petit diamètre du tambour, en suivant le développement en hélice qui conduit les brins réunis du câble et de la chaîne de la dernière gorge du grand diamètre dans la première du petit diamètre.

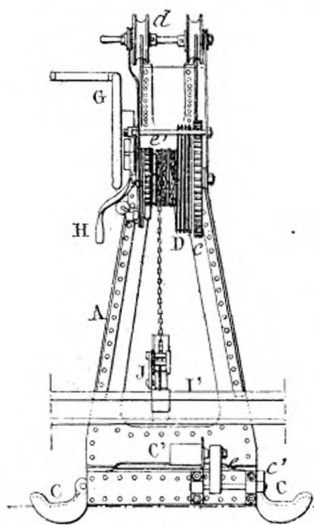


Fig. 9

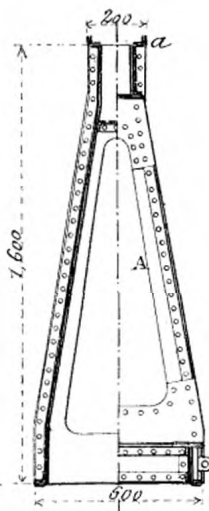


Fig. 10

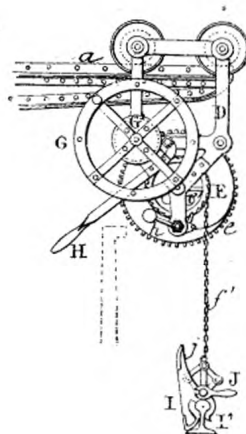


Fig. 11

Par cette disposition, on obtient donc deux vitesses : l'une grande pour le halage qui exige peu d'efforts, l'autre petite, pendant le levage du rail qui nécessite un effort plus considérable.

Le mouvement est transmis par l'arbre en acier *g* muni du pignon en fer *g'*, de sept dents, qui engrène avec la roue *e*, de soixante-douze dents fondues avec le tambour, et du volant de manœuvre *G* armé d'une poignée en fer avec soie, comme on le voit sur le détail (fig. 14).

Ce volant est formé d'une couronne en fer avec bras reliés à un moyeu en



fonte G' disposé pour servir de poulie de frein, et recevant, à cet effet, l'action d'un sabot que l'ouvrier peut faire agir en temps opportun au moyen du levier H (fig. 12 et 13). Un cliquet d'arrêt *h*, monté à l'extrémité de l'une des flasques,

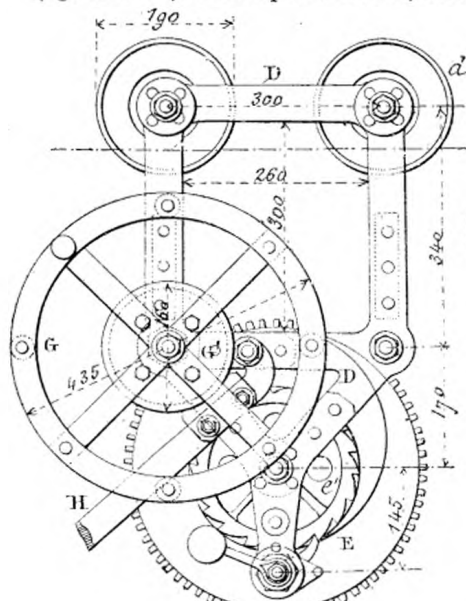


Fig. 12

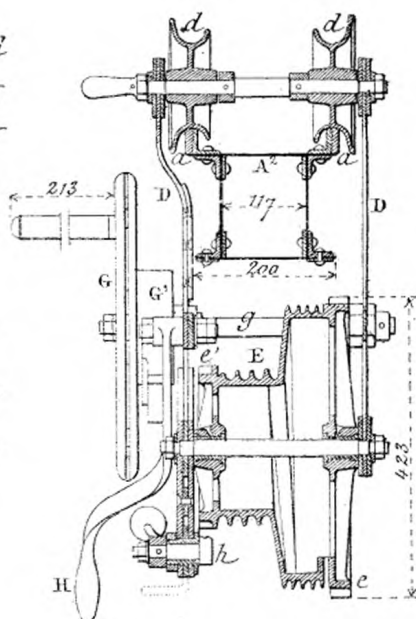


Fig. 13

prolongée à cet effet, et maintenu engagé par un petit contrepoids dans les dents de la roue à rochet *e'* fondue avec le tambour, permet de tenir la charge suspendue en n'importe quel point de la course lorsqu'on abandonne le volant de manœuvre.

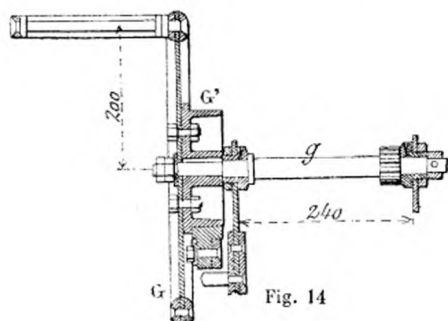


Fig. 14

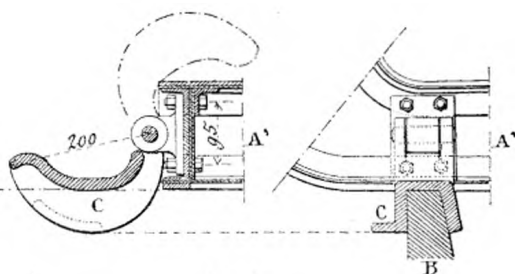


Fig. 15

*Pince automatique.* — L'organe qui sert à prendre le rail est représenté en détail par les figures 18 et 19. C'est une pince composée d'un sabot en acier coulé I dont l'un des bouts forme la moitié d'une mâchoire, qui a sa seconde moitié I' articulée avec la première par un boulon *i*. Le serrage du rail par cette

mâchoire est obtenu automatiquement par la traction du câble au moyen des deux branches *j* reliées par la chape munie de l'anneau auquel ce câble est attaché. De plus pour éviter le desserrage, un crochet de sûreté *J* est monté

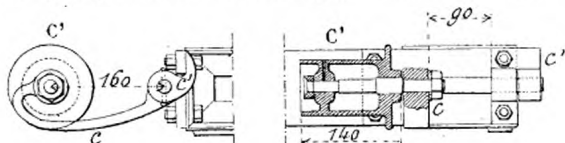


Fig. 16

sur le prolongement de la chape, de sorte qu'il suffit, à l'ouvrier, d'agir sur sa poignée pour engager son encoche sur le boulon d'assemblage *i* prolongé à cet effet.

Le sabot de cette pince permet au rail de franchir, sans difficulté, toutes les sinuosités provenant du tas de rails à desservir et facilite son glissement sur un plan incliné que l'on dispose pour le halage.



Fig. 17

*Manœuvre des chargeurs.* — Supposons qu'on veuille charger des rails pris dans un parc. Dans ce cas, les deux wagons spéciaux destinés à les recevoir, accouplés sont amenés comme on le voit sur la figure 8 devant le tas de rails. Les chargeurs sont installés près des traverses mobiles *T*, de telle façon que ces traverses soient toujours du côté opposé au volant de manœuvre du treuil. Le plan

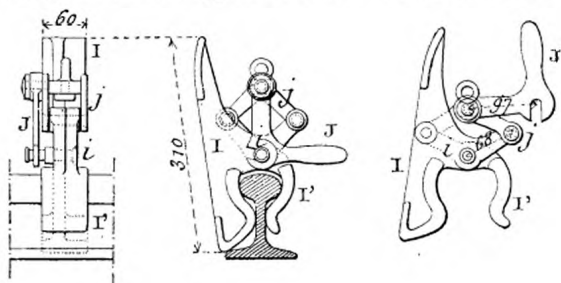


Fig. 18

Fig. 19

incliné pour le halage est établi au moyen des rails *R* supportés par des chevalets *L* et présentant ainsi une voie inclinée.

Pour le service, 6 hommes au plus sont nécessaires : 2 aux treuils, 2 sur le tas de rails, les 2 autres auprès des rouleaux de renvoi pour guider le câble et porter la pince au tas.

Les hommes étant à leurs postes respectifs, ceux qui sont chargés des treuils commencent par les amener à l'extrémité du bras supérieur *A*<sup>s</sup>, position repré-

sentée figure 8, ceux qui guident les câbles saisissent les pinces automatiques et passent les câbles sous les rouleaux de renvoi *c'*, les tirant jusqu'à ce qu'ils soient complètement déroulés de dessus le tambour.

Pendant cette manœuvre, les deux autres hommes saisissent un rail avec des barres et le placent sur champ, puis passent la pince sur le rail et mettent le crochet *J* de sûreté.

Les hommes placés au volant de chaque chargeur agissant alors en vitesse sur les treuils jusqu'à ce que le rail soit près du rouleau de renvoi. A ce moment, la longueur du câble étant épuisée, la chaîne lui succède et abandonne le rouleau de renvoi que le rail en montant soulève et rejette en arrière sur le bras inférieur *A'*, position représentée figure 9.

Les hommes continuent d'agir sur le treuil, mais plus lentement jusqu'à ce que le rail soit arrivé à la hauteur voulue. Ils s'arrêtent alors et font rouler le treuil sur le bras du bâti jusqu'à l'emplacement désigné pour recevoir le rail.

Pour descendre, ils maintiennent la charge un instant, au moyen du volant, saisissent le levier *H* du frein et l'appliquent contre la poulie *G*. Ils lèvent ensuite le cliquet *h* et laissent descendre le rail en douceur à la place qu'il doit occuper. On relève alors le crochet de sûreté *J* et on sort la pince de dessus le rail, puis on ramène le treuil roulant à l'extrémité du bras pour recommencer une autre opération.

Ainsi, avec cet appareil six hommes peuvent charger sans fatigue et en toute sécurité 300 rails par jour, tandis que le chargement à bras pour le même nombre de rails, dans le même temps exige douze hommes qui, à la fin de la journée sont fatigués, et de plus font une manœuvre dangereuse.

## GRUE A VAPEUR

(Planche 69-70)

M. Guyenet a aussi exposé une grue à vapeur de son système qui présente quelques particularités intéressantes et nouvelles. Elle se fait remarquer par le groupement et l'accessibilité des divers mécanismes. Les leviers de commande, à la main du conducteur, permettent de faire évoluer la charge indépendamment ou simultanément à volonté, dans tous les mouvements horizontaux ou verticaux que nécessite la manutention.

Les conditions générales d'établissement sont les suivantes :

Force nominale sur brin simple. . . . .	3.500 <sup>kg</sup> .
— sur brin double. . . . .	7.000

Portée correspondante à la petite force. . . . .	8 <sup>m</sup>
— à la grande force. . . . .	4
Vitesse d'élévation de la charge de 3.500 kil. par seconde.	0 <sup>m</sup> ,150
— de 7.000 » — — — — —	0,075
Vitesse de l'orientation (mesurée à la tête de volée par seconde.	1,500
Vitesse de translation de l'appareil (par seconde). . . .	0,350

La grue du type à pivot court a les mécanismes de levage, d'orientation, de translation et de relevage de la volée, mûs par la vapeur.

Une plate-forme munie de galets disposés pour rouler sur une couronne dentée, reçoit tous les mécanismes. La couronne est boulonnée sur le chariot de la grue.

Avec cette disposition généralement employée depuis quelques années, la vue du conducteur est complètement dégagée, ce qui lui permet de suivre facilement les évolutions de la charge manœuvrée.

La charpente de l'appareil est entièrement en fer, les pièces qui fatiguent le plus et ont à subir des chocs sont en tôle et cornières.

La fonte n'a été employée que pour les mécanismes.

*Moteurs. Mécanismes.* — La machine à vapeur est à 2 cylindres. Elle tourne toujours dans le même sens. L'embrayage se fait par un double cône lisse, système très pratique qui permet la mise en route des divers mécanismes sans arrêt de la machine et sans chocs. Le conducteur réalise ainsi la simultanéité des divers mouvements par la manœuvre des leviers qui sont à sa portée.

Une chaudière à bouilleurs croisés, fournit la vapeur à la machine.

Elle est alimentée par un injecteur Bohler en charge. Ces injecteurs, par leur sécurité dans le fonctionnement permettent de supprimer la pompe, toujours plus coûteuse d'installation. La chaudière porte tous les appareils de sécurité exigés par la loi.

*Treuil de levage.* — Il se compose d'un tambour pour l'enroulement de la chaîne élévatrice. Ce tambour monté sur un bâti à section creuse est commandé par l'intermédiaire d'une paire d'engrenages par un disque lisse, mis en contact avec le pourtour d'un des plateaux calés sur l'arbre de la machine, lorsque l'on élève la charge.

Lorsque l'on veut stopper la charge on le met en contact avec un sabot de frein. En écartant le disque à friction du sabot de frein contre lequel il agit on descend la charge. On est ainsi maître de faire varier la vitesse de descente de la charge en serrant plus ou moins énergiquement le disque sur le sabot.

*Treuil d'orientation.* — Le treuil d'orientation est composé d'une crémaillère fondue avec la couronne sur laquelle roule la partie tournante de l'appareil, laquelle est fixée sur le chariot de la grue. Le pignon, commandé par l'intermédiaire d'un harnais d'engrenage prend son point d'appui sur cette couronne.

La force est transmise par le double cône calé sur l'arbre de la machine au moyen d'un cône lisse.

En mettant alternativement en contact ce cône de prise de force avec l'un ou l'autre des cônes calés sur l'arbre de la machine on obtient le changement de marche.

*Treuil de translation.* — La force est communiquée comme dans le treuil d'orientation par un cône mis alternativement en contact avec les 2 cônes calés sur l'arbre moteur de la machine. Le changement de sens de la marche est obtenu par le cône de prise de force, calé sur l'arbre passant dans l'intérieur du tube, placé au centre du pivot reliant la plate-forme tournante au chariot de la grue.

L'arbre de prise de force commande par un harnais d'engrenage un arbre intermédiaire qui transmet le mouvement aux deux essieux des roues de translation au moyen d'engrenages d'angle.

*Treuil de relevage de la volée.* — On peut obtenir le relevage de la volée la charge étant suspendue, au moyen d'un palan à 6 brins placé dans le plan des tirants.

Le garant de palan engrène sur une noix commandée par une vis sans fin stable.

Le mouvement se transmet comme pour les treuils précédents au moyen d'un cône de friction qu'on embraye sur le cône double de prise de force dont il a déjà été parlé.

---

## APPAREILS DE LEVAGE de la Maison Verlinde, à Lille.

(Planches 71-72)

M. Verlinde à Lille construit des appareils de levage ordinaires, palans, crics, monte-charges à cônes de friction, ascenseurs.

Nous avons à mentionner le monte-charges à main.

Ce monte-charge qui est à cône de friction avec pince lève-sacs se fait jusqu'à la force de 200 kilogrammes. Cette force peut être doublée en mouflant l'appareil.

Les planches 71-72 indiquent l'installation générale d'un ascenseur ou monte-charges au moteur ainsi que le détail du mécanisme qui comporte un débrayage avec levier A et frein automatique F. La disposition générale du système et le parachute avec ressort à lames se comprend facilement à l'inspection des figures. La première représente l'appareil avec mouvement à l'étage supérieur, ce qui est le cas ordinaire. La deuxième indique une disposition différente nécessitée par la position de la transmission de commande à l'étage inférieur. Dans ce cas

le mouvement de débrayage se prend comme dans le premier cas sur la chaîne de manœuvre CC' mais directement par le levier L, supprimant ainsi le renvoi de débrayage par poulies indiqué dans le premier dispositif. M. Verlinde fait aussi un ascenseur à main avec contrepoids. Ces appareils se font très couramment et sont d'une grande simplicité. Leur construction est très soignée, les grains et les pignons sont en bronze au titre, la vis est filetée creuse au diamètre du pignon afin que toutes les dents portent, le graissage est facilité par l'adjonction d'une bassine pleine d'huile dans laquelle baignent constamment les dents du pignon, l'usure est ainsi presque nulle.

Mentionnons également le palan à vis sans fin perfectionné, breveté par M. Verlinde. Le système consiste principalement en une vis sans fin *creuse* par laquelle tous les filets de la vis sont en prise à la fois avec les dents de la roue hélicoïdale. Le perfectionnement consiste surtout en un *contre-pousseur* d'équilibre, lubrifié, à cônes de friction, avec mouvement automatique, faisant frein à la descente, et rendant la traction beaucoup plus douce. Cet appareil est un réel progrès accompli, et a une grande supériorité sur l'ancien système.

Tous les palans à vis sans fin, détournant sous une certaine charge, M. Verlinde, dès 1875, avait imaginé un frein en faisant le bout de la vis cône, et en mettant une crapaudine cône en bronze dur percée au centre. Ce système de frein avait l'inconvénient de faire une pression de 8 à 10 kilogrammes à la montée comme à la descente, et, de plus, il s'usait très rapidement, ce qui était cause, qu'après peu de temps de service, le palan détournait, puisqu'il est notoire qu'on monte plus de marchandises qu'on en descend, et la plus grande usure se faisant ainsi à la montée. Avec le nouveau contre-pousseur, ces inconvénients sont supprimés, et voici comment :

La crapaudine cône en bronze, qui est logée dans le fond de la boîte à rochet en fonte, entraîne celle-ci dans le mouvement ascensionnel; cette boîte tourne sur un pivot rond qui appuie dans le fond du contre-pousseur en fonte. Le frottement primitif énergique du cône, qui existait pour les deux sens de marche, n'a plus lieu qu'à la descente, et il est remplacé à la montée par celui bien plus libre et bien plus doux de la boîte dans son alvéole. Ce *contre-pousseur* se règle à volonté par les écrous qui se trouvent aux deux extrémités de la chape.

Cet appareil est assez pratique, et a fait ses preuves en maintes circonstances.

M. Verlinde a fait de nombreuses applications de ses appareils dans la marine, les arsenaux et usines diverses. Plus de 20000 applications pourraient être citées, tant en France qu'à l'étranger.

---

## GRUE ROULANTE A VAPEUR AUTOMOBILE de la Maisoh J. VORUZ, Aîné,

A NANTES

(Planches 73, 74, 75, 75)

Parmi les nombreux appareils qui étaient exposés au quai d'Orsay, et qui formaient un vaste champ d'études pour les ingénieurs, figurait la grue automobile à vapeur construite par M. J. Voruz aîné à Nantes. Cette grue constituait un des plus beaux spécimens parmi les appareils de levage exposés. Les planches 5-6, 7-8 donnent l'ensemble de cette grue que nous allons décrire en détail. Rappelons que, grâce aux bonnes dispositions que présente cet appareil, la maison Voruz aîné avait obtenu, à l'occasion d'un concours ouvert par la Compagnie de Panama, la commande de 60 grues de ce type, et ceci à la suite des résultats très satisfaisants donnés par les appareils mis en service aux travaux de l'Isthme.

La grue est d'une puissance de 4 tonnes lorsqu'elle repose librement sur les rails, et de 6 tonnes si elle se trouve étayée sur le sol par des vérins à vis.

Les parties principales, dont se compose l'ensemble de l'appareil, sont les suivantes :

- 1° Un truc ou châssis monté sur roues ;
- 2° Une plate-forme reposant sur le truc, et pouvant tourner autour d'un pivot vertical fixé au centre du truc ;
- 3° Une flèche montée sur la plate-forme, et soutenue par un système de tirants ;
- 4° Une machine à vapeur actionnant les divers treuils ;
- 5° Une chaudière fournissant la vapeur à la machine ;
- 6° Un treuil élévatoire produisant l'ascension ou la descente de la charge ;
- 7° Un treuil d'orientatin pouvant faire tourner la plate-forme sur le truc ;
- 8° Un treuil de translation permettant le déplacement de la grue sur la voie ;
- 9° Un treuil de halage actionnant deux cabestans fixés sur le truc, à l'aide desquels on peut remorquer des wagons sur la voie de la grue ou sur d'autres voies parallèles ;
- 10° Une toiture surmontant la plate-forme et abritant les divers mécanismes.

La machine à vapeur et sa chaudière, ainsi que le treuil d'enlevage et une partie des organes des treuils d'orientation, de translation et de halage, sont montés sur la plate-forme.

*Truc.* — Le châssis A, entièrement en fer, est formé de poutres en tôles et cornières surmontées d'une table en tôle constituant un ensemble parfaitement rigide.



L'écartement des roues correspond à la largeur de la voie normale des chemins de fer français (1,440 entre rails). Cette cote a été portée à 1<sup>m</sup>,525 pour les grues livrées à la Compagnie de Panama.

Le châssis porte en son centre un pivot vertical B en acier fondu, solidement implanté dans une douille en fonte rivée à la plate-forme. Autour de ce pivot, et concentriquement, se profile la couronne circulaire en fonte C, munie d'une denture intérieure, sur laquelle roulent les galets d'orientation de la plate-forme.

Les traverses de tête du truc, prolongées à cet effet de part et d'autre du châssis, portent quatre vérins à vis *c*, à l'aide desquels on peut étayer le truc sur le sol, extérieurement à la voie, et lui donner ainsi un excédent de stabilité en augmentant la largeur de sa base d'appui. Ces vérins, étant fixés au châssis par une articulation, peuvent être relevés et maintenus par des chaînettes dans une position horizontale, de manière à ne pas gêner la translation de la grue.

Les traverses de tête du châssis portent, en outre, quatre tampons de choc *b* à ressorts, et deux crochets d'attelage *a*, munis également de ressorts.

Le pivot central du châssis est traversé, suivant son axe, par un arbre vertical creux en acier, qui peut être actionné par la machine à vapeur à l'aide d'un mécanisme dont la description sera donnée plus loin. Cet arbre commande sous le châssis, par un engrenage d'angle, un autre arbre horizontal V portant trois pignons à chaîne Galle. Deux de ces pignons, *v*, *v*, solidaires l'un de l'autre, actionnent les essieux par des chaînes Galle XX' pour produire le mouvement de translation.

Le troisième pignon *v'* actionne, également par une chaîne Galle X'' un arbre horizontal *x* qui traverse le châssis, et qui porte, de part et d'autre de ce dernier, deux poupées de cabestan *yy'*.

Les pignons à chaîne Galle, qui commandent les essieux et l'arbre du cabestan, peuvent être embrayés ou débrayés, au moyen d'un manchon *v''*, de manière à produire, d'une façon indépendante, soit le mouvement de translation, soit celui de halage, soit l'arrêt de ces deux mouvements.

Le débrayage s'opère à l'aide de bielles et d'un levier d'équerre; ce dernier est actionné par une tringle verticale *z* qui traverse du haut en bas l'arbre creux disposé à l'intérieur du pivot.

*Plate-forme.* — La plate-forme est constituée par des poutrelles *d* en fer en U, assemblées en dessus et en dessous par des tables en tôle. Elle est prolongée en arrière par deux poutres, en forme de caissons, supportant le contre-poids N, la chaudière M et la caisse à eau *b'*. Sur les deux côtés sont fixées des consoles en fer supportant des parquets *e'* en tôle striée pour le service de la machine, de la chaudière et des treuils.



La plate-forme porte en son milieu une douille en fonte embrassant le pivot central du truc qui forme son centre de rotation. Elle repose sur le truc par l'intermédiaire de quatre galets coniques E en fonte, avec axes en acier, montés sur des paliers fixés sous la table inférieure. Un écrou en bronze, vissé au sommet du pivot, et muni d'un frein pour empêcher son dressage, rend la plate-forme solidaire du truc dans le sens vertical.

*Flèches, tirants.* — La flèche F est composée de deux flasques en tôles et cornières assemblées par des croisillons et des goussets. La forme est cintrée pour permettre à la grue d'orienter tout en évitant les parties les plus saillantes des wagons et des machines qui se trouvent sur les voies latérales.

La flèche est articulée par le pied sur l'avant de la plate-forme; sa tête est soutenue par des tirants, composés de deux parties articulées entre elles, et dont le pied est attaché à l'extrémité arrière des poutres qui prolongent la plate-forme. Le point d'articulation des deux parties des tirants entre elles est relevé par deux contre-fiches F' en fer I, afin de diminuer la charge supportée par les tirants, en augmentant l'ouverture de l'angle qu'ils font avec la flèche. Le pied des contre-fiches est articulé sur le même axe que le pied de la flèche.

A l'aide d'un système à vis et d'un écrou, on peut allonger le tirant supérieur et, par suite, abaisser la tête de la flèche pour permettre à la grue de passer sous le gabarit de chargement des wagons.

La flèche porte, près de son sommet, une poulie à gorge sur laquelle s'infléchit le câble d'enlevage.

*Machine à vapeur.* — La machine à vapeur est à deux cylindres horizontaux G, sans changement de marche. Les cylindres sont fixés sur la face extérieure de deux bâtis en fonte D, montés eux-mêmes sur la partie avant de la plate-forme. Les bielles actionnent deux plateaux manivelles, calés aux deux extrémités d'un arbre moteur e en acier, sur lequel sont pris les divers mouvements de l'appareil.

Les boutons de manivelles portent des tourillons excentrés qui commandent par des bielles les tiroirs de distribution de vapeur.

La prise de vapeur m sur la chaudière est munie d'un régulateur dont le degré d'ouverture peut se régler, par l'intermédiaire de divers leviers et tringles, au moyen d'une pédale établie sur le parquet du machiniste. Cette pédale, abandonnée à elle-même, ferme presque entièrement le régulateur et ne laisse pénétrer dans les cylindres de la machine que la faible quantité de vapeur nécessaire pour que la machine continue à tourner lentement à vide.

Un excentrique calé sur l'arbre moteur actionne une pompe c' pour l'alimentation de la chaudière.

*Chaudière.* — La chaudière M est verticale à foyer intérieur traversé

par deux bouilleurs horizontaux croisés. Elle est munie d'une enveloppe en tôle mince, avec interposition d'un matelas d'air pour éviter la déperdition de chaleur.

La chaudière est montée sur un cendrier en fonte fixé lui-même sur les poutres qui prolongent la partie arrière de la plate-forme.

La cheminée peut se rabattre pour permettre à la grue de passer sous le gabarit de chargement.

Une caisse à eau *b'* pour l'alimentation est disposée sur l'un des côtés de la chaudière. Elle porte un injecteur *d'* qui alimente la chaudière lorsque la machine est au repos.

*Treuil élévatoire.* — Les organes du treuil élévatoire sont montés sur les mêmes bâtis que ceux de la machine à vapeur.

Le point de départ du mouvement d'enlèvement consiste en un pignon *f*, calé sur l'arbre moteur, sur la circonférence duquel sont pratiqués des cannelures circulaires à section angulaire.

Une roue *H*, également à cannelures, fixée sur un arbre intermédiaire *g*, parallèle à l'arbre moteur peut, à l'aide d'un mouvement d'excentrique commandé par un levier vertical à manette *L*, être appuyée fortement contre le pignon moteur qui lui communique alors son mouvement de rotation. En manœuvrant le même levier en sens inverse, la roue à cannelures se trouve serrée contre un sabot de frein en bois *I*, à cannelures correspondantes à celle de la roue, fixé sous une arcade en fer, qui, elle-même, est montée sur deux colonnettes au sommet du bâti du treuil.

L'arbre intermédiaire porte un pignon *h* qui engrène avec une roue dentée *i*, calée sur un troisième arbre. Ce dernier porte un tambour en fonte *j*, à cannelures en spirale, sur lequel s'enroule le câble d'enlèvement *k*.

On conçoit qu'en manœuvrant le levier en avant ou en arrière on puisse, au moyen de l'excentrique qui sert de coussinet à l'un des bouts de l'arbre intermédiaire, ou bien appuyer la roue cannelée contre le pignon moteur pour produire le mouvement d'enlèvement, ou bien la serrer contre le sabot de frein avec plus ou moins d'énergie pour retenir la charge lorsque le levier est abandonné à lui-même.

Le câble d'enlèvement *k* est composé de fils d'acier d'un demi-millimètre d'épaisseur, réunis en toron avec âme en chanvre. Cette disposition lui donne une grande souplesse et la sécurité est bien mieux garantie qu'avec une chaîne à maillons.

*Treuil d'orientation.* — Le mouvement d'orientation a pour point de départ deux pignons d'angles dentés *P P'*, à cônes de friction, montés sur l'arbre moteur et constamment en prise avec une roue dentée *Q* fixée au sommet d'un premier arbre vertical intermédiaire.

Les pignons sont fous sur l'arbre moteur, mais on peut leur communiquer le mouvement de ce dernier au moyen d'un double cône de friction  $q'$ , qui peut glisser sur l'arbre tout en participant à son mouvement de rotation, grâce à une clavette fixe.

Le déplacement du double cône de friction est obtenu à l'aide d'une fourchette et d'un levier horizontal T, dont la poignée se trouve à côté de celle du levier de commande du treuil élévatoire.

Un pignon droit, venu de fonte avec la roue du premier arbre intermédiaire, engrène avec une roue droite S calée sur un second arbre intermédiaire également vertical; ce dernier traverse la plate-forme et porte, en dessous de cette dernière, un pignon droit T en prise avec la denture de la couronne circulaire C fixée sur le truc.

En manœuvrant le levier en avant ou en arrière, on met en contact le manchon d'embrayage avec l'un ou l'autre des pignons et l'on imprime ainsi à la plate-forme de la grue un mouvement d'orientation à droite ou à gauche.

*Treuil de translation et de halage.*— Ces treuils prennent leur commande sur l'arbre moteur au moyen d'une disposition d'engrenages et de cônes de friction identique à celle qui sert à la commande du treuil d'orientation. La seule différence consiste en ce que la manœuvre du manchon d'embrayage ne s'opère pas par un levier, mais à l'aide d'une vis et d'un petit volant  $a'$ , ce qui permet d'obtenir un mouvement continu sans que le mécanicien ait à exercer un effort permanent.

Les mouvements peuvent également être renversés, et le volant  $a'$  qui sert à les produire se trouve à proximité des poignées de manœuvre des autres mouvements.

La rotation du premier arbre intermédiaire placé sous l'arbre moteur se transmet par un engrenage droit  $t$  à l'arbre creux dont il a été question dans la description du truc, et la tringle de débrayage  $z$  qui traverse cet arbre est manœuvrée à l'aide d'un axe à excentrique et d'un levier  $z$  placé à la portée du mécanicien.

*Toiture.* — La toiture  $f'$  qui abrite la plate-forme est en tôle zinguée; elle est supportée par des montants en fer solidement contreventés, fixés sur les galeries de service. Sa forme et ses dimensions lui permettent de passer sous le gabarit de chargement.

#### *Dimensions principales et vitesse des divers mouvements.*

Force de la grue libre sur les rails. . . . .	4.000 kgs.
— — — — — étayée sur le sol. . . . .	6.000 »
Portée horizontale, mesurée de l'axe de la grue à l'axe du crochet. . . . .	5 <sup>m</sup> ,20

Hauteur du centre de la poulie de tête de la flèche, au-dessus des rails. . . . .	7 , 50
Distance maximum de l'arrière de la plate-forme à l'axe de la grue. . . . .	2 , 12
Hauteur maximum de l'appareil au-dessus des rails, la flèche et la cheminée étant baissées. . . . .	4 , 40
Largeur maximum de l'appareil. . . . .	3 , 15
Largeur de la voie entre les rails. . . . .	1 , 45
Écartement d'axe en axe des essieux du truc. . . . .	2 , 30
Surface de chauffe de la chaudière. . . . .	6 mètres carrés.
Surface de grille de la chaudière. . . . .	0,64 décim. carrés
Timbre de la chaudière. . . . .	10 <sup>kg</sup> .
Diamètre des cylindres de la machine à vapeur. . . . .	0 <sup>m</sup> ,160
Course des pistons. . . . .	0 , 220
Nombre de tours par minute. . . . .	200 tours.
Vitesse d'ascension de la charge par seconde. . . . .	0 <sup>m</sup> ,200
Vitesse d'orientation de la charge par seconde. . . . .	0 , 933
Durée d'une évolution complète. . . . .	35 secondes.
Vitesse de translation de la grue par seconde. . . . .	0 <sup>m</sup> ,500
Vitesse de halage par seconde. . . . .	0 , 260
Poids total de la grue en fonctionnement. . . . .	24.000 <sup>kg</sup> .

*Caractères distinctifs de ce type de grue.* — La grue est à pivot court ; le treuil est très bas et la flèche à jour, de telle sorte que rien ne masque la vue du mécanicien sur le devant et sur le côté de l'appareil.

La forme cintrée de la flèche facilite l'enlevage des fardeaux de grandes dimensions.

Cette disposition de la flèche et la faible longueur de la partie arrière de la plate-forme mobile permettent à la grue d'évoluer librement entre deux trains circulant ou stationnant sur d'autres voies distantes de 3<sup>m</sup>,750 seulement de l'axe de cette grue.

La partie supérieure de la cheminée étant rabattue et la flèche abaissée et dirigée dans le sens de la voie, aucune partie du profil transversal de la grue n'excède le gabarit de chargement des wagons, ce qui généralise beaucoup l'emploi de l'appareil en lui permettant de se transporter partout où les machines et les wagons chargés peuvent se rendre.

Tous les mouvements mécaniques de la grue sont commandés par friction et indépendants les uns des autres. Ils peuvent être produits dans toutes les positions de la volée, simultanément ou séparément, chacun dans les deux sens et par un seul homme.

Le truc et la plate-forme sont entièrement en fer, d'échantillons très forts, et tous les organes de la grue sont robustes, de manière à offrir une complète sécurité dans l'emploi de l'appareil.

## GRUE FLOTTANTE

MM. Hunter et English, à Londres

Dans la section anglaise de l'Exposition, les visiteurs ont pu remarquer en réduction les modèles d'une grue flottante pour élever des charges immenses (fig. 20)

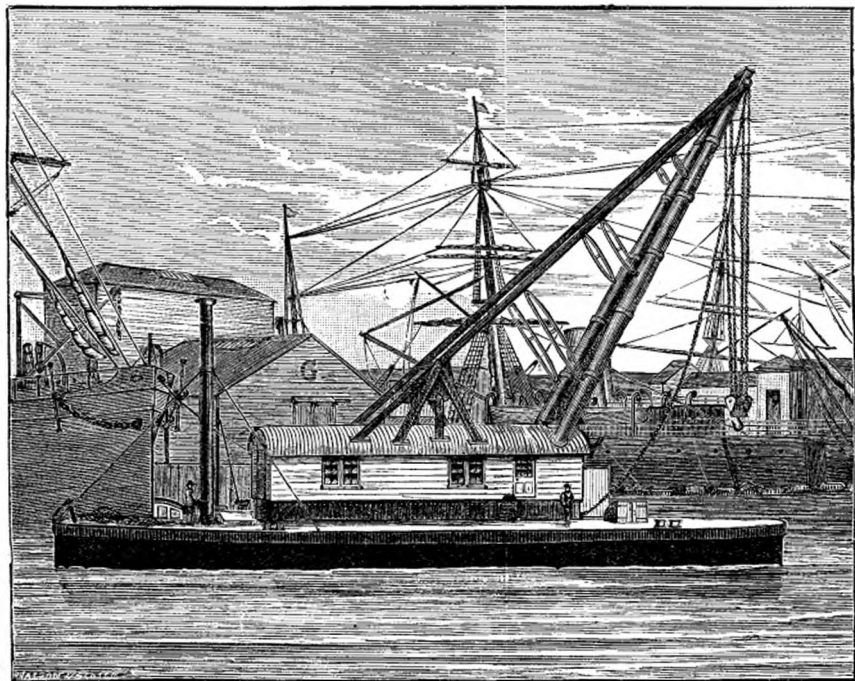


Fig. 20

Considérant que les grands navires transatlantiques actuels représentent des capitaux considérables qu'il ne faut jamais immobiliser longtemps, MM. Hunter et English ont construit un appareil répondant au besoin du déchargement de grandes masses sans pertes de temps.

Les grues ou bigues installées le long des quais nécessitent de grandes lignes ferrées dans un sens et dans l'autre de leur installation. Celles fixes ont besoin de fondations importantes. La construction des quais est en outre très coûteuse. Faire un appareil très puissant donnant une grande sécurité dans la manœuvre,

pouvant s'adapter à n'importe quel genre de déchargement, telle a été la considération qui a guidé les constructeurs anglais. Il est évident que des docks, munis de cette grue flottante possèdent un incomparable avantage sur ceux qui en sont privés.

La caractéristique de ce système de grue flottante, est que le contrepoids mobile, supporté par le bâti de la grue est toujours dans le sens bien opposé à la charge, ce qui l'assimile absolument comme sécurité et stabilité aux grues roulantes sur terre.

L'appareil est combiné de telle façon que son centre de gravité coïncide avec le centre du chemin de roulement du mouvement d'orientation. L'effort vertical résultant se distribue également sur ce chemin, de manière que le porteur soit toujours bien de niveau pour une position quelconque de la charge levée.

La grue repose sur des galets en acier coulé se déplaçant sur une couronne fixe de 7<sup>m</sup>,900 de diamètre qui est supportée par un cylindre en fer forgé, solidement maintenu et armaturé avec la coque du ponton par des cloisons transversales.

Deux cloisons longitudinales de maintien également rivées avec les deux cloisons étanches se trouvent de chaque côté de l'axe du pivot.

Le truc de la grue est en tôle et cornières en fer, la flèche est constituée par deux forts tubes en acier de section circulaire. Le poids de la grue elle-même est équilibré par un contrepoids en fonte fixe placé dans la cabine. Le contrepoids mobile ne sert ainsi qu'à équilibrer la charge à lever.

Le service de la grue est facile à comprendre. Aussitôt que la charge est bien préparée, la flèche est portée dans sa direction par le mécanisme correspondant. Le contrepoids qui, quand la grue est au repos, se trouve au centre du truc est alors porté en arrière jusqu'à ce que le bateau soit de niveau.

A ce moment, la charge peut être levée avec sécurité, orientée à un endroit quelconque et finalement déposée soit sur le pont du ponton ou dans une barque, soit sur un quai de déchargement. L'avantage d'un contrepoids en fonte pour équilibrer la charge est certain ; le mouvement est plus rapide qu'avec les coffres à eau qui nécessitent des pompes d'épuisement.

Une fois la grue équilibrée, elle peut effectuer son mouvement d'orientation sur une circonférence complète.

Tous les mouvements de levage, de descente et d'orientation, ainsi que le déplacement du contrepoids, d'un côté ou de l'autre du centre de rotation, suivant la charge à enlever, sont effectués par un seul homme placé dans une position convenant à cette manœuvre. De cette façon, ce mécanicien peut exercer son contrôle sur tout l'appareil.

Le bateau est muni de deux hélices conjuguées pouvant lui communiquer une vitesse de 7 kilomètres à l'heure et permettant d'accoster facilement le long d'un navire ou d'un quai, les machines étant manœuvrées du pont. Deux treuils

avant et arrière desservent le bateau et peuvent aider à la manœuvre d'abordage. Ils sont mûs par les machines motrices principales. Le bateau porte-grue peut, si on le désire, être dirigé sans l'aide du gouvernail, en se servant exclusivement des machines. Il peut dans ce cas presque tourner sur lui-même.

Voici les avantages que les constructeurs énumèrent en faveur de leur système, sur les grues fixes.

La grue flottante évite le déplacement si onéreux d'un navire ancré sur son lit, qui est obligé de se transporter vers une grue ou bigue fixe, opération, qui, lorsqu'il y a de grands poids à enlever, est très dispendieuse.

La grue flottante peut aborder le long d'un navire, elle peut prendre ou déposer un arbre moteur, chaudière, canon de gros calibre, plaque de blindage ou autres masses importantes pendant que s'effectue le chargement ou le déchargement ordinaire du cuirassé ou navire marchand. Dans ce cas l'amarrage n'est pas dérangé.

Le ponton est construit pour recevoir des chaudières, des canons, etc., sur son pont. Ces pièces peuvent être ensuite transportées vers un autre navire ou un point quelconque du quai ou du fleuve où il est amarré.

La grue peut également enlever des charges d'un vaisseau et les déposer de l'autre côté de son ponton sans se déplacer le long du navire contre lequel il est amarré.

La grue est munie d'un mécanisme simple permettant d'élever rapidement des poids de 10 tonnes et au-dessus, de telle façon qu'elle peut être utilisée pour des déchargements ordinaires de cargaisons.

L'appareil peut servir pour des navires à voiles.

Les machines sont munies de condenseurs à surfaces ayant des pompes à air et de circulations indépendantes. Toute la vapeur employée y est condensée, ce qui procure une notable économie de combustible et débarrasse le mécanicien de la vapeur d'échappement souvent si gênante.

La maison Hunter et English a construit en 1886, pour les Tilbury Docks une grue flottante « Léviathan » de dimensions gigantesques, qui constitue un des appareils les plus puissants de ce genre qui aient été exécutés. On a fait des bigues fixées sur pontons flottants capables de soulever de plus grandes charges, mais on n'a pas atteint la hauteur de levée et le rayon de la volée, qu'ont obtenu ces constructeurs anglais. La bigue fixe nécessitait aussi un rapprochement du pivot de suspension de la charge.

La grue citée est d'une puissance de 50 tonnes et peut travailler à une distance radiale de 15<sup>m</sup>,700 sur une circonférence entière sans changer la position du ponton. Le pont peut également supporter cette grande charge. La hauteur totale de la ligne de flottaison au point culminant de la flèche est de 29 mètres. Cette hauteur n'est pas nécessitée pour les besoins ordinaires, elle est donnée pour la pose des plus grands mats venant dans le port de Londres. La con-



struction générale est semblable à celle de la grue « Titan » de 30 tonnes construite par la même maison pour le *Royal Albert Dock* et qui a donné entière satisfaction. On a apporté néanmoins quelques perfectionnements à la grue « Léviathan ».

Ces modifications sont basées sur des résultats d'expérience et il est peut-être intéressant de les noter. On a remplacé les galets de roulement fixés à la plate-forme de la grue de 30 tonnes par des galets indépendants et fixes. Les galets de la couronne de roulement sont entièrement en acier. La couronne de 7<sup>m</sup>,900 de diamètre est tournée sur tout son profil ; les galets de roulement qui ont un diamètre de 0<sup>m</sup>,300 sont tournés sur leur circonférence et sur les côtés.

Le mouvement d'orientation prend très peu de force avec ce système. Un autre perfectionnement a été l'addition de condenseurs à surface qui donnent un vide parfait en augmentant la force des machines et permettent l'alimentation des chaudières avec de l'eau distillée remplaçant celle du port qui était toujours très chargée de boue.

Les machines motrices sont du type compound horizontal d'une force de 150 chevaux indiqués.

Les hélices ont 1<sup>m</sup>,525 de diamètre.

Les chaudières sont du type ordinaire à retour de flamme et timbrées à une pression de 5 kil, 500.

La grue avec son mécanisme de levage et d'orientation est placée au centre du ponton. Elle est portée et manœuvrée par une plate-forme toute en acier reposant sur les galets et le chemin déjà décrits. Le contrepoids de la charge est déplacé par deux vis de fort diamètre actionnées par une petite machine Willau à 3 cylindres. Les mouvements d'orientation et d'enlèvement sont obtenus par deux machines accouplées ayant chacune un cylindre de 0,300 de diamètre et autant de course. Elles sont manœuvrées et conduites par un homme sous la direction du capitaine. Le ponton est en fer, ainsi que la structure de la grue ; la flèche est en tube d'acier.

Le bateau peut se déplacer avec une vitesse de 7 kilomètres à l'heure.

Les grues flottantes de ce système peuvent être munies de machines motrices leur permettant de faire le voyage en n'importe quelle partie du monde.

---

### MAISON GUSTIN AÎNÉ & FILS à Deville (Ardennes)

Nous avons à mentionner l'intéressante exposition de M. Gustin aîné et fils de Deville qui construit une grande quantité de treuils de divers systèmes et



applicables à toute espèce d'appareils ou industries. La marine emploie beaucoup ce treuil qu'elle applique aux grues de chargement des affûts de côte. Ce système est spécialement fait en vue d'obtenir une grande sécurité. Il a un frein automatique à arrêt instantané et ne subit aucun retour de manivelle, ni d'engrenage.

Les treuils qui sont généralement employés par l'industrie, n'offrent qu'une sécurité apparente, et aucun appareil mécanique n'a donné lieu à plus d'accidents et fait d'aussi nombreuses victimes.

La cause principale est que la manœuvre de ces treuils, pendant que s'accomplit l'affalement des charges, n'est pas suffisamment protégée par la résistance d'un cliquet qui, par choc ou autrement, peut de lui-même retomber sur le rochet. Il arrive aussi que la défectuosité des systèmes rend fréquentes et inévitables la rupture du frein et celle de plusieurs organes dont les débris violemment projetés par la force centrifuge, occasionnent toujours des dégâts et blessent souvent les personnes.

Le treuil à frein automatique que construit M. Gustin supprime ces inconvénients et constitue un véritable progrès.

Dans cet appareil le tambour seul se déroule pendant la descente de la charge ; aucun effort ne s'exerçant sur les autres organes, leur fonctionnement ne saurait en aucune manière être compromis. De plus tous les efforts se répercutant sur des cames à faces hélicoïdales, l'appareil est à l'abri d'un choc quelconque, la charge fut-elle arrêtée brusquement et à la plus grande vitesse de descente.

Cet appareil donne des garanties sérieuses et peut être adopté par les entrepreneurs.

Dans le cas d'un treuil à simple engrenage, les organes du frein se trouvent placés directement sur l'arbre du tambour. Quand il s'agit d'un appareil à double engrenage, c'est sur l'intermédiaire que se trouve placé le frein.

Il existe un treuil monte-charges à tambour, à frein automatique qui se construit suivant les principes que nous avons développés précédemment. Cet appareil se fixe dans une position verticale contre une charpente en bois ou en fer. Il existe aussi des types à simple engrenage de 500 à 1 500 kilogrammes de force directe.

M. Gustin fait également un treuil d'applique avec noix en acier à frein automatique également. Cet appareil se construit en 5 types différents de 250 à 2 500 kilogrammes de force en chaîne simple et de 500 à 5 000 kilogrammes en chaîne double.

La série comprend aussi un treuil monte-sacs sans engrenage, d'une force directe de 80 kilogrammes. Cet engin est d'une grande simplicité. Il se distingue comme tous les autres par la sûreté de manœuvre et par la grande rapidité dans l'exécution des travaux à produire.

Il existe un treuil pour monte-charges, il est à noix et à frein de sûreté. Il est construit pour des forces de 125 à 500 kilogrammes et se fixe sur des poutres au-dessus des fardeaux à desservir, il permet de monter une charge pendant que l'on en descend une autre. Le frein étant automatique, il s'ensuit que si l'on tire sur la corde, à droite ou à gauche, les charges restent toujours suspendues pendant les arrêts.

Mentionnons encore parmi les nombreux appareils de levage qui figuraient à l'Exposition de M. Gustin un petit tire-sacs à frein automatique de la force de 100 kilogrammes. Ce treuil, très employé dans les magasins, moulins, etc., peut se commander à distance. Il marche avec une vitesse de 1<sup>m</sup>,500 par seconde.

M. Gustin construit également des monte-plats et des ascenseurs à frein automatique se manœuvrant du haut et du bas, avec ou sans parachute.

Pour les treuils devant marcher au moteur à l'aide de poulies, mentionnons l'appareil sans cliquet à frein automatique. Les constructeurs se basant sur ce que la manœuvre des cliquets de retenue est très dangereuse et peut causer de nombreux accidents ont supprimé cet engin et ont appliqué un frein automatique avec lequel tout danger de manœuvre est exclu.

Ce système de frein se compose d'une poulie folle sur un arbre. Une came à genouillère est reliée sur cet arbre. Deux coins circulaires à rayon différentiels sont placés sur les genouillères de la came. La poulie folle est entourée d'une bande en acier, munie d'un levier de frein armé d'un contrepoids.

Pour opérer la descente d'une charge à une vitesse variable, il suffit de lever plus ou moins le levier du frein. Pour arrêter on abandonne le levier du frein et aussitôt tous les organes se reculent d'eux-mêmes. On voit donc que si, par imprudence ou autrement, on vient à abandonner le levier du frein, il n'y a aucun danger à redouter, puisque le treuil s'arrête automatiquement.

M. Gustin construit également sur le principe du treuil à descente rapide un treuil spécial à tambour fou et à déclat immédiat pour le battage des pilotis. Cet appareil est appelé à changer complètement l'ancien mode de travail au point de vue de la rapidité d'exécution et de l'économie de main-d'œuvre.

En effet avec le treuil ordinaire, le marteau étant arrivé à la hauteur voulue, est décroché et tombe par sa propre masse, aussi est-il inévitable de dérouler le tambour afin de ramener l'extrémité de la corde ou de la chaîne au niveau du mouton. Cette manœuvre qui demande autant de temps que pour l'ascension, est supprimée avec le treuil à descente rapide, puisque la corde suit la masse tombante.

Cet appareil est déjà apprécié à sa juste valeur et a trouvé de nombreuses applications sur les chantiers où l'on bat les pieux.

---

## APPAREILS DE LEVAGE (Maison Bernier)

(Planches 77-78)

Cette maison expose des treuils dits à noix avec parachute automatique, des cabestans, etc... L'ancienne maison Bernier fondée en 1827 fut la première à appliquer la noix à empreinte avec chaîne à maillons calibrés. C'est M. Nepveu un des fondateurs de la maison qui le premier appliqua la chaîne Galle et ensuite la chaîne à maillons.

Autrefois le tambour exigeait un enroulement qui, malgré l'avantage de la flexion dans tous les sens des chaînes du commerce faisait que cette dernière s'enroulait très difficilement ce qui produisait des chocs et des efforts inégaux de tension et de traction. Dans le treuil à noix on a évité cette difficulté, la circonférence peut recevoir trois chaînons à plat et dont les parties plus resserrées peuvent recevoir trois chaînons de côté. La chaîne n'ayant pas besoin de s'enrouler plus d'un tour, puisque tout glissement devient impossible par cette disposition, l'action se produit avec une parfaite régularité, ce qui n'a pas lieu par des chaînes ordinaires et des cylindres sur lesquels les tours de la chaîne s'ajoutent de telle sorte que les saillies de maillons ne correspondent bientôt plus aux vides destinés à les recevoir, par l'effet des irrégularités de la chaîne qui vont en s'accumulant.

Nous ne nous arrêterons pas sur les avantages que possède la noix à trois, quatre, cinq ou six faces, sur le treuil à tambour; tous les ingénieurs et constructeurs sont fixés à cet égard, et chacun sait que la noix opère une traction dont la direction se trouve toujours dans un même plan perpendiculaire aux axes des organes qui supportent les efforts; puisque le dévidage de la chaîne par la noix permet la traction d'une longueur indéfinie de chaîne, sans augmenter le diamètre de l'organe de traction, et de là effort constant du moteur.

Ceci est d'autant mieux reconnu que, maintenant, nous voyons presque tous les constructeurs appliquer dans leurs treuils, ponts roulants, etc., le système à noix.

La Société construit des treuils à simple et à double noix.

La figure 21 représente le treuil à double noix et à parachute, appliqué contre une semelle O.

La chaîne calibrée arrivant par le haut s'engage par les cliquets du parachute C' C'' puis passe sur la seconde noix B pour s'engager fina-

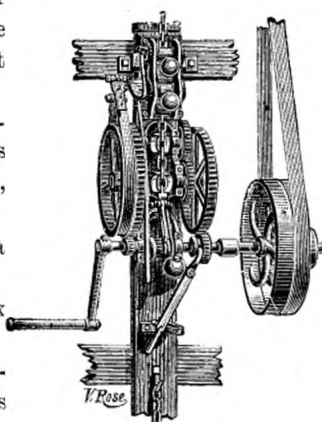


Fig. 21

lement sur la noix motrice A d'où elle retombe librement. Les 2 vitesses du treuil sont obtenues au moyen de 2 pignons dentés, celui H est embrayé au moyen du levier L pour la grande vitesse, K est le pignon de faible vitesse. Les deux pignons égaux F''F''' sont ceux des noix. Quand on se sert du frein on tient le cliquet M du rochet dégagé avec son valet. G est la main d'embrayage.

La double noix a pour avantage de faciliter le dévidage de la chaîne, comme une seconde main, elle complète le travail de la première noix, en saisissant la chaîne au fur et à mesure de sa sortie de la noix motrice pour la transporter à la sortie du treuil, elle évite aussi l'usure du bâti du treuil et celle de la chaîne, usure très considérable dans les treuils à une noix. On arrive ainsi à une durée cinq fois plus considérable pour le treuil à double noix.

Le parachute Bernier fonctionne de lui-même, sans et même malgré la volonté du manoeuvre, il prévient toute imprudence, toute fausse manoeuvre, toute rupture imprévue d'une ou plusieurs pièces du mécanisme. N'importe quelle pièce se brise-t-elle, le fardeau reste suspendu. Voici comment est disposé ce parachute :

A la partie supérieure du treuil sont disposés 2 cliquets C' C'' qui sont les principaux organes ; l'un ou l'autre des cliquets peut prendre la chaîne avant qu'elle n'ait parcouru une distance égale à la demi-longueur d'un maillon, c'est-à-dire alors que la vitesse acquise par la charge dans sa chute est encore très faible, ces cliquets ont une forme qui leur permet de bien s'engager dans le maillon ; ils sont munis de contrepoids et de ressorts qui assurent leur parfait fonctionnement.

Afin de pouvoir opérer la descente des fardeaux, on suspend l'action des cliquets par le levier de frein D qui permet cependant de la rétablir instantanément. En élevant plus ou moins le levier on serre plus ou moins le frein et par suite on diminue ou on augmente à volonté la vitesse de descente du fardeau.

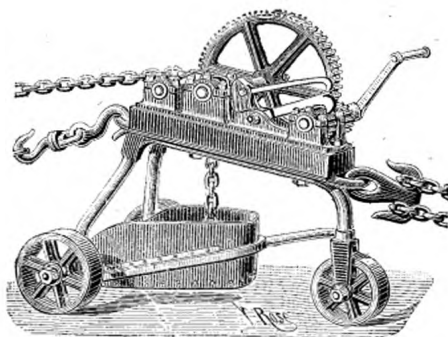


Fig. 22

Si par une cause subite, le levier échappait de la main du manoeuvre, les cliquets du parachute retomberaient, et, saisissant la chaîne, empêcheraient le fardeau de tomber.

La figure 22 représente le cabestan système Bernier. Cet appareil s'applique à la traction de toutes grosses pièces sur plan incliné. Il a été adopté par la Marine, le Génie et l'Artillerie militaires. Etant bien solidement

amarré par les crochets il peut enlever des charges correspondant à sa force aussi bien qu'un appareil à poste fixe.

En résumé le treuil Bernier est remarquable par sa légèreté, jointe à sa solidité, cet appareil, sous un petit volume, est d'une puissance considérable, ce qui permet son facile déplacement. Le constructeur fait avec ce système des appareils depuis 50 kilogrammes jusqu'à 200 tonnes de force. Ces treuils sont à deux vitesses.

Grâce aux perfectionnements continuels et à la bonne exécution des appareils système Bernier, ils ont pu recevoir de nombreuses applications.

C'est ainsi qu'en dehors des grands travaux de construction de Paris et de la province, où ces appareils fonctionnent à bras ou à vapeur, ils ont été appliqués par l'Artillerie au montage des canons ; par le Génie militaire, à la construction des forts ; par la direction du Grand-Opéra de Paris, à l'ascension des décors ; pour les carrières, à l'extraction de la pierre, etc., etc.

Enfin on peut dire que ces treuils ont contribué pour une large part à la promptitude d'exécution des différents édifices et des constructions qui ont embelli Paris depuis un certain nombre d'années. Les planches 9—10 indiquent en outre du treuil Bernier, un chariot roulant de 6000 kg. construit par la maison et une grue gerbeuse, ainsi que le treuil le plus employé.

---

## SONNETTE A VAPEUR

de la Maison Decout-Lacour, à La Rochelle

*Sonnette à vapeur.* — Parmi les appareils de levage intéressants à étudier et qui rendent de grands services dans les travaux publics on peut citer les sonnettes à vapeur. Autrefois on se servait de machines à bras pour le battage des pieux. Ce procédé, outre sa lenteur et son prix élevé ne pouvait convenir quand on se trouvait en présence de difficultés de terrain. On a donc été conduit à remplacer les sonnettes à tirandes et celles à déclit marchant à bras par des sonnettes à vapeur. Presque toutes les applications de ce genre comportent une locomobile qui agit sur un treuil de relevage du mouton.

Un grand nombre de dispositions ont été imaginées pour appliquer aux sonnettes ordinaires l'action d'un moteur mécanique.

Un des premiers brevets fut pris en 1853 par M. J. Bower en Angleterre. Ce système ne présente rien de particulier, le mouton était soulevé par des taquets fixés sur une chaîne sans fin qui s'enroulait sur un treuil de rotation.

M. Janvier, ingénieur des ponts et chaussées avait imaginé une disposition plus simple. Les détails de ce système ont été donnés par les *Annales des ponts et chaussées*.

La maison Decout-Lacour de la Rochelle imaginait en 1857 une sonnette à vapeur qui était soulevée par un fort câble. Ce dernier prenait le mouton, passait sur la poulie de la sonnette puis allait s'enrouler sur un tambour de treuil à trois reprises. Son extrémité était fixée aux clefs du mouton.

Le tambour qui avait un diamètre de 0<sup>m</sup>,80 n'opérait qu'une révolution par coup de mouton. On arrivait à frapper vite et à toute hauteur.

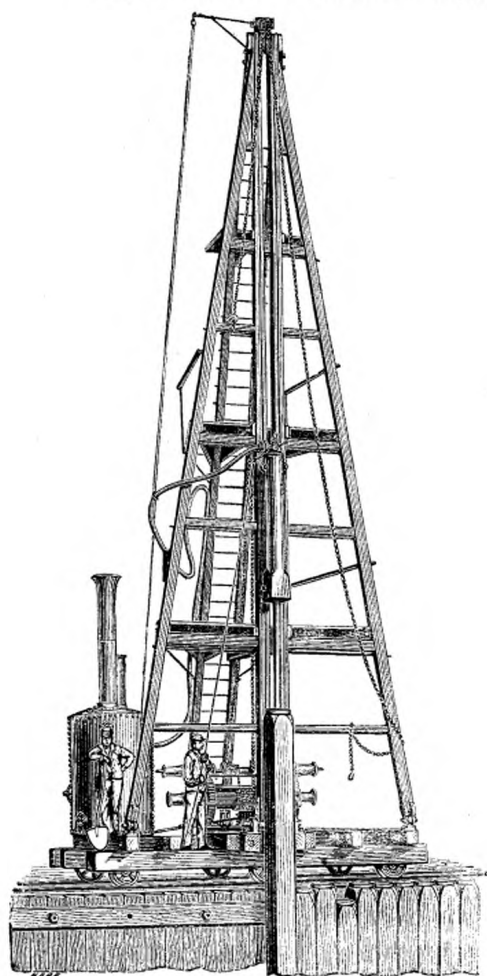


Fig. 23

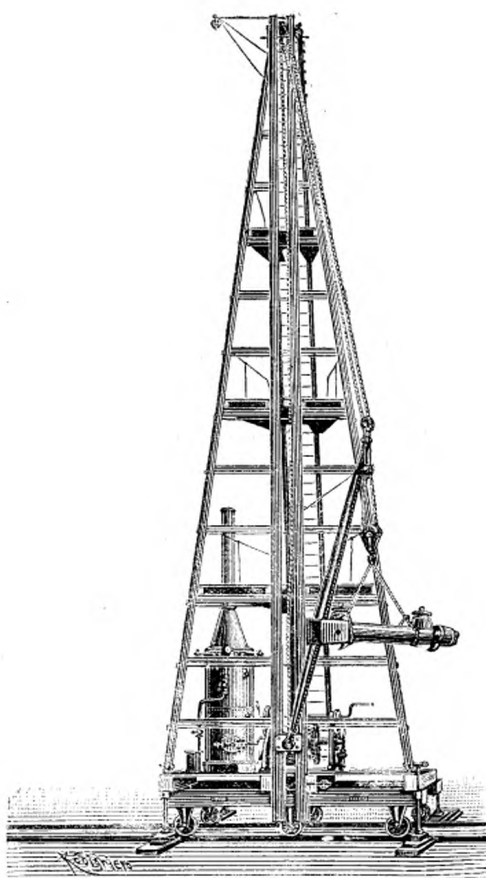


Fig. 24

Dans toutes les sonnettes à déclin le travail du moteur étant toujours intermittent, ils passaient par des ralentissements et des emportements à toute vitesse, le mouvement faisait osciller la sonnette des pieds à la base.

Dans le battage en bateau, la sonnette étant montée sur la lice du navire la tête de la sonnette, successivement déchargée, occasionnait des oscillations de plus en plus grandes qui forçaient à arrêter le battage pour rétablir la stabilité. Les pieux élargissaient leurs alvéoles et donnaient moins de résistance à l'unité de surface.

On était obligé de donner, dans des terrains résistants, des hauteurs de chute de 3, 4 et 5 mètres; les pieux se fendaient du haut en bas, le sabot s'arrachait ou on risquait le champignonnage du pied.

Le dernier inconvénient est d'autant plus grave qu'il arrivait souvent qu'on continuait le travail d'enfoncement croyant pénétrer le terrain quand en réalité le pied s'écartelait sur le rocher, ne présentant plus aucune résistance au choc du mouton.

Quelquefois un pieu, dans sa descente rencontre un bois enfoui, il est abandonné comme au refus. L'obstacle peut être déplacé par un second pieu, le premier reste sans assise et peut ainsi s'enfoncer sous la charge qu'il supporte.

Le problème à résoudre consistait donc à faire un appareil pouvant battre à petits coups lourds et vifs. Les sonnettes à déclic les plus rapides ne battaient que quatorze coups par minute, elles ne pouvaient servir utilement à enfoncer le pieu qu'autant que le mouton effectuait une grande chute.

M. Nasmyth, un des premiers se servait du pilon à vapeur qu'il avait inventé pour faire une sonnette battant à grande vitesse avec un fort poids et une petite course. L'appareil qu'il employait était un vrai pilon de forge avec cylindre à vapeur. La frappe était attachée à la tige du piston.

On se servit de ce système au viaduc de Tarascon, sur le Rhône, les résultats furent très importants, les pieux traversaient des couches de gravier de plus de 5 mètres d'épaisseur. Cette sonnette battait un pieu en une heure. Le poids de la frappe était de 1 500 kilogrammes sous une chute de 0<sup>m</sup>,93. Il fallait frapper 1 500 coups environ pour un pieu de 9 mètres de fiche.

Si ce système n'a plus prévalu sur les travaux, malgré son incontestable supériorité, c'est que le prix élevé comparativement aux sonnettes à déclic grève trop les travaux de battage.

Le mouton balistique, actionné par la poudre qu'on a essayé d'employer, doit plutôt être considéré comme un appareil scientifique que comme un outil pratique et sérieux.

C'est donc l'écart considérable entre les machines à pilon et les machines à déclic, qui malgré la rapidité de travail des premières était l'obstacle principal.

Le mouton automoteur à vapeur système Lacour est venu avantageusement remplacer l'un et l'autre de ces deux systèmes.

Cet appareil se compose principalement d'un corps en fonte alésé intérieurement et formant cylindre à vapeur sur toute la hauteur. Dans l'intérieur de ce cylindre se meut un piston muni d'une tige en acier forgé



et faisant corps avec le piston. Au bas du mouton se trouve la masselotte de fonte servant de frappe. La tige de piston le traverse également avec un jeu de 3 à 4 millimètres suivant la dimension de cette tige dont la hauteur est déterminée par la course maximum du mouton. Le piston étant au bas de sa course se trouve surmonté d'un petit trou de 10 millimètres dans le corps du mouton. Cette ouverture sert d'avertisseur pour la position la plus haute du mouton ; elle sert également de purge. Dans le bas du corps et débouchant à l'intérieur se trouve une autre ouverture qui laisse pénétrer l'air dans le corps du mouton au moment de sa chute et le laisse échapper pendant l'opération de la montée. Cette rentrée d'air est augmentée encore par la section du jeu autour de la tige et par petit trou.

Le haut du mouton est fermé par un cercle muni d'un robinet à trois orifices dont l'un est mis en communication avec la conduite de vapeur et les deux autres avec l'atmosphère et avec l'intérieur du cylindre. La tige et le piston sont maintenus dans le cylindre par une vis.

La manœuvre est facile à saisir d'après cette description : pour lever le mouton, on fait arriver la vapeur par le robinet à trois voies dans l'intérieur du cylindre et au haut du piston. Cette opération doit être faite lentement quand on commence le travail et que l'appareil est froid, pour éviter les condensations brusques. La vapeur agissant sur le piston, dont la tige repose sur le bout du pieu, soulève le corps en fonte jusqu'à ce que la vapeur s'échappe par l'avertisseur du bas, ce qui n'a lieu qu'autant qu'il a effectué le maximum de sa course. A ce moment, on met l'intérieur du corps cylindrique en communication avec l'atmosphère en tournant la clef du robinet de manœuvre *g*, l'introduction se ferme la vapeur s'échappe librement et le mouton retombe sur le frein.

Le mouvement peut être produit automatiquement par chaînette et contre-poids et on arrive par ce moyen à frapper 80 à 100 coups à la minute. L'expérience a toutefois démontré que la manœuvre à la main par un cordon était préférable, puisqu'elle permet de donner les courses variables jugées propres à l'enfoncement graduel du pieu. Cette manœuvre à la main donne jusqu'à 50 coups à la minute.

Ce mouton étant monté sur une sonnette dont la construction ne laisse rien à désirer, est un des appareils les plus perfectionnés que l'on connaisse pour le battage des pieux. Sur la sonnette Lacour est installé un treuil qui sert à mettre les pieux au levage et disposer le mouton sur ces derniers. Un second treuil pour faire mouvoir la sonnette sur ses rails complète l'installation. La vapeur arrive de la chaudière au mouton par un tube en caoutchouc, spécialement fabriqué à cet effet (fig. 23 et 24).

---



## COMPAGNIE DE FIVES-LILLE

Parmi les grandes maisons de construction qui ont exécuté des travaux remarquables en ce qui concerne les appareils de levage, il faut signaler en première ligne la Compagnie de Fives-Lille. Cette puissante Société fondée en 1861, par MM. Parent et Schaken, emploie actuellement plus de 2 000 ouvriers. Ses ateliers occupent une surface d'environ 10 hectares  $1/2$ , dont 5 hectares  $1/2$  en bâtiments couverts, et ils utilisent une force motrice de plus de 700 chevaux.

Parmi les appareils de levage les plus importants construits par la Compagnie de Fives-Lille, figure la grande bigue de 120 tonnes, installée au port de Marseille, et dont on pouvait voir une réduction au  $\frac{1}{25}$  au Palais des Machines.

Cette bigue fait partie de l'outillage hydraulique que la Chambre de Commerce de Marseille a été autorisée, par décret du 7 juillet 1883, à installer sur le quai de rive et des môles du bassin de la Gare maritime et du bassin National.

Cet important appareil avec l'installation des engins qui devaient composer son outillage, les machines, les conduits et appareils de toutes sortes nécessaires à son fonctionnement, a été confié à la Compagnie de Fives-Lille, à la suite d'un concours en août 1883, pour la somme totale de 1 420 000 francs.

Le programme avait été rédigé par M. A. Guérard, ingénieur des Ponts et Chaussées, et approuvé par la Chambre de Commerce.

Nous décrivons spécialement ici l'appareil de levage proprement dit, c'est-à-dire la bigue à triple puissance qui constitue un progrès considérable pour ce genre d'appareils.

Le programme imposé stipulait que la bigue de 120 tonnes sera disposée de manière à pouvoir prendre la charge dans un navire bord à quai, et la placer sur un wagon ou sur un chariot près de l'arête du quai. La tête de la bigue devra pouvoir avancer de 9 mètres au-delà de l'alignement du mur du quai et reculer de 5 mètres en arrière.

« Elle aura une hauteur telle que la charge puisse être élevée à plus de 7 mètres au-dessus du niveau du quai.

« Elle devra fonctionner à volonté à la puissance de 25, 75 et 120 tonnes avec une dépense d'eau proportionnelle.

« Elle comportera, comme organe accessoire, un cabestan destiné à amener les chariots et les wagons chargés à l'aplomb de la bigue et à les en écarter. »

Pour mieux faire comprendre les progrès réalisés dans la bigue de la Compagnie de Fives-Lille, donnons d'abord un aperçu sommaire sur les engins de

cette espèce actuellement en service dans les autres ports de France et de l'étranger.

Jusqu'en ces derniers temps, on n'employait guère que des appareils de levage composés de deux trucs fixes, écartés du pied et réunis au sommet d'un triangle établis sur le bord des quais. L'inclinaison permettait de décharger les plus grands navires. Elles étaient maintenues dans une position invariable par des tirants ancrés dans des massifs de maçonnerie, reliés transversalement pour s'opposer aux flexions latérales.

Le mécanisme de levage consistait simplement dans des palans fixés au haut de la bigne. Les treuils et les cabestans qui agissaient sur ces palans étaient mûs à bras.

Pour amener le fardeau sur le quai, on était obligé de tirer obliquement au moyen d'autres palans. Cette opération devenait très défectueuse, puisque la charge devait être tirée de plus en plus oblique, à mesure qu'elle s'avancait horizontalement.

Avec ces appareils qui ne pouvaient dépasser une puissance de 40 tonnes, on était obligé d'employer un grand nombre d'hommes. Le transbordement des grosses pièces d'artillerie des cuirassés et des chaudières marines, a conduit à l'emploi d'appareils très puissants actionnés par la vapeur ou par la force hydraulique.

Dans les vingt dernières années, on a construit les appareils de Toulon et d'Anvers, ainsi que ceux de la Spezzia et de la fonderie de canons d'Elswick.

Comme on le voit par la figure 25, l'appareil de Toulon, construit en 1867 par la Compagnie de Fives-Lille, est composé de deux paires de bigues parallèles écartées à leur base et reliées à leur sommet par une traverse longitudinale sur laquelle roule le chariot de translation de la charge. Deux treuils à vapeur à vis sans fin, assurent l'un la levée, l'autre le déplacement. La puissance maximum est de 50 tonnes avec une machine à vapeur de 30 chevaux.

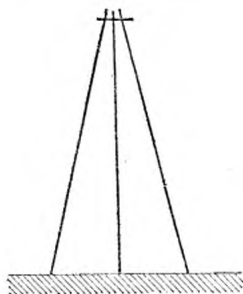


Fig. 25.

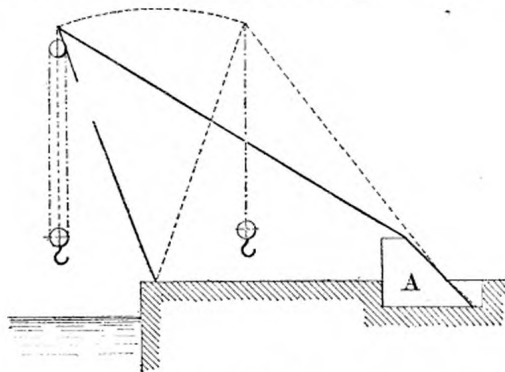


Fig. 26

L'appareil de déchargement d'Anvers (fig. 26), construit en 1878 par la

Société Cokerill, de Seraing, comporte un système oscillant composé de deux bigues à l'avant et d'une bielle à l'arrière, le tout réuni par un axe en acier au bout de l'appareil.

Les bigues oscillent autour de deux supports scellés dans le mur du quai. Ce mouvement est obtenu par une machine hydraulique à trois cylindres qui actionne une traverse à écrou sur laquelle s'articule l'extrémité inférieure de la bielle.

Ce système employé aussi dans quelques ports anglais est assez simple, mais l'emploi des vis sans fin, donne lieu à des frottements considérables; en outre, on ne peut obtenir les accélérations de vitesse dont on a souvent besoin.

A la fonderie de canons d'Elswick, William Armstrong se sert d'un appareil identique (fig. 27) au précédent pour le mouvement de translation de la charge, cependant le système de levage est direct par un cylindre hydraulique suspendu à la volée et rotatif dans tous les sens. Le piston en montant soulève le fardeau par sa tige.

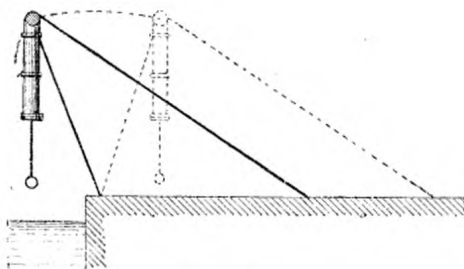


Fig. 27

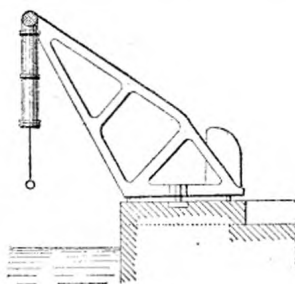


Fig. 28

La figure 28 représente l'appareil de levage de l'arsenal de la Spezzia. Le système de levage est analogue au précédent, mais le déplacement horizontal, s'effectue par une rotation de l'ensemble. Le mouvement s'obtient par une roue dentée fixée sur le couronnement de la tour et d'un piquet monté sur la charpente de la volée. La puissance de ces deux appareils est de 160 tonnes.

Le principal avantage du cylindre hydraulique sur le système funiculaire est de pouvoir utiliser la force motrice emmagasinée dans les accumulateurs et de réduire ainsi la durée des manœuvres, mais il faut aussi considérer que la suspension du cylindre par le haut n'est pas pratique et que les joints et les boulons de serrage tendent à s'allonger et peuvent donner lieu à des fuites.

Le plus grave inconvénient est celui d'une fuite dans la garniture du piston ou la conduite d'alimentation, dans ce cas, la charge descendrait et pourrait causer des avaries. Enfin les pertes dues aux frottements des vis dans leurs écrous et des cannelures dans les douilles de butée pour ramener la charge à bord par la traction sur la bielle, sont très préjudiciables.

Tenant compte de ces considérations, la Compagnie de Fives-Lille a étudié le nouveau type qu'elle a présenté à la Chambre de Commerce de Marseille et que nous allons décrire.

### DESCRIPTION GÉNÉRALE (Planches 11-12)

L'appareil est comme celui d'Anvers à trépied oscillant et à action directe pour la levée et pour l'oscillation.

Il se compose dans son ensemble :

1° De deux fortes bigues latérales en tôle constituant un trépied oscillant venant reposer sur le mur du quai. Une bielle attelée à sa partie inférieure sur la tête du piston d'une presse hydraulique, vient s'articuler au sommet des bigues et produit ainsi le mouvement d'oscillation du trépied.

2° D'une charpente en tôle ancrée dans un massif de maçonnerie destiné à la presse d'oscillation.

3° D'un cylindre hydraulique de levage suspendu à la tête du trépied.

4° D'un appareil multiplicateur automatique permettant d'augmenter la pression de régime de l'eau motrice, pour effectuer le levage de charges comprises entre 75 et 120 tonnes, et de réduire cette même pression, en augmentant le volume d'eau motrice, lorsqu'il s'agit de lever des charges inférieures à 25 tonnes.

5° D'un accumulateur contenant en réserve une grande partie de l'eau sous pression nécessaire à une opération.

6° D'un appareil funiculaire monté à la partie inférieure de la bielle du trépied et spécialement affecté aux manœuvres secondaires et au levage de charges ne dépassant pas 8 tonnes.

7° Et d'une plate-forme sur laquelle se tient le conducteur, de laquelle il peut aisément suivre toutes les opérations étant à proximité des appareils. Le cabestan, adjoint à l'appareil pour la manœuvre des wagons, est du système breveté par la Compagnie de Fives-Lille dont nous donnerons plus loin une description détaillée.

*Fondations.* — Le chevalet est fondé sur un premier massif placé sous la partie avant pour annuler la butée horizontale résultant de la traction de la bielle, ce massif se prolonge à 1 mètre au-delà de la traverse. La composante verticale est équilibrée par le poids du second massif de plus grande hauteur, placé en arrière sous le bâti.

Pour intéresser toute la masse de la maçonnerie, de forts boulons de fondation d'arrière traversent le massif dans toute son épaisseur et sont ancrés dans des fers à T disposés transversalement et longitudinalement.

Les supports formant pied des deux bigues sont noyés dans des pierres de

taille dont le parement affleure la tablette du quai. Ces pierres reposent sur deux massifs de maçonnerie dont la base repose sur le mur du quai de 4 mètres d'épaisseur formé de blocs artificiels.

Pour consolider les trois points d'appui du trépied d'oscillation qui doivent résister aux forces qui tendent à les déplacer, les chaises en fonte de la presse d'oscillation, la charpente en tôle, les supports de bigues sont reliés entre eux au moyen d'ancrages et de tirants en fer noyés dans le sol.

Le chevalet de la bigue est entouré par un bâtiment rectangulaire qui l'abrite contre les intempéries. Dans la toiture, on a ménagé une ouverture pour le passage de la bielle et de la chaîne de charge.

Pour ne pas fatiguer l'appareil quand le trépied est au repos, les deux bigues latérales sont placées verticalement, afin que le sommet se trouve à l'intérieur du mur du quai. Dans cette position, la baie dans la toiture est formée par un panneau mobile qui empêche la pluie de pénétrer dans l'intérieur du pavillon.

*Presse de levage.* — Les deux inconvénients, l'un de faire supporter aux joints un effort de traction, l'autre de ne posséder aucun frein qui permette d'arrêter la descente de la charge en cas d'accident survenu dans les joints du cylindre signalés plus haut pour les appareils de la Spezzia et d'Elswick, ont été évités par la Compagnie de Fives-Lille en apportant certaines modifications que nous allons décrire.

Pour parer au premier défaut, la suspension du cylindre ne se fait pas directement sur le sommet du trépied. Son fond inférieur en arcier forgé soumis à une réaction égale à la charge est fixé à deux tirants en acier (fig. 28), suspendus eux-mêmes au sommet de la bigue par un joint mobile dans tous les sens qui donne à l'ensemble une grande mobilité. Grâce à ce dispositif, les différents joints des tronçons de la presse, n'ont à transmettre aucun effort vertical et ne sont soumis ainsi à aucun choc pouvant être amenés par la manœuvre, chose susceptible d'altérer leur étanchéité.

Le cylindre n'est soumis qu'à la pression intérieure du liquide et ne participe en rien aux efforts verticaux qui sont transmis directement sur l'ossature de la bigue par l'intermédiaire des tirants.

Le piston intérieur est soumis à une pression moyenne de 50 kilogrammes par centimètre carré, correspondant à la levée d'une charge de 75 tonnes exigée par le programme. Le diamètre du cylindre ainsi tracé est de 0<sup>m</sup>,535.

Lorsqu'on doit soulever une charge de 120 tonnes la pression doit être augmentée, le diamètre de l'appareil étant invariable. On a recours dans ce cas à l'appareil multiplicateur que nous décrirons plus loin.

Si au contraire on manœuvre des charges de 25 à 75 tonnes, le même appareil réduit la pression proportionnellement.

L'épaisseur du cylindre est calculée pour l'effort maximum de 120 tonnes. Elle est de 120 millimètres.

Le dispositif suivant (pl. 11-12, fig. 4), permet d'arrêter à volonté la charge pendant la descente, en supposant qu'une fuite vienne à se produire. Un peu au-dessus du crochet est adoptée, sur la tige du piston, une forte traverse en fer forgé, sur laquelle sont fixées deux crémaillères à tiges parallèles en acier, placées d'équerre par rapport aux tirants que portent le fond de la presse.

Ces crémaillères, dont la longueur est la même que celle de la tige motrice du piston, sont maintenues verticales par des guides latéraux fixés sur la paroi extérieure de la presse.

A la partie inférieure du corps de la presse, sont articulées 2 chapes en acier qui entourent les crémaillères et peuvent s'engager librement dans les dents de ces dernières, enrayant immédiatement la descente de la charge en tous cas d'avaries.

Pour faire descendre la charge, on retire les chapes de manière à laisser passer librement les dents, ce qui n'exige d'ailleurs qu'un effort insignifiant.

*Presse d'oscillation.* — Cette presse, fixée sur un fort bâti en tôle et cornières est à action directe comme déjà indiqué. Le bâti est scellé sur un massif de maçonnerie placé dans l'axe du trépied.

La tige du piston porte à son extrémité une traverse avec un coulisseau, sur laquelle s'attellent la bielle du trépied et deux crémaillères avec leurs chapes en acier, d'une disposition identique à celle de la presse de levage et permettant, comme elles, de fixer le pied de la bielle en un point quelconque de sa course. Ce système permet de démonter le piston et la tige, sans avoir besoin de déplacer le pied de la bielle. En cas d'avaries aux garnitures ou à la conduite, ce pied est maintenu automatiquement dans une position fixe.

Le diamètre du cylindre est de 0,535 comme celui de la presse de levage.

La pression ordinaire de 50 kilogrammes dans la conduite, permet à l'appareil de déplacer la charge moyenne de 75 tonnes.

L'épaisseur de la fonte est de même de 120 millimètres.

*Appareil multiplicateur* (fig. 30). — Pour lever la charge de 25, 75, 120 tonnes en ne dépensant pour chaque cas qu'une quantité d'eau presque



Fig. 29

constante, il faut que la pression intérieure varie dans le même rapport que les charges et les résistances à vaincre. Le diamètre des cylindres de levée et d'os-

cillation ont été établis pour la puissance moyenne de 75 tonnes obtenue en faisant agir l'eau de la conduite sous la pression de 50 kilogrammes par centimètre carré.

Pour les puissances de 25 et 120 tonnes, on fait usage du multiplicateur automoteur, composé de 2 cylindres disposés bout à bout, reliés ensemble par des boulons-tirants et dans lesquels se meuvent un piston A et un piston B de diamètre différent.

Ces cylindres étant à simple effet, il faut, pour que le mouvement ascensionnel soit continu, avoir deux appareils semblables accouplés côte à côte. Lorsqu'on veut soulever la charge de 120 tonnes, l'eau à 50 kilogrammes arrive sur le piston A et le plongeur B refoule dans le cylindre de levée, l'eau motrice à une pression supérieure à 50 kilogrammes dans le rapport des deux sections des plongeurs (90 à 100 kilogrammes par centimètre carré). Par contre, si la charge à élever n'est que de 25 tonnes, l'eau à 50 kilogrammes actionne le plongeur B et c'est le plongeur A qui refoule l'eau dans le cylindre de levée à une pression beaucoup moindre (diminuée cette fois dans le rapport des 2 sections).

Le multiplicateur est muni de deux tiroirs, un pour chaque paire de cylindres qui fonctionnent alternativement, selon que la charge à élever est de 25 ou 120 tonnes.

L'allure des multiplicateurs peut être réglée au moyen de soupapes d'arrêt de manière à faire varier dans de larges limites le chemin parcouru par la charge. L'appareil fonctionne avec une régularité parfaite, sans chocs ni secousses.

En cas d'urgence la vitesse peut être portée à 0<sup>m</sup>,05 centimètres et même davantage, en disposant de la réserve d'eau sous pression, contenue dans les accumulateurs.

La charge parcourrait donc les 14 mètres de chemin maximum en 28 secondes. A cette vitesse la montée de la charge représente une force de  $\frac{120\,000 \times 0^m,05}{75}$   
= 80 chevaux mesurés en poids élevé.

*Appareil de levage des petites charges.*— Lorsqu'il s'agit de soulever de petites charges ne dépassant pas 8 tonnes, comme les chaînes d'élingage par exemple, de ramener les crochets et par suite le piston au haut de sa course ou encore pour démonter et remettre en place les organes du mécanisme qui auraient besoin de réparations, la bielle du trépied porte un appareil funiculaire de 8 tonnes de puissance à huit brins de chaîne et de 24 mètres de course.

Le crochet de cet appareil peut s'élever ou s'abaisser à volonté. Pour cela le point fixe de la moufle est mobile étant suspendu à une chaîne qui s'enroule autour d'un tambour de treuil.

*Tuyauterie.* — Dans le bâtiment qui sert d'abri au chevalet au-dessus du niveau du sol se trouve le tuyau renfermant l'eau sous pression nécessaire au

fonctionnement des presses. Ce tuyau est branché sur la conduite générale du quai, et est muni d'une vanne d'arrêt. Il en est de même pour la tuyauterie de retour.

*Plate-forme du conducteur.* — Une petite plate-forme avec garde-corps se trouve suspendue au bas du grand cylindre de levée, elle est destinée au conducteur qui, se trouvant toujours à l'aplomb de la charge, suit exactement toutes les phases de l'opération qu'il peut accélérer, ralentir ou arrêter à volonté si c'est nécessaire, au moyen d'une soupape de manœuvre placée au fond du cylindre à portée de la main.

On accède à la plate-forme du cylindre de levée par une passerelle avec garde-corps suspendu au trépied.

En haut du cylindre se trouve également une petite plate-forme pour la réfection du joint du piston à laquelle on procède après avoir ramené celui-ci au haut de sa course au moyen de l'appareil funiculaire de 8 tonnes.

Il n'est pas sans importance de remarquer que les joints étanches du piston et de la tige de la presse de levée peuvent s'exécuter facilement sans qu'il soit nécessaire de déplacer le corps de presse. Le cylindre porte un simple couvercle en tôle pour arrêter les poussières.

*Travail maximum adopté pour les pièces.* — Le travail maximum de tension est atteint par la bielle, lorsque la charge se trouve complètement en

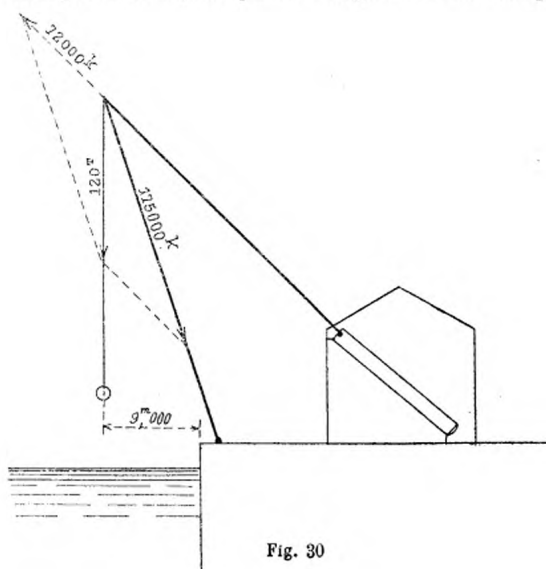


Fig. 30

avant du quai, à la distance de 9 mètres ; pour cette position la traction totale



sur la bielle est de 57 000 kilog., ce qui correspond à 4 k. 91 par millimètre carré de la section. La figure 30 montre la décomposition des forces pour une charge de 120 tonnes maximum.

La plus grande force de compression qui peut être effectuée sur la bielle latérale est de 25 000 kilog.

Elle a lieu au moment où la charge est à son plus grand degré d'amplitude en arrière du quai, c'est-à-dire à 5 mètres (fig. 31).

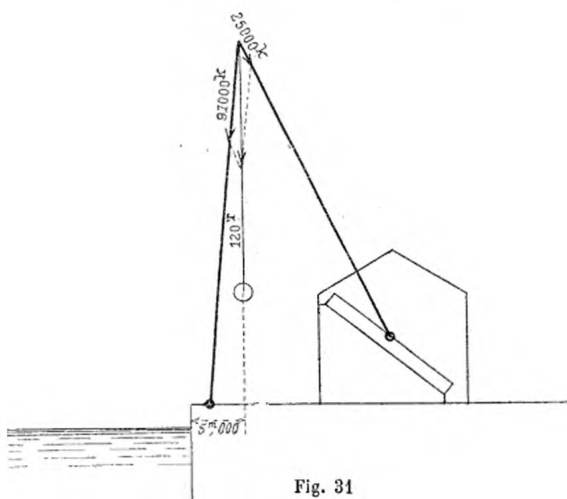


Fig. 31

Pour les deux bigues latérales, la compression maximum donne 5 k. 36 le chiffre est naturellement atteint pour la position donnée par la figure 30. A ce moment, la compression sur les bigues atteint 175 000 kilog., en ne tenant pas compte de l'écartement entre les pieds de bigue.

Toutes les pièces en acier forgé, tiges de piston, crémaillères des deux presses traverse supérieure, axes inférieurs des bigues latérales, travaillent au maximum à 8 kilogrammes par millimètre carré.

Pour les autres pièces, on a admis le coefficient de 5 kilogrammes.

Les presses de levage et d'oscillation supportent des pressions de 72 et 65 kilogrammes par centimètre carré pour la charge de 120 tonnes.

L'appareil a été essayé, le 8 août 1887, sous une charge de 140 tonnes et a parfaitement fonctionné.

*Conditions d'établissement.* — Les conditions principales d'établissement de la bigue sont les suivantes :

		PUISSANCE MAXIMUM. . . . .	120 tonnes
Amplitude du mouvement de translation de la charge.	{	En arrière du quai. . . . .	5 <sup>m</sup> ,00
		En avant. . . . .	9 ,00
		Totale. . . . .	14 <sup>m</sup> ,00
Hauteur d'élévation verticale de la charge.	{	Au-dessus du quai. . . . .	7 <sup>m</sup> ,00
		Au-dessous du quai. . . . .	7 ,00
		Totale. . . . .	14 <sup>m</sup> ,00

Distance entre l'axe d'oscillation inférieure des bigues latérales et le bord du quai. . . . .	1 <sup>m</sup> ,20
Écartement d'axe en axe des pieds des deux bigues latérales. . . .	11 ,00
Longueur des bigues latérales d'axe en axe des têtes. . . . .	33 ,70
Rayon d'oscillation de l'articulation supérieure des bigues. . . .	33 ,40
Longueur de la bielle d'axe en axe des têtes. . . . .	33 ,50
Diamètre du cylindre de levée. . . . .	0 ,535
Diamètre de la tige du piston. . . . .	0 ,190
Course du piston. . . . .	6 ,500
Diamètre du cylindre d'oscillation du trépied. . . . .	0 ,535
Diamètre de la tige du piston. . . . .	0 ,190
Course. . . . .	6 ,916

*Appareil multiplicateur ;*

Grand cylindre. {	Diamètre du plongeur. . . . .	0 ,335
	Course. . . . .	1 ,00
Petit cylindre. {	Diamètre du piston. . . . .	0 ,250
	Diamètre de la tige. . . . .	0 ,243
	Course. . . . .	1 ,00

Volume d'eau dépensé pour la levée de la charge maximum à la hauteur de  
14 mètres . . . . . 3<sup>m</sup>3,147

Prix de l'appareil y compris celui du bâtiment et des acces-  
soires. . . . . fr. 160 000

*Conclusion.* — La bigue à action directe, possède tout d'abord sur les appareils funiculaires, l'avantage de fournir un rendement mécanique bien supérieur. Pour les charges de 75 à 80 tonnes pour lesquelles n'intervient pas l'emploi du multiplicateur, le rendement en travail utile est d'au moins 90 % de celui de l'eau employée.

Dans les appareils du port d'Anvers, ce rendement n'est que de 25 %.

Les projets des divers môles ont été étudiés par M. Guérard, ingénieur en chef des Ponts et Chaussées et du port de Marseille. Les engins hydrauliques ont été étudiés par M. Bassère, ingénieur, chef du service de la Mécanique générale, à la Compagnie Fives-Lille, auquel revient la plus grande part de mérite qu'on peut, sans hésiter, allouer à cette installation.

## APPAREIL DE LEVAGE, système RAVELLI

Il fallait quelques recherches pour découvrir sur la berge du Champ de Mars, classe 52, groupe II, près le ponton de débarquement des bateaux du Louvre, l'intéressante exposition de M. J. Ravelli qui s'est fait remarquer par un treuil qui compte parmi les inventions vraiment nouvelles. Cet ingénieux appareil n'avait pas encore attiré beaucoup l'attention des Ingénieurs et constructeurs. M. Ravelli étant encore à chercher les formes et dimensions qu'il donnerait à ses types, mais le principe de l'appareil reste le même quoique depuis, avec l'habile aide de M. Ch. Giraud, mécanicien à Bourg (Ain) les treuils ont reçu leur sanction pratique et les perfectionnements mécaniques qu'ils comportaient.

M. Ravelli, qui est simple représentant de commerce, a eu l'ingénieuse idée de remplacer dans la vis sans fin le frottement de glissement par le frottement de roulement, tout en conservant au système, tous les avantages inhérents, tels que grande puissance avec peu d'organes, arrêt absolu à la montée et à la descente, donc neutralisation des manivelles (').

On sait que la vis sans fin est l'objet de nombreuses applications en mécanique et notamment dans la construction spéciale des appareils de levage, treuils, monte-charges, cabestans, etc., pour lesquels elle offre l'avantage de se prêter à des interruptions de mouvement et même à l'abandon des organes de commande, sans qu'il en résulte une marche rétrograde de l'appareil, qui se produirait avec les engrenages ordinaires et ceci sans aucun rochet ni cliquet ou autre cran d'arrêt automatique ou à la main. Mais la vis sans fin généralement employée, quoique de faible diamètre, présente des surfaces de frottement relativement considérables en contact avec les dents de la roue avec laquelle elle engrène. De là des pertes de travail fort importantes et une usure rapide des filets de la vis et de la denture de la roue engrenée.

Dans les vis à filet ordinaire, le rapport entre le pas de la vis et son diamètre reste généralement assez élevé quelle que soit la réduction du pas. Ce rapport étant en raison inverse de la puissance que l'action de la vis développe à la circonférence de la roue dentée, les constructeurs cherchaient à le rendre le plus faible possible. Pour cela il fallait ou diminuer le pas de la vis ou en augmenter le diamètre. C'est à la diminution du pas que les constructeurs avaient d'ordi-

1. M. Ch. Bourdon, avait eu déjà antérieurement la même idée, réalisée d'une façon analogue. La solution qu'il a donnée a été appliquée sur de grands appareils de levage et pour la traction mécanique.

naire recours, tandis que M. Ravelli a cherché à atteindre le même but en augmentant le diamètre de la vis.

Dans les deux cas il y avait augmentation de puissance, mais aussi augmentation de frottement, qui diminuait la valeur du rendement mécanique des appareils.

Mais ce qu'il y a de remarquable, cette augmentation du diamètre de la vis sans fin concorde admirablement avec le but poursuivi par M. Ravelli qui est de substituer le frottement de roulement à celui de glissement.

Théoriquement, le système de M. Ravelli consiste dans la commande *par une vis sans fin de grand diamètre* d'une roue dentée, dont les dents roulent au lieu de glisser sur les filets de la vis sans fin.

Nous rappellerons que l'hélicoïdal Ravelli à échappement est un cylindre, sur le pourtour duquel sont implantées, selon la vitesse de rotation à transmettre, de une à six palettes hélicoïdales faiblement inclinées sur l'axe du cylindre ou noyau de vis. Ces palettes hélicoïdales ou filets de vis, sauf le cas où il n'y en a qu'une et où elle suit alors une spire d'hélice complète, n'entourent pas comme les vis sans fin usuelles toute la circonférence du noyau de vis, ou, en d'autres termes, ne comprennent pas entre leurs deux extrémités une spire entière d'hélice ; chacune d'elle n'embrasse qu'une partie de la circonférence du cylindre qui les porte.

Si, par exemple ce cylindre est pourvu de trois palettes à échappement, à chaque tiers de tour, l'une d'elle abandonnera une dent de l'engrenage qu'elle entraîne, pendant que la suivante sera déjà en prise avec une autre dent. Ainsi il faudra un tour de l'hélicoïdal pour faire avancer de trois dents la roue menée, ce qui revient à dire qu'il y aura trois échappements par tour de l'hélicoïdal.

Quand on songe que dans les vis sans fin ordinaires la durée du fonctionnement est limitée et que ces organes peuvent arriver à gripper si l'on dépasse une limite de 10 minutes de marche, que de plus 1 mètre est la plus grande vitesse que l'on doive admettre dans ces appareils, on voit l'immense avantage que M. Ravelli retire de ses roues à échappement par hélicoïdal, dans lesquels le frottement de glissement est supprimé et remplacé par le roulement.

L'invention de M. Ravelli donne une grande simplicité aux appareils de levage, grâce à la suppression absolue de tout cran d'arrêt, de rochet, de cliquet, de frein de retenue, et cependant les accidents si fréquents provenant du retour de manivelles sont évités. L'ensemble est aussi plus compact. Ainsi un treuil appliqué de ce système, capable d'élever des charges de 3 000 kilogrammes peut, monté sur un bâti, tenir dans un cube de 0<sup>m</sup>,56 de côté.

La figure 32 représente l'appareil qui figura à l'Exposition universelle et qui avait été construit hâtivement plutôt dans un but de démonstration que comme appareil d'utilisation pratique.

Les lignes du dessin représentent fidèlement à une assez grande échelle le contour des divers organes et font apparaître avec une grande clarté la constitution de principe des appareils Ravelli.

C'est pourquoi nous reproduisons cette figure, bien que l'appareil qu'elle représente ne soit plus maintenant considéré, par M. Ravelli lui-même, comme une conception absolument pratique, susceptible d'utilisations fréquentes et faciles.

Cet appareil, construit forcément avec un peu de précipitation, avait été présenté comme treuil cabestan ayant une puissance de 100 tonnes.

L'estimation était certainement hyperbolique, mais elle s'explique aisément par l'enthousiasme de l'inventeur d'avoir résolu si complètement le problème de l'application de son système aux appareils de grande force.

Depuis, il a été créé un grand nombre de types de treuils et M. Ch. Giraud construit couramment aujourd'hui les appareils les plus divers et s'appliquant à tous les usages.

L'appareil le plus employé est sans contredit le treuil applique à noix (fig. 32) et le treuil applique à tambours (fig. 33).

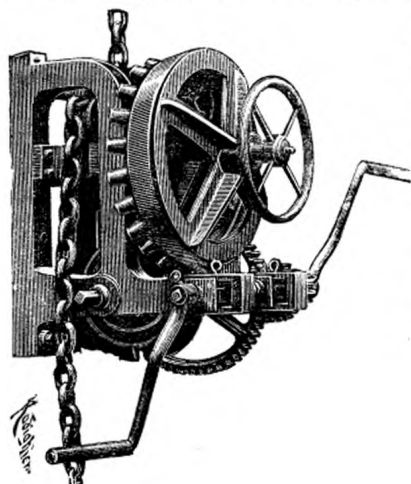


Fig. 32

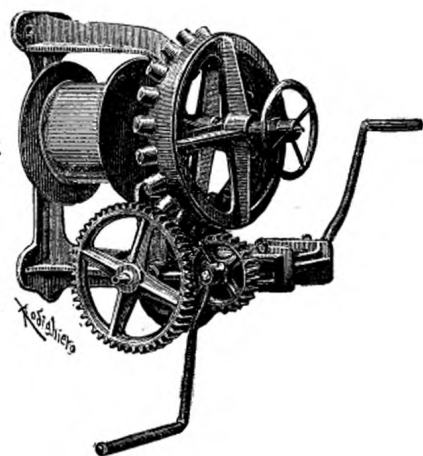


Fig. 33

La durée des dents roulantes peut être très grande, il suffit de leur donner des dimensions bien calculées et de les faire en métal bien choisi. L'entretien se réduit au graissage des tourillons des arbres qui portent la vis à palette ou hélicoïdale et la roue à galets et à celui des essieux des galets de la roue, pour faciliter ce graissage, on a ménagé dans l'épaisseur même de l'essieu de chaque galet un petit réservoir à graisse, qu'on ferme au moyen d'une vis après l'avoir rempli.

Il convient aussi de signaler la facilité de réparation que présentent ces engrenages dans le cas de la rupture d'une dent.

On conçoit que dans ces conditions on puisse faire marcher très facilement ces appareils au moteur.

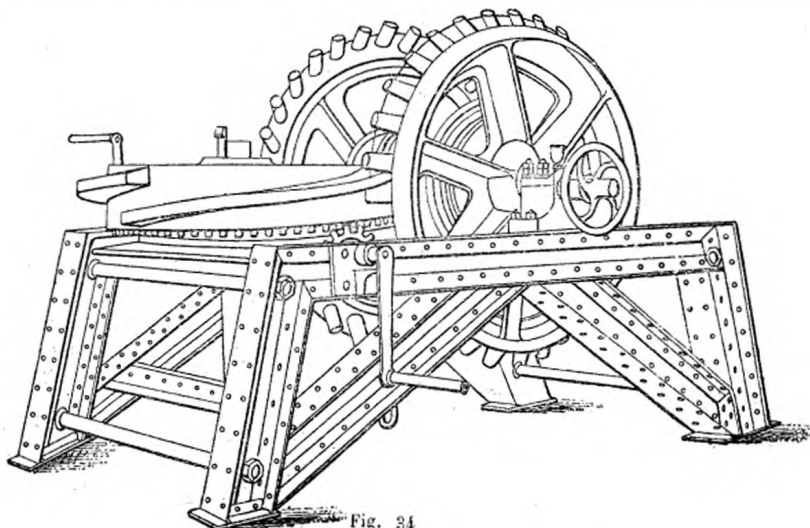


Fig. 34

La figure 34 indique le type exécuté dans ce cas.

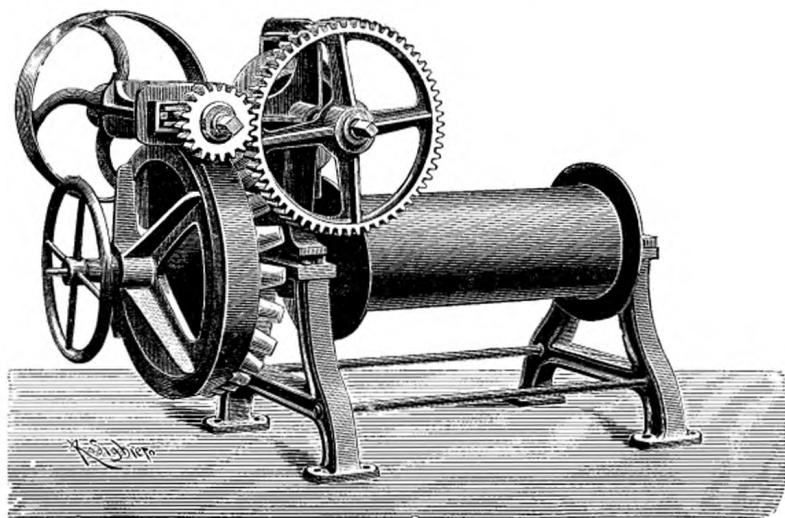


Fig. 35

La figure 35 représente un treuil à tambour en A, dit treuil à pattes avec noix et chaîne calibrée.

En résumé si nous comparons la transmission de mouvement réalisée par le système Ravelli, avec celle obtenue au moyen d'un ou plusieurs harnais de roues à dents droites, nous constatons la supériorité à tous égards des nouveaux engrenages d'après l'inventeur :

1° *Au point de vue du rendement*, puisque la perte de travail, dans le nouveau système, provient uniquement d'un frottement de roulement, alors que pour les engrenages droits ordinaires, il y a à la fois frottement de roulement et frottement de glissement.

2° *Au point de vue de la sécurité*, la vis, ou *hélicoïdal* Ravelli par le fait même de sa construction et du principe de la vis sans fin s'oppose à tout retour en arrière de la roue commandée, dès que la puissance cesse d'agir et quelle que soit la grandeur de la résistance. Au contraire dans l'engrènement des roues droites rien ne s'oppose à leur déroulement par la charge, et le mouvement de rotation en sens contraire est d'autant plus rapide que la charge est plus grande (ce qui nécessite des régulateurs de vitesse à la descente, dont un des plus remarquables est celui de M. Mégy). On emploie en tout cas pour empêcher le retour des manivelles des cliquets, rodets, freins ou autres engins, mais outre que ces divers mécanismes apportent alors dans la construction et la manœuvre une complication inévitable, ils ne remédient pas à tout danger, soit qu'ils viennent à se rompre, soit inadvertance ou maladresse dans leur emploi. Aussi les accidents avec les transmissions de mouvement à engrenages droits, les plus employées dans les divers appareils de levage sont assez fréquents.

3° *Au point de vue de la simplicité des manœuvres*. — Tous les crans d'arrêt, cliquets, freins étant supprimés et l'arrêt ferme et instantané des manivelles étant assuré, dès qu'on les abandonne à elles-mêmes aussi bien à la montée qu'à la descente des fardeaux, le maniement des engins du système Ravelli pourra être confié sans danger et sans apprentissage aux manœuvres les plus inexpérimentés.

4° *Au point de vue de la durée*. — Ce système d'engrenage où tout frottement de glissement est supprimé et où il n'y a jamais qu'une seule dent de la roue menée en prise avec la vis à palette hélicoïdale et où le contact de la dent se fait suivant une seule génératrice du galet tronc-conique est dans les conditions les plus favorables pour résister à l'usure et avoir une très longue durée. C'est ce qu'a du reste déjà confirmé l'expérience.

5° *Au point de vue des dimensions*. — Le treuil Ravelli est très ramassé très compact, il occupe un espace limité dans tous les sens. C'est un avantage en pratique, où l'on est parfois conduit, dans le choix d'une machine à considérer avant tout l'encombrement.

6° *Au point de vue de l'entretien*. — Le graissage se réduit à entretenir le tourillon des arbres qui porte la vis à palette ou hélicoïdal, et la roue à galets, ainsi que les fuseaux de cette roue. Par suite d'une ingénieuse disposition, ce



graissage ne demande à être renouvelé qu'à de longs intervalles. Pour cela, dans l'épaisseur même de l'essieu de chaque galet, est ménagé un petit réservoir à graisse, que l'on ferme après l'avoir rempli, au moyen d'une vis.

7° *Au point de vue des réparations.* — Dans tout système de transmission de mouvement par engrenages, c'est toujours la denture qui, formant la partie travaillante, fatigue davantage et est la plus exposée à une détérioration plus ou moins rapide. Si dans un engrenage ordinaire on casse une seule dent il faut remplacer la roue entière. Dans le système Ravelli, la rupture d'une dent entraîne simplement son remplacement, puisque chaque galet est fixé à la partie de la roue par un boulon formant essieu. D'ailleurs, cet accident n'est pas à craindre, car M. Giraud fait travailler la matière à une faible fraction de la rupture à la section d'encastrement.

Pour finir, nous donnerons les résultats d'une série d'expériences exécutées par M. de Mortillet, ingénieur des Arts et Manufactures à l'usine de M. Ch. Giraud sur un treuil Ravelli à noix de la puissance de 6 000 kilogrammes.

Un homme seul, d'une force moyenne, agissant sur l'une des manivelles a levé un poids de 1 000 kilogrammes suspendu au bout libre de la chaîne non mouflée du treuil, avec une vitesse ascensionnelle de 590 millimètres par minute, soit un travail utile de 9,83 kilogrammètres par seconde. Le même a levé, avec la chaîne mouflée du treuil un poids de 5 100 kg. à la vitesse ascensionnelle de 86 millimètres par minute, soit un travail utile de 7,32 kilogrammètres par seconde. Ces résultats prouvent que le système en question convient bien pour les appareils à main de grande puissance.

Malheureusement on ne peut tirer des conclusions bien déterminées sur la valeur du frottement dans ce cas, la puissance exercée par un homme pouvant varier de 10 à 15 kilogrammètres par seconde. Il serait intéressant de voir appliquer dans ce cas un dynamomètre qui inscrirait très exactement la force employée sur la manivelle. Connaissant la hauteur de levée et la charge il serait facile dans ce cas de déduire la proportion pour laquelle le frottement entre en compte dans ces appareils.

Dans la première expérience constatée par M. de Mortillet, en comptant sur un travail moyen théorique de 12 kilogrammètres pour un homme, nous aurions comme force absorbée par les frottements et par suite comme perte sèche de

$$\frac{(12 - 9,83)}{12} = 0,18 \text{ du travail théorique, soit } 18 \%$$

Dans bien des appareils de levage ce coefficient va jusqu'à 30 et même 40 %.

On sait qu'en marche normale une manivelle mue à bras d'homme, ne fait guère plus de 40 révolutions par minute. La roue à galets du treuil Ravelli ayant en général 20 dents, et avançant à chaque tour de l'hélicoïdal, seulement de l'intervalle compris entre les axes de deux dents consécutives, c'est-à-dire de



$\frac{1}{20}$  de tour, il faudra 20 tours de l'hélicoïdal pour faire accomplir une révolution entière à la roue à galets qui ferait 2 tours par minute. Certaines applications exigent des vitesses plus grandes. Pour obtenir ce résultat sans donner au tambour du treuil un diamètre excessif on a adapté à l'appareil un certain nombre de roues d'engrenages à dents droites, interchangeables à volonté et en un instant, même pendant la levée ou descente d'une charge, et permettant d'augmenter ou de réduire, selon les besoins, la vitesse de rotation de l'hélicoïdal. Pour faire varier celle-ci, il suffit de transporter les manivelles sur l'arbre, parallèle à la vis sans fin, qui porte la série d'engrenages droits ordinaires, et d'agir sur l'hélicoïdal, non plus directement, mais par l'intermédiaire de l'une des paires de roues à dents droites.

Comme du reste l'hélicoïdal peut sans inconvénient et sans échauffement effectuer jusqu'à 300 tours par minute, on voit que la vitesse de rotation de la noix ou du tambour du treuil peut aller jusqu'à 15 tours par minute, et que l'on parvient ainsi à obtenir des vitesses ascensionnelles satisfaisant aux exigences de la pratique.

La descente des fardeaux s'effectue avec la plus grande sécurité, aussi bien à la main qu'au moteur. D'après M. de Mortillet, un homme seul, de force moyenne, agissant sur l'une des manivelles, a descendu facilement, suivant la verticale, une charge de 5 100 kilogrammes à la vitesse de 670 millimètres par minute ; une charge de 2 800 kilogrammes à la vitesse de 1.164 millimètres par minute ; et enfin une charge de 1 000 kilogrammes à la vitesse de 2<sup>m</sup>,15 par minute. Dans les deux premiers cas, la chaîne était moufflée ; elle ne l'était pas dans le troisième.

Ces dernières expériences sont remarquables par l'immobilisation complète instantanée, à ces vitesses relativement considérables, de la charge et des manivelles, dès qu'on lâchait ces dernières.

L'inventeur a muni son treuil d'un moyen d'accélérer pour la descente des agrès à vide, la vitesse obtenue en agissant seulement sur les manivelles. Dans ce but, la jante de la roue à galets est alésée en forme de tronc de cône et dans cet évidement vient s'emboîter un cône de friction, qui peut avancer ou reculer sur l'arbre du tambour ou de la noix du treuil, mais non pas tourner autour de cet arbre. Le mouvement d'avancement ou de recul est déterminé par une tige, filetée à une de ses extrémités, qui passe dans l'intérieur évidé de l'arbre du treuil et reste solidaire du cône de friction, et par un petit volant dont le moyeu forme écrou sur la tige filetée. En faisant tourner le volant à la main dans un sens ou dans l'autre, on rapproche ou l'on éloigne le cône de friction de la portée conique de la roue à galets. Dans le second cas, l'engrenage devient fou sur l'arbre du treuil qui peut alors tourner librement sous l'action du poids des agrès, ce qui permet leur déroulement à grande vitesse, indépendamment des

manivelles qui continuent à rester immobiles. Quelques tours de volant suffisent par ramener le cône de friction au contact de la roue à fuseaux qui dès lors fait de nouveaux corps avec l'arbre du treuil.

Grâce aux efforts persévérants de M. Ravelli et de son habile constructeur, M. Ch. Giraud, pénétré dès l'origine de la vérité de la conception de l'inventeur, ce dernier construit aujourd'hui couramment des appareils qui ne laissent plus de place à la critique. Ce constructeur a exécuté tout spécialement un truc outil d'atelier, pour assurer le tracé et l'exécution rapide des coupes exactes des hélicoïdaux, avec échappements légèrement torsadoïdes, combinés avec l'accès, l'angle oblique des fuseaux roulants de l'engrenage même.

Il y a là un véritable tour de force d'exécution mécanique à grande structure on peut aisément apprécier la difficulté vaincue ; il en résulte une courbure classique des hélicoïdaux, d'une absolue précision, sans aucune retouche ni rodage quelconque, un remarquable fonctionnement ou roulement des fuseaux sur les nervures hélicoïdales à échappement.

Disons pour terminer que parmi les clients de la maison Giraud pour appareils de levage système Ravelli figurent de grandes Sociétés industrielles comme celles du Creusot et des forges et chantiers de la Méditerranée ; on sera convaincu que l'invention est réellement entrée dans le domaine de la pratique et que l'expérience a consacré les avantages de ce système d'appareils.

---

## APPAREILS HYDRAULIQUES DE LA GARE SAINT-LAZARE

---

### Grue fixe à pivot tournant et à double puissance de 3000 et 5000 kilogs.

Pour terminer la série des travaux remarquables exécutés par la Compagnie de Fives-Lille nous donnerons la description d'un des appareils les plus importants installés pour la manutention des marchandises à la nouvelle gare des messageries à Paris Saint-Lazare.

L'installation des appareils hydrauliques comprend des machines de compression, accumulateurs, monte-wagons, cabestans, grues de 3 000 à 5 000 kilogrammes, grue de 1 500 kilogrammes, plan incliné, etc.

Nous décrirons la grue à double puissance de 3 000 et 5 000 kilogrammes qui nous a semblé être l'appareil remplissant le mieux les conditions difficiles du problème qu'on s'était imposé.

Cette grue se compose de quatre parties essentielles.

- 1° *Le pivot avec la flèche et les tirants* ;
- 2° *L'appareil d'élévation et de descente de la charge* ;
- 3° *L'appareil d'orientation* ;
- 4° *Le cuvelage et le socle*.

1° *Pivot, flèche et tirants*. — Le pivot se compose principalement de deux poutres en double T formées de tôles et cornières (fig. 7 et 8, pl. 83-84) avec double plate-bandes reliées à leur partie supérieure par une entretoise en fonte formant croisillon et à leur partie inférieure par le tambour E (fig. 8-9, pl. 83-84), des chaînes d'orientation servant en même temps d'entretoise et se terminant à la partie inférieure par un tourillon garni d'une rondelle en acier appuyant sur une rondelle de même métal logée au fond de la crapaudine fixée sur le cuvelage.

Le pivot est appuyé vers le milieu de sa hauteur par quatre galets roulant contre la couronne A en fonte fixée à l'extrémité du châssis en tôle formant socle. Trois de ces galets sont en fonte de 0<sup>m</sup>,150 de diamètre ne supportant pas un effort considérable, le quatrième placé au-dessous et dans le plan de la flèche, doit résister à tout l'effort provenant du poids de la charge par la portée de la grue. Il est en acier et a un diamètre de 0<sup>m</sup>,350.

La *flèche* est composée de deux poutrelles en tôle et cornières de 250 millimètres de hauteur reliées sur toute leur longueur par une entretoise C à âme pleine pour éviter le devers. Deux tirants en fer rond D la relient au pivot et sont eux-mêmes rapportés à leur point d'attache par deux contre-fiches en fer V de 145 et 60, de manière à former une véritable poutre armée.

2° *Appareil d'élévation de la charge*. — La chaîne de levage passe de la poulie de tête de la flèche H sur quatre autres poulies M L M' L' pour former un mouflage à quatre brins et est attachée à un point fixe K. Les deux poulies supérieures sont montées sur un même axe solidaire de la tête de piston, les deux autres poulies de renvoi sont supportées par deux flasques en tôle boulonnées sur deux oreilles venues de fonte avec le cylindre.

Le crochet de levage I est surmonté d'un émérillon qui porte un contrepoids sphérique J assez pesant et destiné à tendre la chaîne pour faire descendre le crochet jusqu'au sol lorsque le cylindre de la presse est en communication avec la conduite de retour d'eau.

Le cylindre est en fonte de 50 millimètres d'épaisseur, il est alisé sur toute sa hauteur au diamètre de 280 millimètres. Des brides verticales le tiennent attaché aux pièces du pivot. A sa partie inférieure une bride circulaire avec un joint en gutta percha se trouve boulonnée avec le fond. La partie supérieure est terminée par un couvercle avec presse-étoupe à bride carrée et garniture en bronze.

Le piston N est creux en fonte de 25 millimètres d'épaisseur, il est muni à

sa partie inférieure d'un presse-étoupe fixé au moyen de six prisonniers et d'une pièce en fer pour limiter la course par sa butée sur la bride inférieure du cylindre. Trois vis de réglage empêchent la pression de l'eau agissant sur la partie mobile du presse-étoupe de comprimer l'étoupe et de fatiguer la garniture. Le piston est évidé dans sa partie au-dessus de la garniture où il est tourné à 230 millimètres.

Les figures 14 et 15 des planches 83-84 montrent l'*appareil de manœuvre et de distribution* servant à mettre en mouvement le piston d'élévation au moyen de deux leviers W qui commandent les quatre soupapes montées sur une boîte en fonte supportée par un socle boulonné sur le cuvelage.

Dans la position verticale ces leviers sont au point mort, c'est-à-dire tiennent les soupapes fermées.

La manœuvre d'un des leviers ouvre ou ferme la soupape d'introduction Q communiquant d'une part, avec la conduite de pression Q', d'autre part, avec la partie inférieure du cylindre par un tuyau G passant dans l'axe du pivot.

Le même levier sert aussi à manœuvrer la soupape d'échappement R de cette partie du cylindre; il ouvre l'une des soupapes en fermant l'autre au moyen d'une came double qui soulève l'un ou l'autre des leviers horizontaux à contre-poids fermant les soupapes lorsqu'elles ne sont pas manœuvrées.

La soupape S sert à l'introduction de l'eau comprimée dans l'espace annulaire de 25 millimètres de largeur compris entre la paroi du cylindre et le piston au-dessus de la garniture inférieure; l'autre R sert à l'évacuation de cette eau. Ces soupapes sont manœuvrées par un levier unique au moyen d'une came double, comme celles décrites ci-dessus. L'eau de l'espace annulaire passe dans le pivot par un tuyau extérieur F concentrique au tuyau débouchant dans le bas du cylindre. Q' est la soupape de choc de la presse d'élévation.

Pour faire fonctionner la grue et lever de petites charges égales ou inférieures à 3 000 kilogrammes on ouvre la soupape d'introduction Q ce qui donne une pression sous le piston de 5 000 kilogrammes agissant de bas en haut, puis on ouvre également la soupape S qui admet l'eau à la partie supérieure du piston, dans l'espace annulaire entre le piston et le cylindre, afin d'exercer une pression de 2 000 kilogrammes en sens inverse de la première. L'eau de l'espace annulaire se trouve refoulée quand le piston monte dans la conduite de pression.

Pour arrêter la charge à une hauteur déterminée, on ferme la soupape d'introduction sous le piston en ramenant le levier correspondant dans la position verticale.

Pour la descente, on met, par la manœuvre des deux leviers le haut et le bas du cylindre en communication avec la conduite d'évacuation de l'eau, après avoir préalablement fermé la soupape d'admission S de l'eau sous pression dans l'espace annulaire.

Pour les fortes charges comprises entre 3 000 et 5 000 kilogrammes, la sou-

pape T est ouverte, l'eau de l'espace annulaire est évacuée, puis on ouvre la soupape Q qui introduit la pression sous le piston. On profite ainsi de toute la surface de ce dernier. Pour arrêter l'ascension, on n'a qu'à fermer la soupape de pression.

Pour opérer la descente de fortes charges, on met la partie inférieure du cylindre en communication avec la conduite d'évacuation en ouvrant la soupape R. Dans ce cas, il faut avoir soin de maintenir ouverte la soupape T qui fait la communication de l'espace annulaire avec la conduite de retour pour qu'il ne se produise pas de vide partiel au-dessus du piston.

3° *Appareil d'orientation de la charge* (fig. 1 à 5, pl. 15-16). — L'appareil d'orientation est composé de deux cylindres horizontaux avec piston plongeur creux placés dans le cuvelage auquel ils sont fixés. Ils sont disposés de chaque côté du tambour, dans le prolongement des rainures en hélice, inclinés en sens contraire, de sorte qu'une chaîne s'enroule pendant que l'autre se déroule par le mouvement de rotation de la grue et du tambour E.

Dès que l'un des pistons, sous l'action de la pression a déroulé la chaîne qu'il commande, une disposition automatique de manœuvre du tiroir fait passer l'eau comprimée d'un cylindre à l'autre. La chaîne qui s'enroule refoule le piston au fond du cylindre communiquant avec la conduite de retour.

La tête de chaque piston est guidée par deux glissières en fer et celle du piston supérieur porte une oreille guidée par la tringle de commande automatique V du tiroir de distribution. Sur cette tringle sont fixés deux colliers de butée V' et V'' qui sont poussés alternativement à chaque extrémité de course par la crosse d'un piston et entraînent le tiroir de façon à mettre en communication avec la conduite sous pression le cylindre qui était en relation pendant le mouvement avec la conduite d'évacuation et inversement avec cette dernière le cylindre qui recevait l'eau comprimée.

*Tiroir.* — Quand la grue n'oriente pas, le tiroir de distribution est au milieu de sa course et son levier de manœuvre est vertical. Il est manœuvré au moyen d'une tringle inclinée, reliée au levier, et d'une petite manivelle sur l'axe de laquelle est calé un excentrique de 0<sup>m</sup>,030 de course. Le tiroir porte quatre orifices de 15 millimètres de diamètre, dont deux sont en communication avec les presses et un avec la conduite de retour d'eau, par les trois lumières de la glace en bronze; le quatrième débouche directement dans la boîte pour amener l'eau en pression qui est distribuée à l'un ou à l'autre des tuyaux allant aux presses d'orientation, quand l'orifice correspondant est découvert par le tiroir.

Lorsque le tiroir a été mis dans une de ses positions extrêmes, si on ne touche pas au levier, il y reste jusqu'à ce que la tête du piston vienne au contact de l'un des colliers entraînant la tringle de manœuvre automatique, qui conduit le tiroir dans la position opposée et renverse le sens de la rotation du pivot.

Pour éviter les à-coups qui pourraient se produire par suite de la contre-pression de l'eau de retour, provenant d'une descente trop brusque de la charge, une plaque fixée au tiroir porte quatre clapets de sûreté en cuir communiquant avec les orifices du tiroir, afin que, si la pression de l'eau de la conduite de retour devient prédominante, cette eau puisse s'introduire dans la conduite de pression par ces clapets tenus ordinairement fermés par l'eau comprimée.

4° *Cuvelage*. — *Socle*. — Le *cuvelage* est composé d'une caisse rectangulaire en tôle et cornières et assemblé avec les poutres du plancher de la gare supérieure. Une tôle striée le recouvre au niveau du quai formant un parquet amovible. Une caisse en tôle traverse le cuvelage dans toute sa longueur et porte la crapaudine et les appareils d'orientation.

Le *socle*, en forme de pyramide avec angles arrondis est également en tôle et cornières. Il est solidement rendu solidaire du cuvelage. A sa partie supérieure se trouve encastrée la couronne en fonte sur laquelle roulent les galets de centrage du pivot.

5° *Résultat des essais*. — Les essais faits après montage ont donné les résultats ci-dessous :

	3000 k.	5000 k.
Pression par centimètre carré en marche.	48 à 55 k.	48 à 55 k.
Vitesse d'ascension par seconde sous la charge normale . . . . .	0 <sup>m</sup> ,87	0 <sup>m</sup> ,514
Charge maximum pouvant être soulevée en marche continue . . . . .	3745 k.	5755 k.
Charge d'équilibre . . . . .	3880 »	5890 »
Durée d'une révolution sous chargement.	52 sec.	73 sec.

6° *Résumé*. — Cette grue hydraulique, bien étudiée et exécutée dans ses moindres détails, est un des plus beaux spécimens de l'application de la pression de l'eau aux appareils de levage, elle montre avec quelle facilité on peut se servir du système hydraulique pour produire tous les mouvements nécessaires au fonctionnement d'un appareil de levage. La solution du changement de puissance est très élégante. Le poids total de cet appareil est de 19 300 kilogrammes. Son prix est de 13 860 francs. Il fonctionne à l'entière satisfaction de la Compagnie des chemins de fer de l'Ouest.

## ASCENSEURS DE M. SAMAIN ET C<sup>ie</sup>

Les visiteurs de l'Exposition ont pu facilement remarquer dans les deux pieds droits de la porte principale du Palais des Machines et desservant la gale-

rie située à 8 mètres de hauteur, deux ascenseurs hydrauliques, installés par M. Samain.

Ces deux appareils ne différaient entre eux que par la disposition de la tige porte-cabine.

Dans l'ascenseur de droite, cette tige était rigide se mouvant dans un corps de pompe placé dans un puits, comme la plupart des ascenseurs hydrauliques.

Dans l'ascenseur de gauche, la tige était en deux parties mobiles, rentrant l'une dans l'autre à la manière d'une longue vue, ce qui a fait donner à cette disposition par M. Samain le nom de tige télescopique. Cette disposition supprime le forage d'un puits, puisque l'on peut profiter de la hauteur d'un sous-sol pour installer le cylindre porte-tige qui devient, dans ce cas, 3, 4 ou 5 fois plus court qu'avec l'ascenseur ordinaire. Des applications de ce genre ont été faites par M. Samain, à Paris, à l'ascenseur de l'annexe nord de l'Hôtel de Ville et à l'Hôtel du Rhin, place Vendôme. L'eau pénètre dans la tige jusqu'à la partie supérieure et il suffit, dans ce cas, de guider la cabine comme à l'ordinaire pour que le système de tubes, développé, soit en équilibre stable, et ne présente aucune tendance à fléchir.

Mais la partie la plus intéressante de ces deux appareils est le compensateur qui leur a été appliqué.

Pour réduire au minimum la dépense d'eau d'un ascenseur, il ne faut employer que la quantité d'eau correspondant au poids utile élevé et équilibrer par conséquent le poids mort qui se compose : 1° du poids de la cabine, 2° du poids de la tige porte-cabine. Ce dernier est variable selon que la tige est plus ou moins immergée (ou, puisque la tige est cylindrique, le pression de bas en haut sur la tige varie avec la position de la tige).

Le compensateur Samain, tel qu'il était installé réalisait cet équilibrage constant au moyen d'un contrepoids à action variable agissant sur un piston.

Il se composait d'un cylindre vertical fermé, en communication par le haut avec le corps de pompe de l'ascenseur, par le bas avec le distributeur qui le met en relation soit avec l'eau motrice (eau de la ville en pression), soit avec l'écoulement à l'égout. Dans ce cylindre peut se mouvoir un piston étanche. Le volume engendré par le piston est égal à celui de la tige de l'ascenseur. (Voir planche 17).

Entre le dessus de ce piston et la tige porte-cabine se trouve de l'eau emprisonnée qui est toujours la même. Lorsque le piston montera, sous la poussée de l'eau motrice, du bas en haut du cylindre, la tige porte-cabine montera du bas en haut de sa course. Sur le dessus du piston est attachée une large lame de cuivre qui traverse par une boîte à étoupe le fond supérieur du cylindre, s'enroule sur la demi-circonférence supérieure d'une poulie de fonte, et vient retomber verticalement de l'autre côté. A l'extrémité libre de la lame sont attachés des contrepoids dont l'action s'ajoute à celle de l'eau motrice pour soulever le piston.



C'est ce contrepoids, disposé convenablement qui sert à équilibrer le poids mort variable de la cabine et de sa tige. A cet effet, l'axe de l'arbre portant la poulie est excentré. Il résulte de là que les deux brins de la lame travaillent aux deux extrémités d'un levier du premier genre dont les bras varient en sens inverse suivant la position de la poulie, position qui est rendue solidaire de celle de la lame, par conséquent de celle du piston et de celle de la cabine.

Le diamètre de la poulie est calculé pour qu'elle fasse un demi-tour pour une course complète de l'ascenseur. *Au départ*, le petit bras est du côté des contrepoids; le grand bras du côté du piston. *A mi-course*, les deux bras sont égaux. *A l'arrivée*, le grand bras est du côté des contrepoids; le petit bras du côté du piston.

Pendant le mouvement, l'action des contrepoids sur le piston va donc en croissant d'un minimum à un maximum, au fur et à mesure que la tige porte-cabine sort du cylindre dans lequel elle plonge.

Par l'excentricité et les contrepoids on obtient ainsi des effets égaux à ceux de l'action variable des poids morts qu'il s'agit d'équilibrer.

Il est évident que l'action des poids morts sur les pistons est une fonction linéaire  $a + bx$  du chemin  $x$  parcouru par la cabine depuis le bas; tandis que l'action des contrepoids est une fonction trigonométrique assez compliquée de  $x$ . Ces fonctions n'ont même valeur qu'aux extrémités de la course: dans l'intervalle l'équilibrage n'est pas mathématiquement rigoureux. Mais si on détermine l'écart, soit par le calcul, soit par des procédés graphiques, on trouve que sa plus grande valeur est une simple fraction des résistances passives.

En calculant la courbe par points, il est évident que l'on pourrait donner à la poulie une forme telle que l'équilibrage en fût rigoureux en tous les points.

Mais l'approximation à laquelle on arrive avec la forme circulaire étant plus que suffisante en pratique, M. Samain n'a pas hésité à préférer cette forme simple, d'une exécution facile et d'un fonctionnement bien assuré.

Deux gros galets assurent la position des brins de la lame. La poulie devant toujours être tangente à ses deux brins verticaux; les paliers de son arbre peuvent se déplacer horizontalement en roulant sur des fuseaux d'acier.

Pour que la cabine fasse sa course complète, la quantité d'eau emprisonnée entre le piston et la tige porte-cabine doit rester constante, sinon la cabine ne ferait pas sa course. Pour réparer les petites fuites qui peuvent se produire, M. Samain assure la rentrée d'eau en pression par un clapet automateur dont il est l'inventeur, et que, du reste, d'autres constructeurs d'ascenseurs ont appliqué à leurs appareils avec son autorisation. A chaque descente, la cabine manœuvre d'elle-même ce clapet dont le jeu s'arrête lorsque les contrepoids sont remontés, par la rentrée d'eau à la hauteur normale.

Depuis quelque temps, M. Samain a encore perfectionné son compensateur en le rendant plus pratique. Il remplace la poulie à bras inégaux par un sys-



tème de contrepoids agissant sur un piston renfermé dans un cylindre et qui reçoit la pression de l'eau de la ville.

Ce nouveau compensateur à un piston est représenté par la figure ci-contre. Il est destiné à remplacer les chaînes et contrepoids précédemment cités. C'est un appareil auxiliaire se plaçant à proximité ou non de l'ascenseur à équilibrer, et qui communique avec lui par un tuyau servant à la libre circulation de la transmission hydraulique.

Le compensateur se compose d'un cylindre vertical fermé, en communication par le bas, avec le corps de pompe de l'ascenseur, par le haut, avec un distributeur qui met en communication, soit avec l'eau motrice (eau de la ville en pression), soit avec l'égout, dans ce cylindre peut se mouvoir un piston étanche.

Le volume engendré par le piston est égal à celui de la tige de l'ascenseur.

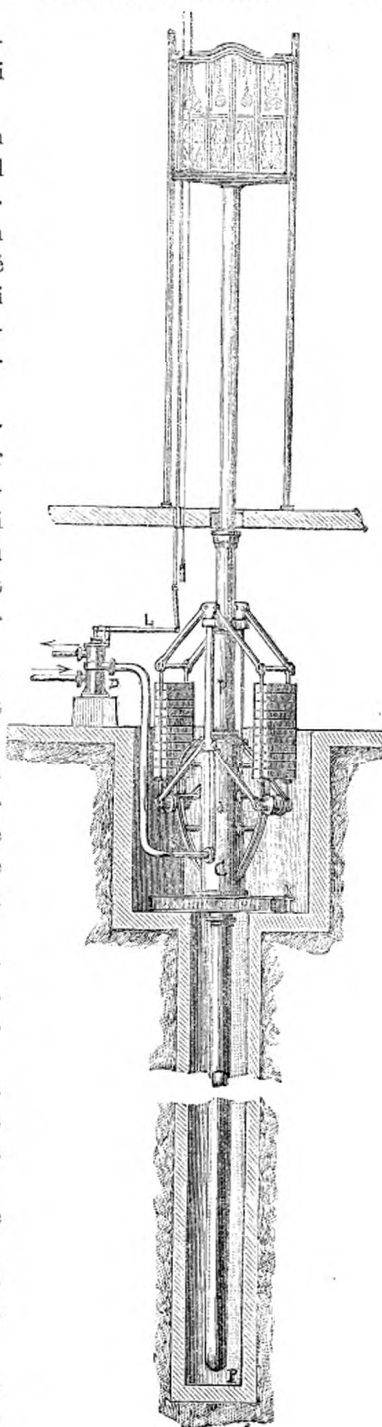
La pression exercée par le piston du compensateur est transmise à l'eau, *toujours la même*, qui remplit l'intervalle entre le dessous du piston et la tige de l'ascenseur qui par l'effet de cette pression effectue sa course.

La tige du piston traverse le fond supérieur du cylindre, et vient se relier à la masse métallique P par les bielles 1, 2 et les biellettes 3, 3.

L'axe d'articulation des bielles et des biellettes porte un rouleau qui guidera leur mouvement sur les chemins inclinés RR venus de fonte avec le cylindre.

L'action de la masse métallique sur le piston s'ajoute à la force motrice pour soulever l'ascenseur. C'est cette action dont on dispose, qui équilibre les poids morts de la cabine et de sa tige.

En effet : la force donnée aux guides RR en fait de véritables régulateurs de



vitesse qui infligent à la masse P les mouvements de descente ou de montée différentiels de ceux du piston.

Par une série de considérations théoriques qu'il serait trop long d'énumérer ici, on arrive à démontrer que, pour que l'équilibrage soit rigoureux, il faut que l'on observe la loi suivante :

*La descente du piston du compensateur s'opérant d'un mouvement uniforme, l'équilibrage des poids morts sera constamment rigoureux, si la descente du contrepoids est un mouvement uniformément accéléré.*

Dans les compensateurs construits jusqu'ici, M. Samain donne au contrepoids une course égale à la course du piston du compensateur. Ce choix, bien qu'il n'ait aucun caractère de nécessité, et qu'il semble y avoir intérêt, pour diminuer le plus possible la course, est amplement justifié par des considérations pratiques qu'il n'y a pas lieu d'exposer ici.

Avec cette disposition on voit de suite que le contrepoids a la valeur nécessaire pour équilibrer s'il agissait librement sur le piston, les poids morts à mi-course.

On peut en conclure immédiatement qu'à mi-course le contrepoids a même vitesse que le piston, c'est-à-dire qu'au milieu la rainure directrice RR a sa tangente verticale. De là, il suit que :

Dans la première moitié de la descente du piston, le contrepoids descendra moins vite que le piston.

Dans la deuxième moitié de la descente du piston, le contrepoids descendra plus vite que le piston.

La courbe directrice sera donc renflée au milieu et ses extrémités utiles sont sur la même verticale.

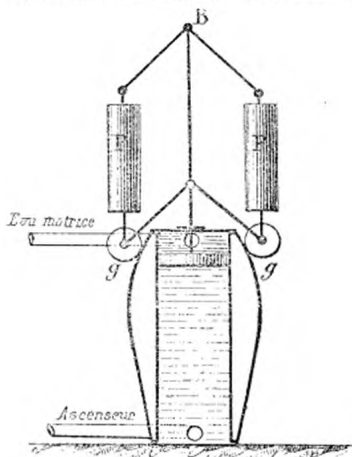
C'est donc en raison du poids de la masse métallique et de la forme des

guides que l'on équilibre *simultanément d'une façon régulière* les poids morts constants et variables de l'ascenseur en tous les points de sa course.

L'ensemble constitue ainsi une véritable balance hydraulique d'une sensibilité extrême et d'une très grande douceur de mouvement.

M. Samain, dans les applications, fait varier les dispositions de la liaison articulée entre le piston et le contrepoids. Mais c'est toujours le même principe et le tracé des courbes est fait au moyen des mêmes procédés.

Dans le dispositif dont le croquis sché-



matique est ci-contre, l'axe supérieur des biellettes B est fixé à la tige du piston et les contrepoids tirent sur les galets *gg*. La courbe des nervures directrices est du quatrième degré, mais elle n'est pas symétrique par rapport à l'horizontale de demi-course.

Du reste toutes ces courbes n'ont que peu de saillie et se prêtent parfaitement aux exigences de la pratique.

La planche 18 indique les dispositions industrielles des ascenseurs et compensateurs, système Samain, dont les avantages peuvent se résumer ainsi :

Le compensateur hydraulique Samain résout le grand et difficile problème de l'équilibrage parfait avec un seul piston.

Sa simplicité, sa puissance, le peu d'emplacement qu'il exige, la sécurité qu'il présente, sa surveillance nulle le rendent supérieur à tous les systèmes d'équilibrage connus.

C'est le seul équilibre simultanément et directement, d'une manière absolue, les poids morts constants et variables de la cabine et de la tige *dans toutes les positions* de la course de l'ascenseur.

Indépendamment de la grande économie d'eau qui en résulte, il produit la marche la plus douce et la régularité des mouvements est parfaite.

Ce nouveau compensateur s'applique avec la plus grande facilité aux ascenseurs existants et permet de supprimer les chaînes, poulies et contrepoids dont ils sont munis.

Ce compensateur permet aussi d'obtenir des vitesses de marche en rapport avec la destination des appareils ; d'ailleurs les vitesses sont toujours réglables à volonté.

---

### Ascenseur électrique du Palais des Machines construit par M. J. Chrétien.

Les visiteurs de l'Exposition de 1889 auront certainement remarqué en entrant dans le Palais des Machines, côté Nord, deux pylones très élégants de forme et de construction.

L'ensemble du pignon a un aspect très décoratif et harmonieux ; il a été exécuté par M. Dutert, l'habile architecte du Palais des Machines.

L'un des deux pylones est desservi par un escalier et dans l'autre, M. J. Chrétien, ingénieur bien connu pour ses travaux sur les appareils de levage, a installé un ascenseur électrique.

Chaque pylone porte une plate-forme dans laquelle on jouit d'un coup d'œil

splendide. La vue embrasse à la fois les palais, les galeries et tous les pavillons si bien groupés dans le Champ de Mars.

La planche 84 représente le pylone de l'ascenseur électrique ainsi que l'appareil et ses principaux détails. La figure 1 fait voir que la hauteur de la plate-forme est de 33 mètres et qu'à 44 mètres se trouve un régulateur électrique très puissant.

La cabine peut contenir 8 personnes en dehors du conducteur; elle a 2 mètres de côté et une hauteur de 2<sup>m</sup>,50. Sa vitesse d'ascension est en moyenne de 1<sup>m</sup>,30 par seconde. Au départ et à l'arrivée les vitesses sont uniformément accélérées et retardées, de sorte que les visiteurs montent très rapidement sans éprouver la sensation des ascenseurs ordinaires dont les vitesses aux extrémités changent trop brusquement.

La qualité des machines dynamos électriques de n'emprunter au moteur initial que l'énergie dont elles ont besoin, s'accorde bien avec ce genre d'appareils dont le travail varie essentiellement aussi bien pendant une course que d'une ascension à l'autre et se produit d'une manière intermittente. Ces machines peuvent en un temps de faible durée donner un véritable coup de collier en dépassant notablement leur puissance normale.

Les figures 2, 3 et 4 montrent l'ensemble de l'appareil d'ascension; deux arbres moteurs actionnés par deux machines Gramme numéro 5 type supérieur *a* et accouplés au moyen d'un manchon (fig. 9 et 10), portent quatre vis sans fin engrenant avec les roues dentées *b* fixées sur des arbres *c* qui portent eux-mêmes les poulies à tambour *d*. Ces poulies sont à gorges et reçoivent des câbles en acier qui supportent la cabine *e* à une extrémité et de l'autre les contrepoids d'équilibre *f*. Ces contrepoids annulent le poids de la cabine et la moitié de la charge, de sorte que l'équilibre est parfait lorsqu'il y a quatre personnes dans la cabine.

Le travail de montée pour huit personnes n'est donc que celui correspondant à quatre personnes et si la cabine contient ce dernier chiffre de voyageurs, l'ascenseur n'effectue que le travail des résistances dues au frottements des organes en mouvement.

A la descente on est dans les mêmes conditions d'équilibre avec quatre personnes; au contraire, moins de quatre voyageurs exigent une dépense de travail, tandis qu'un plus grand nombre donne une restitution d'énergie, étant plus lourds que le contrepoids.

La puissance du moteur correspond, en réalité, à la moitié du travail maximum et la descente des personnes fournissant une restitution d'énergie, le travail mécanique est en somme réduit au minimum.

Si le service pouvait être réglé de manière à avoir toujours quatre personnes à la montée et à la descente, la dépense se bornerait à vaincre les résistances

passives : on conçoit l'importance d'une pareille disposition ingénieuse pour les ascenseurs et les avantages que l'on peut en retirer.

Les machines Gramme ont une vitesse de 1200 tours par minute, elles sont à changement de marche automatique.

Le ralentissement de la vitesse au départ se fait aussi automatiquement. A cet effet, la cabine en passant devant des points déterminés, ralentit la vitesse en introduisant des résistances dans le circuit électrique. L'énergie du courant se trouvant réduite la puissance de la machine dynamo-électrique est affaiblie dans la même mesure, sans que la charge varie. Il en résulte une diminution de vitesse qui arrive à être nulle à l'arrivée.

Les figures 5, 6 et 7 indiquent la disposition des rhéostats qui introduisent ces résistances dans le circuit.

Les conducteurs sur lesquels se font la prise du courant sont interrompus et composés de petits fragments réunis entre eux par des spires en maillechort. Le dernier fragment présente une isolation complète et quand les frotteurs de la cabine y arrivent le courant est rompu. A ce moment l'arrêt a lieu.

Un autre rhéostat placé dans la cabine permet au conducteur de régler la vitesse du parcours en proportionnant la puissance du courant au nombre de personnes portées par la cabine.

Afin de modérer la vitesse d'ascension et de descente lorsqu'il se présente un travail négatif à absorber on se sert des freins *g* montrés par la figure 8. Ils servent également pour immobiliser tout le système, soit au moment où la cabine arrive à fin de course, en haut ou en bas, soit en cas d'interruption du courant électrique.

Cette dernière condition assure la parfaite sécurité des voyageurs. Une cause quelconque peut interrompre le courant électrique pendant la montée ou la descente et malgré cet accident la cabine ne doit pas se déplacer dans un sens ou dans l'autre sous l'action des contrepoids ou de la charge des personnes.

Ces freins, placés sur les arbres commandés par les dynamos sont combinés de telle sorte que la rupture du courant les fasse serrer à bloc. Une simple réduction de l'énergie de ce courant, par le jeu des rhéostats, ne produit qu'une friction partielle en rapport avec la valeur même des résistances interposées.

Chaque frein se compose d'une poulie sur laquelle agissent deux sabots reliés à des leviers ; l'une des extrémités de ces derniers est articulée à un point fixe et ils sont réunis de l'autre par un ressort dont la tension correspond à la pression nécessaire au calage des freins. Deux électro-aimants agissent sur des armatures rivées aux leviers, de manière à les attirer avec plus ou moins d'énergie, selon la puissance du courant unique qui dessert à la fois les machines dynamos électriques et les électro-aimants. A l'état de repos, aucun courant ne passe par ces derniers ; par suite le ressort cale les freins et la cabine reste immobile.

Lorsqu'au contraire ces électros reçoivent un courant ils annulent dans une

certaine mesure l'action du ressort, de façon à ce que les sabots des freins déterminent sur la poulie une friction plus ou moins grande, suivant l'énergie antagoniste et selon le réglage établi au préalable.

Tels sont les points les plus intéressants du fonctionnement de cet appareil. On voit que sa caractéristique et sa grande simplicité, poussée à l'extrême. Ce travail fait le plus grand honneur à M. J. Chrétien auquel il faut savoir gré de son choix aussi favorable, nous montrant l'une des plus intéressantes applications de l'électricité.

## APPAREILS DE LEVAGE (Système MÉGY).

MM. Mégy, Écheverria et Bazan, constructeurs d'appareils de levage universellement répandus, avaient pris une large part à l'Exposition de 1889. D'une part, le pont roulant côté de l'École militaire, qui transportait les visiteurs désireux de jouir du coup d'œil au Palais des Machines avec ses 2 ascenseurs aux extrémités, avait été installé par cette maison; d'un autre côté l'exposition que ces Messieurs avaient au Palais des Machines était des plus intéressantes, elle renfermait les appareils suivants :

- 1° Treuil vertical, type-mixte. Force 5 000 kg;
- 2° Treuil applique, type mixte, avec cliquet dormant. Force 500 kg;
- 3° Treuil vertical à desserrage central. Force 500 kg;
- 4° Micro-treuil, type mixte. Force 3 000 kg;
- 5° Pont roulant avec treuil mixte. Force 3 000 kg;
- 6° Monte-charges de 1 500 kg;
- 7° Machine horizontale système Mégy, de 4 à 5 chevaux;
- 8° Moteur à vapeur oscillant de  $80 \times 130$ ;
- 9° » » »  $110 \times 160$  à changement de marche;
- 10° Embayage reliant la machine au monte-charges;
- 11° Treuil à tambour, type Droite et Gauche. Force 500 kg.

Nous donnerons la description détaillée de ces appareils qui nous paraissent mériter toute l'attention des ingénieurs et constructeurs, aussi bien sous le rapport de leur ingéniosité que sous celui de la sécurité qu'ils donnent dans leur emploi, étant sans retour de manivelle et à régulateur automatique de vitesse.

Nous finirons par la description du pont roulant de 10 tonnes sus-mentionné, qui renferme à une grande échelle les principes des appareils que nous décrivons séparément.

*Description générale.* — Dans les appareils de levage à treuil, mus à bras ou à la vapeur, on emploie souvent un frein à bande de friction pour modérer la vitesse de descente des fardeaux. Généralement ce frein se compose d'une

lame métallique circulaire, d'une poulie calée sur l'arbre et d'un levier de manœuvre à portée de la main de l'ouvrier.

Pendant l'ascension de la charge la lame enveloppe la poulie sans la toucher ; pour la descente, il suffit de lever le rochet, de laisser tourner la manivelle en sens inverse et d'appuyer la lame contre la poulie. Rien de plus simple à première vue et de plus facile à manœuvrer, tant que l'opération est bien conduite. Il est possible de faire un service rapide et d'arrêter les plus lourds fardeaux à la hauteur voulue. Mais si le frein est mal conduit, si l'homme par inexpérience ou lassitude abandonne son levier, la charge imprime à la manivelle une vitesse tellement grande, qu'elle se rompt quelquefois et la projection de la partie brisée blesse ou tue les personnes présentes.

Le retour des manivelles est également une source d'accidents quoique moins graves, il est vrai, que les ruptures, mais aussi plus fréquents. Il est en tout cas très gênant, puisqu'il force l'ouvrier à quitter la place qu'il occupe pendant le levage.

De plus les arrêts brusques auxquels donne lieu le frein ordinaire produisent des forces supplémentaires qui viennent s'ajouter au poids de la charge, provoquent des ruptures de chaîne ou d'autres organes et peuvent en outre donner de graves accidents en occasionnant le renversement d'appareils libres tels que les grues roulantes, à moins de prévoir ces efforts et dans ce cas on se voit obligé à des contrepoids d'équilibre de beaucoup supérieurs à la normale, d'où augmentation de poids constant à mouvoir pendant la translation de l'appareil.

De même la possibilité de développer momentanément un effort considérable sur les manivelles, fait que souvent on lève des charges bien supérieures à celles prévues dans les calculs. La chaîne se fatigue alors outre mesure et finit par se rompre en donnant lieu à des accidents d'autant plus funestes que la charge était plus haute et plus pesante. Nous pourrions citer un grand nombre de faits à l'appui de cette assertion.

Les cas de mort violente imputables au mauvais état des treuils ou à la maladresse des ouvriers sont malheureusement fréquents, surtout dans les chantiers d'entrepreneurs de travaux publics et de maçons et les accidents et arrêts de service dans les gares de chemins de fer, les entrepôts, partout où la manutention est importante, sont innombrables.

Il faut reconnaître que quelques constructeurs avaient déjà perfectionné les anciens appareils de levage et que la surveillance du personnel préposé au chargement et au déchargement des marchandises rend les accidents de plus en plus rares. Mais il n'y avait pas encore une sécurité suffisante dans ces sortes d'opérations. On peut trouver des treuils munis de deux chaînes, dont l'une sert à retenir la charge quand l'autre vient à casser, des monte-charges avec manchons de friction empêchant de lever de trop lourdes charges, des appareils à grappins, saisissant la chaîne en cas de rupture d'un organe du treuil, mais il n'existait



pas d'engin simple sûr, essentiellement pratique. Le problème restait tout entier à résoudre avant l'invention de M. Mégy.

Déjà en 1872, à l'Exposition de Lyon, on pouvait voir une série de monte-charges à bras et à vapeur système Mégy, fonctionnant sans le retour des manivelles, sans que la charge puisse descendre lorsque l'homme quitte son levier et sans qu'il soit possible d'élever une charge dépassant un certain poids.

L'organe essentiel par lequel on obtient ce résultat et qui permet de parer à tous les inconvénients cités plus haut est tout simplement une lame plate d'acier enroulée suivant une certaine courbe savamment calculée et renfermée dans une boîte, contre les parois de laquelle ce ressort exerce une pression normale déterminée. Il n'y a plus qu'à annuler totalement ou partiellement la pression du ressort pour obtenir un débrayage complet ou partiel.

Le frottement du ressort contre la poulie dépend évidemment de sa force d'expansion, de la nature des corps employés et de l'état des surfaces frottantes, mais il suffit qu'il soit toujours le même lorsque les circonstances sont identiques pour que le principe de l'embrayage Mégy soit d'une application pratique. Ce fait qu'indiquait la théorie a été sanctionné par la pratique et les appareils démontrent qu'on peut proportionner l'adhérence du ressort dans des limites vraiment incroyables.

Le même fardeau qui parcourt en descendant plusieurs mètres par seconde, peut, à la volonté de l'opérateur et pour les plus fortes charges, ne parcourir que 1 millimètre par minute. Et cela sans aucune hésitation, au moyen d'un levier et d'un poids.

Impossible de rencontrer en pratique un exemple aussi frappant de précision mathématique.

Il pourrait arriver que l'ouvrier, voulant descendre assez lentement, desserre le ressort brusquement. Dans ce cas la charge descendrait très vite et pourrait prendre une accélération dangereuse qui aurait les inconvénients déjà signalés pour les arrêts brusques dans les grues par exemple.

Pour parer à ce défaut M. Mégy a imaginé son *régulateur de vitesse à force centrifuge*. Cet organe agit, le frein moteur étant complètement desserré, d'une façon automatique et régulière et empêche la charge de descendre avec une vitesse supérieure à celle qu'on s'impose, soit 10 — 20 — 30 centimètres par seconde. L'appareil se compose d'un ressort circulaire également, mais cintré en sens inverse du ressort à expansion, c'est-à-dire qu'à l'état normal et pendant la montée ce ressort ne touche pas à la couronne intérieure. Des masses en plomb ou en fonte viennent s'appliquer à sa surface intérieure. Ces masses acquièrent une grande vitesse lors de la descente de la charge et viennent alors s'appliquer contre le ressort par la force centrifuge en l'ouvrant et le faisant coller contre la couronne intérieure qui est fixe, enrayant ainsi le mouvement de descente du fardeau suivant une loi de l'arc embrassé du ressort et déterminant une



vitesse de descente régulière et sans secousse, indépendante de la volonté du conducteur de l'appareil.

Les ressorts, aussi bien ceux à frein que ceux à régulateurs, sont recouverts de cuir, fixés par des rivets de cuivre à tête noyée, permettant une certaine usure. Après avoir essayé diverses garnitures de ses ressorts, M. Mégy s'est arrêté au cuir, comme présentant le frottement le plus régulier et l'usage le plus durable.

Le coefficient de frottement est environ 0,20.

Un fait digne de remarque, c'est que l'état de la garniture a peu d'influence sur ce coefficient. Il était à redouter que l'huile qui pénétrerait entre les surfaces frottantes ne vint changer leur adhérence et rompre l'équilibre cherché; mais l'expérience a démontré que l'huile fait gonfler le cuir, augmente la pression du ressort, et que finalement il faut le même effort tangentiel sur la poulie pour vaincre la résistance du ressort, que le cuir soit sec ou imbibé d'huile.

Le ressort Mégy n'est pas exclusivement employé dans les appareils de levage. Vu son élasticité et sa force on s'en sert pour embrayer deux arbres de transmission ou rendre une poulie fixe ou folle.

L'embrayage à double boîte avec engrenages d'angle sert à renverser le sens de marche.

Comme limiteur de force il sert dans les usines de location de force motrice, pour empêcher le locataire de prendre plus de travail moteur qu'il n'en a loué. Dans les machines-outils pour faire glisser l'arbre quand les outils coïncent, dans les véhicules pour produire un arrêt graduel et sans choc, etc., etc., en un mot, chaque fois qu'il s'agit de produire un embrayage, c'est-à-dire une communication de force à résistance graduellement, sans secousse, ou encore quand il faut limiter les efforts que peuvent produire sur l'organe transmetteur la trop grande résistance que subit l'organe récepteur.

*Dispositions essentielles.* — Trois dispositions diverses ont été créées par M. Mégy pour son frein. La première dite *Droite et Gauche* est la plus ancienne, la charge suit le mouvement de l'homme à la manivelle. Si ce dernier va vite, la charge descend rapidement et vice versa. La deuxième disposition dite *à régulateur* est indépendante quant à la descente de la volonté de l'homme. Celui-ci desserre le ressort et la charge descend avec une vitesse constante automatiquement réglée. En desserrant le ressort partiellement on peut néanmoins descendre la charge à la vitesse qu'on veut, car alors le ressort moteur sert de frein à friction.

Dans la troisième disposition dite *mixte* on peut à volonté marcher au droite et gauche ou au régulateur, à volonté elle réunit les avantages des deux précédentes.

Disons de suite que la descente s'opère dans les trois cas *sans enlever le cliquet ni toucher à aucune autre pièce et que le retour des manivelles est toujours évité.*

Nous décrirons les trois cas en détail.

*Fonctionnement du frein automatique droite et gauche, fig. 1-2, planches 85-86.* — Pour lever la charge, on tourne la manivelle dans le sens de la flèche indiquée *montée*. La douille de manœuvre C calée sur l'arbre A est entraînée par celui-ci et vient s'appuyer sur la saillie intérieure du manchon d'entraînement D, l'entraîne avec elle et avec lui le pignon E faisant corps avec le manchon d'entraînement.

La roue R et le tambour T sont ensuite entraînés par le pignon E et la charge est soulevée. Il convient de remarquer que le mouvement qui soulève la charge entraîne aussi la boîte de frein F, car le manchon d'entraînement D entraîne le taquet P et par lui le ressort O. Comme ce ressort est une lame d'acier convenablement cintrée, qui, par sa libre expansion s'applique à l'intérieur de la boîte de frein F, cette boîte est entraînée par le frottement du ressort O et en même temps la roue à rochet H, qui est venue de fonte avec la boîte de frein, de telle sorte que si l'on cesse d'agir sur la manivelle, le poids soulevé est maintenu dans la position qu'il occupe par la butée I, sur laquelle vient s'appuyer une dent de la roue à rochets.

Pour descendre la charge, on fait tourner la manivelle en sens inverse du précédent. L'arbre A tourne en sens inverse, la douille de manœuvre C aussi : dans le sens de la flèche descente, une de ces branches vient s'appuyer sur la saillie intérieure du manchon d'entraînement D et tend à lui donner un mouvement en sens inverse du précédent et par suite au pignon E qui fait corps avec lui et à la charge. Il faut remarquer que la douille de manœuvre C en tournant dans le sens de la descente, tire sur la chaînette M et par suite tend à déformer le ressort O, en rapprochant ses deux extrémités libres. L'effort qu'exerce le ressort quand il est libre, sur l'intérieur de la boîte F est ainsi annulé et il peut tourner à son intérieur, entraîné par le taquet P que pousse le manchon d'entraînement D, tandis que la boîte F est maintenue immobile, appuyée qu'elle est par la roue à rochets H sur le cliquet de butée I. Il résulte de ce dernier appui que la charge ne peut entraîner librement le pignon E plus vite que le mouvement donné par la manivelle A ; car si ce mouvement devenait plus rapide, le manchon d'entraînement D se déplacerait par rapport à la douille de manœuvre C, la chaînette ne serait plus tendue et le ressort C, obéissant à son expansion, viendrait l'appliquer à l'intérieur de la boîte de frein F qui est maintenue fixe par le cliquet et la roue à rochets, le mouvement serait arrêté. C'est précisément ce qui se passe si on abandonne la manivelle. On voit donc que le mouvement de la manivelle, dans le sens de la descente, a comme effet de conduire la charge dans sa descente aussi lentement qu'on le veut, en prenant un point d'appui sur le cliquet I par l'intermédiaire du frottement qu'exerce le ressort-frein à l'intérieur de la boîte. Il résulte de cette disposition une exactitude absolue dans la manœuvre de descente ; aussi cette disposition de frein *Droite*

*et Gauche* est elle particulièrement utile dans les manœuvres de précision, telles que celle de montage de pièces mécaniques ou de matières délicates ou fragiles qui doivent être conduites lentement à la descente et sans choc.

*Conséquences.* — Le retour de manivelle n'est pas à craindre. La charge est conduite avec une précision absolue à la descente aussi bien qu'à la montée.

*Fonctionnement du frein automatique avec régulateur de vitesse*

(fig. 3, 4, 5).

Pour lever la charge, on tourne la manivelle dans le sens indiqué *montée*. La douille de manœuvre C montée sur l'arbre de la manivelle, entraînée par elle vient heurter la saillie du manchon d'entraînement D, l'entraîne et, par l'action de ce dernier sur le taquet P, rivé au ressort R entraîne également ce dernier. Dans cette situation, le ressort R, exerce, en raison de sa libre expansion, une pression à l'intérieur de la poulie de frein F. Le frottement embraye la poulie avec le manchon d'entraînement et cette poulie suit le mouvement de la manivelle. La poulie F porte le pignon N qui commande la roue U sur laquelle est fixé le tambour ou la noix, la chaîne est tirée et la charge monte.

Si la manivelle *est abandonnée*, le mouvement s'arrête ; la charge reste suspendue, maintenue par le cliquet I sur lequel la roue à rochets H est venue s'appuyer.

*Pour laisser descendre la charge*, on exerce sur la manivelle un effort en sens inverse de celui qui produit la montée.

La douille de manœuvre C, tirant sur la chaînette O, rapproche les deux extrémités du ressort R du centre, le déforme, altère sa courbure et supprime la pression et l'adhérence qu'il exerçait à l'intérieur de la poulie du frein F. *Elle est débrayée.*

Devenue libre, cette poulie sollicitée par la charge tourne, tandis que le manchon d'entraînement retenu par le cliquet I et le rochet H est immobile.

Mais la vitesse de rotation, le déroulement de la chaîne, la chute de la charge sont réglés et limités par le régulateur qui opère de la façon suivante :

Dans son mouvement de rotation, la poulie du frein F entraîne, par le plateau de fermeture L et la butée M, le ressort régulateur *r* et les masses S. Ces masses sont libres à l'intérieur du ressort *r* obéissent à la force centrifuge, viennent exercer à l'intérieur du ressort *r* une pression qui tend à altérer sa courbure, à l'ouvrir. L'effet de cette déformation est d'amener le ressort *r* à frotter à l'intérieur de la couronne fixe E. Ce frottement, qui va en croissant avec la vitesse de rotation du système, s'oppose à l'accélération et la détruit ; empêchant ainsi la charge qui tombe de dépasser une vitesse limitée par le régulateur.

Si, pendant la descente on abandonne la manivelle, le ressort R n'est plus retenu ; il se détend, embraye la poulie de frein F avec le manchon d'entraînement qui, lui, est retenu par le cliquet et le mouvement est arrêté.

*Conséquences.* — Descente de la charge au frein sans retour des manivelles. Vitesse de la charge automatiquement réglée. L'appareil ne soulèvera pas un poids dont l'excès serait capable de compromettre la solidité de la chaîne ou des pièces.

*Fonctionnement du frein automatique mixte (fig. 6, 7, 8).*

Pour lever la charge on tourne la manivelle dans le sens de la flèche indiquée (*montée*). La douille de manœuvre *a* fixée à la manivelle et entraînée par elle vient heurter la saillie intérieure du manchon d'entraînement auxiliaire *d* et l'entraîne; celui-ci à son tour met en mouvement le manchon d'entraînement principal *D* sur lequel il est élevé, et qui venant buter sur le taquet *P*, rivié au ressort *R* entraîne aussi ce dernier. Dans cette situation, le ressort *R* qui est une lame d'acier convenablement cintrée, a sa libre expansion; en raison de celle-ci, il exerce à l'intérieur de la poulie de frein *F* une pression.

Le frottement qui résulte de cette pression embraye la poulie de frein avec le manchon d'entraînement et cette poulie suit le mouvement de la manivelle. Comme avec la poulie *F* est venue de fonte le pignon *N* celui-ci actionne la roue *U* qui entraîne le tambour *T* et la charge est soulevée.

Il convient de remarquer que le mouvement qui soulève la charge entraîne aussi la boîte de frein *G*, car le manchon d'entraînement auxiliaire *a* entraîne le taquet *p* et par lui le ressort *R'*. Comme ce ressort s'applique à l'intérieur de la boîte *G* cette boîte est entraînée par le frottement du ressort *R'* et en même temps la roue à rochets qui est d'une pièce avec la boîte *G*, de telle sorte que si on cesse d'agir sur la manivelle, le poids soulevé reste maintenu dans la position qu'il occupe par le cliquet *I*, sur lequel vient s'appuyer une dent de la roue à rochets *H*.

On peut descendre la charge soit *au régulateur avec la vitesse réglée automatiquement*, soit *au droite et gauche avec toute la précision que l'on désire*.

*Pour laisser descendre la charge au régulateur* on exerce sur le volant de desserrage *X* un effort en sens inverse de la montée. La douille de manœuvre *C* tirant sur la chaînette *O* rapproche les extrémités du ressort *R*, le déforme, altère sa courbure en supprimant la pression et par suite l'adhérence qu'il exerçait à l'intérieur de la poulie de frein *F*. *Le débrayage est effectué*.

Devenue libre, cette poulie, sollicitée par la charge tourne, tandis que le manchon d'entraînement retenu par le cliquet *I* et le rochet *H* reste immobile. Mais la vitesse de rotation, et par suite la chute de la charge sont réglés et limités par le régulateur décrit précédemment dans la disposition dite *à régulateur*, par l'intermédiaire du ressort *r* et des masses libres *S*.

Si pendant la descente on abandonne le volant de desserrage, le ressort *R* n'est plus retenu; il se détend, embraye la poulie de frein *F* avec le manchon d'en-

traînement principal D qui lui-même est retenu au moyen du cliquet I par l'intermédiaire du manchon d'entraînement auxiliaire *d*, du ressort R', de la boîte G et du rochet H.

*Pour descendre la charge au droite et gauche* on fait descendre la manivelle en sens inverse de la montée. La douille de manœuvre *a* vient s'appuyer sur la saillie intérieure du manchon d'entraînement auxiliaire *d* et tend à lui donner un mouvement en sens inverse du précédent, et par suite au manchon principal D, à la boîte de frein F et au pignon N qui actionnent la roue U et le tambour T, fait descendre la charge. Il faut remarquer que la douille de manœuvre *a* en tournant dans le sens de la *descente*, tire sur la chaînette *g*, et, par suite tend à déformer le ressort R' en rapprochant ses deux extrémités libres. L'effort qu'exerce le ressort, quand il est libre, sur l'intérieur de la boîte G, est ainsi annulé, et il peut tourner à son intérieur, entraîné par le taquet *p* que pousse le manchon d'entraînement *d*, tandis que la boîte G est maintenue immobile appuyée qu'elle est par les roues à rochets H sur le cliquet de butée I. Il résulte de ce dernier appui que la charge ne peut entraîner librement le pignon N plus vite que le mouvement donné par la manivelle Z; car s'il devenait plus rapide, le manchon d'entraînement auxiliaire *d* se déplacerait par rapport à la douille de manœuvre *a* la chaînette ne serait plus tendue, et le ressort R', obéissant à son expansion viendrait s'appliquer à l'intérieur de la boîte du frein G, qui est maintenue fixe par le cliquet et la roue à rochets, le mouvement serait arrêté; c'est précisément ce qui se passe si on abandonne la manivelle.

On voit donc que le mouvement de la manivelle dans le sens de la descente a comme effet de conduire la charge dans sa descente aussi lentement qu'on le veut, en prenant un point d'appui sur le cliquet I par l'intermédiaire du frottement qu'exerce le ressort-frein à l'intérieur de la boîte.

*Conséquences.* — Descente de la charge au frein sans retour des manivelles. Vitesse de descente automatiquement réglée.

L'appareil ne soulèvera pas un poids dont l'excès serait capable de compromettre la solidité de la chaîne ou des pièces. Il est donc limiteur de force.

Aucun retour des manivelles n'est à craindre et la charge est conduite avec une précision mathématique à la montée comme à la descente.

*Cliquet dormant système Mégy* (fig. 9, 10). — M. Mégy a également fait un cliquet dormant devant remplacer dans les treuils qui marchent au moteur principalement, le rochet ordinaire qui fait beaucoup de bruit à ces vitesses et n'offre pas la sécurité voulue. Le cliquet dormant est souvent appliqué également aux treuils à main. Nous donnons sa description générale, ce qui nous évitera de la décrire en détail en parlant des appareils exposés auxquels il était appliqué.

Sur l'arbre A de l'avant-train ou de la manivelle se trouve calé un manchon ou rochet B qui dans le sens de la montée entraîne librement, en le desserrant légèrement le ressort R du cliquet dormant, garni de cuir extérieurement.

L'entraînement se produit par un bec du rochet qui s'engage dans un plan incliné des taquets D.

Le ressort à expansion que nous avons décrit dans les embrayages précédents présente cette particularité que sa résistance au glissement varie sur le point de poussée, c'est-à-dire suivant la longueur d'arc sollicitée.

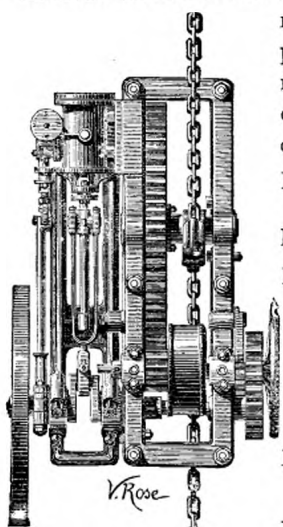
Quand l'arc est nul, la résistance au glissement est sensiblement égale à la pression multipliée par le coefficient de frottement.

Quand l'arc est entièrement sollicité, cette résistance se décuple. On profite de cette particularité pour établir des cliquets dormants qui n'opposent qu'une résistance insensible à la montée et qui s'opposent à la descente du fardeau avec une résistance considérable. D'ailleurs cette dernière peut être poussée aussi loin que l'on veut en inclinant les butées d'arrêt, comme l'indique la figure, le manchon B en tournant dans le sens de la descente, sollicité par la charge, vient buter contre les taquets D et comme sa surface à cet endroit est excentrée par rapport au centre A la pression fait calage de la charge et augmente encore l'adhérence du ressort contre la boîte fixe C.

Donc avec ce cliquet d'un côté montée de la charge, douceur du mouvement, pas de bruit et à la descente calage assuré de la charge à tout instant, sans choc de retour comme avec le rochet, et par conséquent sécurité absolue.

### TREUIL VERTICAL, TYPE MIXTE FORCE 5,000 K.

Le treuil vertical de 5 000 kilogrammes, exposé par M. Mégy, était du type



mixte dont nous avons exposé le principe en détail précédemment. Ce treuil est représenté par les figures 11 et 12 (pl. 85-86). Il est à deux vitesses, c'est-à-dire que par un simple changement d'un cliquet L, on peut marcher à une vitesse rapide pour de petites charges ce qui est très utile.

Les dimensions principales de cet appareil sont les suivantes :

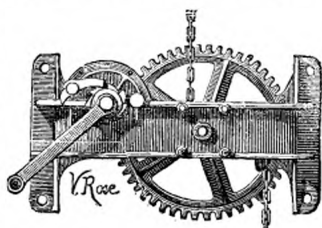
Diamètre du maillon de la chaîne . . . .	26 millim.
— moyen de la noix à quatre pans . . . .	200 —
— de la grande roue . . . . .	1.240 —
— du pignon . . . . .	180 —
— de la boîte de frein . . . . .	350 —
— de la roue sur la boîte de frein . . . . .	550 —
— du pignon . . . . .	140 —
Rayon des manivelles . . . . .	450 —

Quand ce treuil est mû par une machine à vapeur, cette dernière se fixe sur le côté contre les bossages ABCD. La figure ci-contre indique un treuil de 5 000 kilogrammes

régulateur et marchant à la vapeur. Le type de machine à vapeur est très élégant et simple. Ces treuils sont souvent employés dans les gros travaux des mines ou dans les grandes entreprises de travaux publics où ils rendent d'importants services.

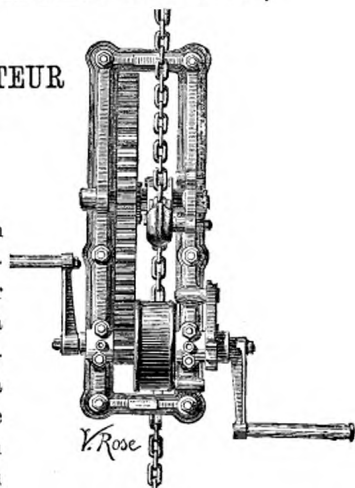
### TREUIL APPLIQUE A RÉGULATEUR avec cliquet dormant, force 500 kil.

Ce treuil contre mur, dit *applique*, était de la force de 500 kilogrammes avec chaîne de 8 <sup>m</sup>/<sub>m</sub> 1/2 à 4 pans. Le régulateur automatique de vitesse est installé, ainsi que le frein d'arrêt dans la boîte B (fig. 1 et 2, pl. 87-88). Pour éviter le bruit de la montée du fardeau et aussi en vue de recevoir une poulie pour marcher au moteur, on y a appliqué le cliquet dormant C dont nous avons donné la description générale. Ce type de treuil trouve des applications nombreuses surtout dans les abattoirs, magasins, etc. L'ouvrier qui le manœuvre, surveille aisément le fardeau, étant placé sur le côté de l'appareil. Par quatre boulons de scellement, il est fixé contre un mur ou contre une charpente quelconque. La figure ci-contre indique le type général de ces treuils qui se construisent depuis la force de 300 kilogrammes jusqu'à celle de 12 000 kilogrammes à une ou deux vitesses.]



### TREUIL VERTICAL, A RÉGULATEUR A DESSERRAGE CENTRAL Force 500 kg.

Nous trouvons ensuite dans l'Exposition Mégy un treuil type vertical à noix avec desserrage central. Cet appareil représenté par la figure ci-après en traits généraux est de la série des treuils verticaux qui se construisent depuis 300 kilogrammes de force jusqu'à 10.000 kilogrammes. Il diffère cependant de cette série en ce que le desserrage du frein ou ressort Mégy est fait par le nouveau système central à aiguille conique desserrant le ressort par l'intermédiaire





diaire de deux leviers fixés d'un côté à ses extrémités et de l'autre portant deux galets entre lesquels pénètre l'aiguille. Ces galets s'écartent et rapprochent par ce fait les autres extrémités des leviers dont le milieu oscille dans des axes fixés au manchon. Ce système, dont nous donnerons du reste la description détaillée quand nous décrirons le pont roulant électrique, offre l'avantage sur la chaîne Galle des treuils ordinaires de donner un desserrage lent et graduel et, par conséquent, procure un embrayage sans aucun choc ce qui est très important dans la marche au moteur. Aussi ce treuil est-il employé surtout dans les monte-charges au moteur et dans d'autres installations mécaniques nécessitant la force motrice.

### MICRO-TREUIL VERTICAL

#### Type mixte, force 3.000 kil.

(Planches 87-88.)

Dans les installations d'appareils de levage la place est souvent très restreinte. C'est ainsi que, notamment sur les grues, on éprouve de sérieuses difficultés pour placer le treuil, soit que l'on soit gêné par d'autres organes, soit qu'on ne puisse donner tout le développement que l'on voudrait à l'appareil. C'est pour ramasser les organes et les grouper en un ensemble compact harmonieusement disposé que M. Mégy a inventé son micro-treuil dont le nom seul indique le but poursuivi. C'est qu'en effet dans ce treuil tout est le plus petit possible. Pour arriver à ce résultat de concentration cet appareil porte comme mouvement central le système *satellaire* ou *planétaire*, ainsi dénommé parce que les organes principaux le composant sont les pignons satellites, qui à l'égal d'astres se meuvent autour d'un centre tout en tournant sur eux-mêmes. Notre planète possède absolument le même mouvement. De là le nom de *planétaire*.

Les figures 3 et 4 de la planche 88 indiquent au 1/10 l'ensemble du micro-treuil de 3000 kilogrammes. On voit que cet appareil ne diffère pas beaucoup d'aspect des treuils verticaux ordinaires. Pourtant il est beaucoup moins long et a des formes plus arrondies. Les engrenages droits sont plus petits de rapport, car le mouvement satellaire donne une grande multiplication de force, tout en restant concentré au même point. C'est la couronne fixée sur le bâti du treuil, elle est dentée intérieurement et donne le point d'appui aux pignons satellites. Ces pignons s'engrènent par leur autre extrémité avec un pignon central qui fait corps avec la roue droite R qui est actionnée par la manivelle en passant par d'autres engrenages. Le pignon central, en tournant, fait avancer les pignons satellites, qui, s'appuyant sur la couronne fixe déplacent leur axe suivant une certaine loi. Ces axes sont fixés après un plateau qui fait corps avec



la noix du treuil. Si nous appelons  $d$  le diamètre du pignon central,  $D$  le diamètre de la couronne et  $\delta$  le diamètre des pignons satellites au nombre de deux ou trois, nous avons pour l'équilibre des forces et pour le rapport des vitesses en appelant  $N$  le nombre de tours du pignon central et  $n$  le nombre de tours de la noix.

$$n = \frac{N}{\frac{D}{d} + 1} \quad \text{et} \quad N = n \times \left( \frac{D}{d} + 1 \right)$$

On voit que le rapport n'est pas seulement celui de la grande à la petite roue, mais bien ce rapport plus l'unité ce qui fait gagner de la vitesse ou de la force surtout dans les petits appareils où le rapport  $\frac{D}{d}$  devient petit. Le diamètre  $d$  n'a pas d'effet sur la vitesse.

Pour bien faire comprendre le principe de construction de ce système, nous donnons (fig. 5 et 6) le mouvement planétaire d'un pont de 30 tonnes de force. A est la couronne en acier, fixée sur le bâti, dentée à l'intérieur, C les pignons satellites tournant fous sur leurs axes, B plateau recevant les axes des pignons et entraîné par ces derniers. Ce plateau étant relié par boulons avec la noix E. D est le pignon central qui transmet le mouvement aux trois pignons planétaires, F la noix fixée sur ce pignon. Le tout est porté par l'arbre en acier G qui tourne avec la noix dans les deux paliers extrêmes. Le pignon central et la roue sont fous sur cet arbre.

Les différents pignons, ainsi que le plateau sont en acier coulé pour résister aux efforts considérables que ces organes ont à supporter. Les dents de la couronne et par conséquent celles des pignons dans le pont de 30 tonnes ne supportent pas moins de 4500 kilogrammes d'effort qui peut se concentrer sur une seule dent, car il est difficile de faire porter les trois pignons en même temps et dans la pratique il faut donner à une seule dent la résistance nécessaire à ce grand effort.

Etant bien construit, le mouvement planétaire est d'une grande douceur et ne fait pas de bruit, marchant avec beaucoup de lenteur, on peut en faire des applications nombreuses aux appareils de levage et nous aurons l'occasion d'en reparler quand nous décrirons la poulie de sécurité appliquée aux monte-charges.

## PONT ROULANT AVEC TREUIL MIXTE

Force 3.000 kil., portée 9,262

(Planches 89-90)

Ce pont roulant, dont le modèle sert de type de série, a été construit pour les

Ateliers de l'État à Indret. Il réunit les derniers perfectionnements apportés à ce genre d'appareils, il est élégant et possède un treuil du type mixte dont nous avons donné le principe dans l'Introduction générale. Le pont proprement dit se compose de deux poutres en fer double T, PP' qui sont assemblées à leurs extrémités dans des sommiers en fonte S, S', supportés par quatre galets (fig. 1 et 2) se mouvant sur les chemins de roulement fixés aux piliers du bâtiment.

Le mouvement de translation du pont sur ses chemins s'obtient par la chaîne de manœuvre *a*, actionnant par une paire de roues droites les galets des sommiers. Ces chaînes existent des deux côtés du pont pour la facilité des manœuvres. Sur les deux parties du pont se meut le chariot dans le sens transversal. Il est muni de quatre galets roulant sur deux fers carrés de 30 sur 30 rivés sur les poutres. Ce chariot porte tous les mouvements propres au levage, à la descente du fardeau et à l'orientation de la charge.

La chaîne ou corde *b*, passant dans le volant à gorge V actionne les galets GG et fait mouvoir le chariot sur les poutres. Ce volant tourne fou sur l'axe de la noix prolongé à cet effet. Il est relié à un engrenage droit qui donne le mouvement à l'axe des galets et les entraîne par un clavetage. Le mouvement d'orientation est d'une grande douceur, les axes sont réduits à leur plus petite dimension pour éviter tout frottement nuisible.

Le levage de la charge ou la descente au droite et gauche s'obtiennent par la corde C passant dans le volant V'. Ce volant est calé avec le pignon *p* qui communique son mouvement à la roue *p'* le transmettant par le frein mixte (fig. 3) et les roues *p<sub>1</sub>*, *p<sub>2</sub>*, *p<sub>3</sub>*, *p<sub>4</sub>*, *p<sub>5</sub>* à la noix N qui enroule la chaîne de 14,5 millimètres de diamètre.

L'appareil mixte fonctionne comme nous l'avons expliqué. Toutefois le desserrage du ressort d'entraînement (fig. 6) s'obtient par système central à aiguille conique comme celui du treuil de 500 kilogrammes dont nous avons parlé. L'enfoncement de l'aiguille A (fig. 3) s'obtient par le cordon *d* qui est renvoyé par la poulie *d'* et agit sur le levier de desserrage *d<sub>1</sub>*. Un contrepoids *d<sub>2</sub>* ramène toujours l'aiguille lorsque l'on abandonne la corde *d*.

Ce pont présente donc cinq mouvements bien distincts :

- 1° Translation du pont par la corde *a* ;
- 2° Orientation du chariot par la corde *b* ;
- 3° Levage de la charge par la chaîne *c* en tirant sur le brin de droite ;
- 4° Descente de la charge par la chaîne *c*, en tirant sur le brin de gauche, avec vitesse variable à volonté ;
- 5° Descente de la charge au régulateur, en tirant sur la cordelette *d*, vitesse automatiquement réglée par l'appareil à force centrifuge.

L'inspection des figures et la description qui précède, feront comprendre

amplement ce système de treuil et de pont, et nous dispensera d'entrer dans plus de détails.

## MONTE-CHARGES DE 1.500 K.

(Planches 91-92)

La figure 1 représente en perspective un monte-charge pour matériaux, actionné par un treuil, mû par transmission, et mis en marche au moyen d'un tendeur manœuvré par un levier à la main de l'ouvrier. Les figures 2 et 3 représentent le détail au 1/10 du treuil de levage, qui est à tambour enroulant une corde. L'ouvrier, tenant le levier L, arrête la benne à la hauteur voulue; néanmoins, un arrêt automatique agit sur ce levier, en cas où l'ouvrier oublie de manœuvrer et de dégager le galet pour détendre la courroie. Le tambour T tourne très lentement, ayant un grand diamètre; l'action sur la charge est uniforme et bien douce. C'est un avantage qu'ont les treuils à tambour sur les petites noix où la chaîne marche un peu par saccade, par suite de l'augmentation de vitesse momentanée que donne la noix quand la chaîne passe sur ses angles.

Dans le treuil à tambour, la descente s'opère au régulateur, en agissant sur le volant V, qui desserre le frein à l'intérieur de la boîte B. Cette disposition est toujours employée dans les monte-charges de matériaux où l'on doit avant tout faire un travail rapide et sûr. Le régulateur Mégy assure une descente régulière et une vitesse maxima qu'on ne peut dépasser. Il arrive souvent qu'avec les freins à bandes ordinaires l'homme laisse couler la charge trop rapidement, et qu'ensuite il arrête brusquement la descente. Dans ce cas, il se produit, en vertu de la vitesse acquise, un choc violent qui peut produire des ruptures d'organes, dangereuses pour les hommes qui entourent le treuil. Dans le régulateur Mégy, la vitesse est constante, et par suite, en cas d'arrêt brusque, la force développée par l'inertie des masses en mouvement est toujours très faible, surtout si on considère que le ressort d'arrêt possède une certaine élasticité qui permet un glissement du cuir, et par suite ne provoque pas d'*arrêt instantané*, mais un arrêt limité, ne provoquant aucune rupture d'organe. Du reste, le ressort, étant limiteur de force, empêcherait par là même tout accident.

M. Mégy construit d'autres types de monte-charges pour les usines, les maisons d'habitations, offrant toujours la même sécurité.

### POULIE DE SÉCURITÉ

En cas de rupture de la chaîne de levage pour une raison anormale, et alors que les monte-charges font le service des personnes, M. Mégy adopte sur ces

appareils sa *poulie de sécurité* à mouvement satellite et régulateur de descente.

Dans ce cas, une deuxième chaîne est à côté de celle du levage; elle est fixée à la benne et passe sur une noix faisant partie de la poulie de sécurité, et de là, par des poulies de renvoi, va supporter un contrepoids faisant équilibre à la benne en partie. Cette seconde chaîne est toujours d'un calibre plus fort que celle du levage pour offrir plus de sécurité. En cas de rupture de la chaîne qui travaille, la chaîne de la poulie de sécurité supporte le poids de la benne; cette dernière descend alors avec une vitesse calculée et précise, car le régulateur à force centrifuge de la poulie enraye l'accélération de vitesse.

Les figures 4-5-6 de la planche donnent l'aspect extérieur d'une poulie de sécurité de 1 000 kilogrammes de force. Le diamètre du maillon de la chaîne est de 13 millimètres. Les figures 7-8-9 indiquent la disposition des organes intérieurs de cet appareil.

B est la noix à empreintes tournant avec l'arbre A dans les deux paliers du bâti. C est le plateau qui porte les axes entraînant les pignons satellites *d* qui prennent point d'appui sur la couronne dentée D fixée au bâti. La noix tirée par la benne O tourne, entraîne les pignons satellites qui font tourner eux-mêmes le pignon central E avec une multiplication de vitesse que nous avons donnée précédemment. Ce pignon entraîne par le taquet *t* les masses *s*, contenues pendant la montée par le ressort *r*. Ces masses, prenant une vitesse de plus en plus grande, ouvrent le ressort et le font frotter avec le cuir contre la boîte fixe. Le mouvement d'accélération est alors enrayé absolument comme nous l'avons dit dans l'Instruction pour le régulateur des treuils. La benne descend avec une vitesse régulière de 20 à 25 centimètres par seconde.

Cet appareil de sécurité présente de nombreux avantages sur d'autres parachutes, en ce qu'il est toujours prêt à fonctionner, sans aucun organe intervenant par choc. Pendant la montée et la descente ordinaires de la benne, il tourne lentement et entretient les organes dans un bon état qui favorise le fonctionnement en cas de rupture de la chaîne de levage.

Les ascenseurs des grands Magasins du Bon Marché sont munis de poulies de sécurité, système Mégy, qu'on fait fonctionner tous les ans pour constater leur efficacité. On attache une vieille corde à la benne qu'on coupe à un moment donné. La charge descend alors à une vitesse régulière jusqu'en bas, et l'essai a toujours réussi.

Les inspecteurs contre les accidents de travail recommandent particulièrement la poulie de sécurité Mégy pour éviter les accidents dans les monte-charges, et c'est là le meilleur éloge qu'on puisse faire de cet appareil qui renferme deux mouvements mécaniques bien combinés et très ingénieux : le mouvement satellite et le régulateur de vitesse.

## MACHINE A VAPEUR HORIZONTALE

## Système Mégy

(Planches 93-94)

Dans l'exposition Mégy, figurait une petite machine horizontale de la force de 5 chevaux. Cette machine, ainsi que celle de 15 chevaux, qui faisait marcher la dynamo des ponts roulants électriques, était munie d'un régulateur de vitesse et obturateur du système Mégy. La machine est représentée planche 94, par les figures 1-2-3. Les conditions principales d'établissement sont les suivantes :

Force en chevaux . . . . .	5
Diamètre du cylindre . . . . .	130
Course du piston. . . . .	200
Pression initiale. . . . .	5
Degré d'introduction . . . . .	0,63
Nombre de tours par minute . . . . .	150
Diamètre intérieur du tuyau d'arrivée . . . . .	30
d. d'échappement . . . . .	40

Le régulateur de vitesse est représenté par les figures 4 et 5. Il se compose principalement de deux lames en acier A, convenablement cintrées, et fixées à une extrémité à l'intérieur de la poulie volant B. L'autre extrémité, libre, supporte les masses en fonte C qui sont elles-mêmes reliées par des biellettes D à un écrou à pas hélicoïdal très allongé E, garni à l'intérieur d'une composition antifricition. L'écrou E porte un collier qui est en connexion avec l'obturateur de vapeur.

Dans la position moyenne des masses, la machine tourne à sa vitesse normale. La force centrifuge a fait fléchir les ressorts A, et les a amenés dans la position indiquée par le dessin. Pour le moindre écart de vitesse, les masses s'écartent ou se rapprochent du centre, et agissent ainsi sur l'obturateur par l'écrou E. Ce régulateur a l'avantage d'être presque isochrone, c'est-à-dire de ne permettre qu'un écart de tours insignifiant. C'est ainsi que, dans les essais exécutés sur des appareils de ce système, installés à bord de l'*Océanien*, on n'a constaté qu'un écart de 3 % dans la vitesse, en passant de la force maxima de la machine à une force insignifiante, c'est-à-dire la machine marchant à vide. La grande inertie, emmagasinée dans les masses, permet d'agir énergiquement sur l'obturateur. L'équilibrage de l'appareil est parfaitement assuré, les masses et les bielles agissant comme un couple.

L'obturateur, système Mégy, est représenté par les figures 5 et 6, pl. 96. Il se compose d'un cylindre A parfaitement équilibré, se mouvant à l'intérieur de la boîte B, et donnant passage à la vapeur par des orifices de forme triangulaire. Cette particularité présente l'avantage de livrer des sections au passage de va-

peur qui ne sont pas proportionnelles aux courses du cylindre, de sorte que les influences de passage et d'étranglement croissent comme les carrés des chemins parcourus. Il n'y a que la section triangulaire qui offre cette particularité. On arrive ainsi à donner à la machine, munie de ces appareils, une grande sensibilité. Pour des moteurs actionnant des dynamos, et qui ne doivent pas varier de vitesse, par rapport aux influences sur les lampes, ces machines sont toutes désignées.

## MOTEUR A VAPEUR OSCILLANT DE 110 — 160

(Planches 95-96)

Le moteur oscillant Mégy est représenté par les figures 1-2-3-4 de la planche 95-96. La figure 1 est une vue en élévation, la figure 2 une vue en plan, les figures 3 et 4 des vues d'avant et d'arrière.

Nous ne donnerons pas la description détaillée de ces moteurs, car leur mécanisme est pareil à celui des moteurs hydrauliques dont nous donnerons la description en parlant des ascenseurs qui étaient installés aux extrémités des chemins du pont roulant électrique. Ces moteurs faisaient fonctionner les ascenseurs. Le moteur oscillant à vapeur ne diffère du moteur hydraulique que par le mouvement de distribution. Dans ce dernier, le tiroir est actionné par une tige prenant point d'appui dans un support fixe; dans le moteur à vapeur, l'action se produit par un excentrique et sa tige. A l'aide de la poignée A du levier B, on produit le renversement de la marche par un robinet à double voie C. Ce robinet a pour but de transformer les conduits d'admission en conduits d'échappement, et *vice versa*. La vapeur est amenée par le tuyau D, et on distribue d'un côté ou d'autre par les tuyaux EE'. L'échappement se fait par le tuyau F.

Ces moteurs oscillants à vapeur sont très simples et commodes à installer, surtout sur les grues, ponts roulants et autres engins où on est souvent gêné pour l'emplacement du moteur. Le renversement de marche, s'obtenant sans coulisse ou autre pièce compliquée sujette à se déranger, est très recommandable. Ces moteurs ont été employés pour des monte-charges, des treuils de sas à air, etc....

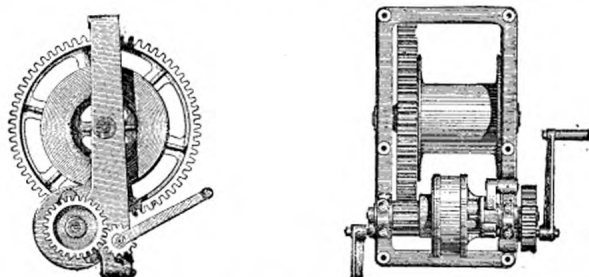
## EMBRAYAGE RELIANT LA MACHINE AU MONTE-CHARGES

L'embrayage système Mégy, qui reliait la machine à vapeur au monte-charges, était du système le plus récent, à desserrage par aiguille. Nous ne

donnerons pas la description de cet appareil, qui est identique à ceux du pont roulant électrique que nous indiquerons avec tous les détails, en décrivant le pont lui-même.

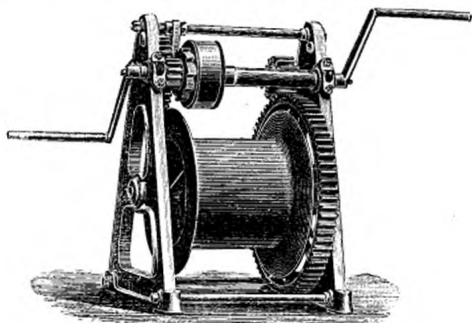
## TREUIL A TAMBOUR, TYPE DROITE ET GAUCHE

Le treuil à tambour, applique, type droite et gauche, exposé, est représenté figures ci-contre. Cet appareil s'emploie souvent, pour des monte-charges, dans



les puits de mines. Il est surtout employé pour les manœuvres de précision quand il s'agit d'arriver à déposer la charge à une hauteur exacte. Ce treuil peut aussi bien s'installer horizontalement que verticalement, comme l'indique la vignette.

La figure ci-contre indique le type de treuil en A construit par M. Mégy. Ces appareils sont exécutés indifféremment avec tambour ou avec noix. Dans ce



dernier cas, ils servent souvent comme descenseurs ; les manivelles sont alors supprimées et le treuil est à régulateur, c'est-à-dire que la vitesse de descente de la charge est enrayée par le régulateur à force centrifuge.

## PONT ROULANT ÉLECTRIQUE DE 10 TONNES

Système Mégy Echeverria et Bazan

(Planches 97-98-99-100)

Ce pont roulant avait été installé dans le Palais des Machines du côté de l'Ecole militaire. Il servait au montage des machines exposées et plus tard transportait les visiteurs d'un bout de la Galerie à l'autre. Il était mû par une dynamo Myot système multipolaire, construite par la maison ci-dessus. Cette machine a des dispositions spéciales de champs magnétiques et de brosses qui lui assurent de grands avantages. Le courant était transmis par des fils en bronze phosphoreux qui longeaient le chemin de roulement.

*Description de l'appareil.* — Ce pont se compose essentiellement de deux poutres principales A A en tôles et cornières supportant les rails de roulement du chariot porteur de la charge B (planches 97-98).

Ces deux poutres viennent s'assembler par leurs extrémités aux deux sommiers latéraux CC également en tôles et cornières et formant caisson. Ces assemblages sont rendus absolument rigides par l'addition de larges goussets appliqués sur les brides supérieures et inférieures des poutres et des sommiers dont la hauteur est commune à cet endroit. Les sommiers s'appuient directement sur les quatre galets de translation DDDD du pont.

A l'une des extrémités des poutres (celle de gauche du plan) et directement sur le sommier de cette extrémité se trouve le mécanisme des manœuvres, très condensé, d'une seule pièce et partant d'une grande solidité et comme aussi d'une grande simplicité de montage et d'entretien ainsi qu'on va le voir par la description suivante (planches 99-100) :

La dynamo réceptrice E est animée d'un mouvement continu. Elle transmet par les engrenages F F' la force motrice à un arbre horizontal avec paliers graisseurs à larges surfaces pouvant permettre sans crainte de grippage une grande vitesse de rotation. Cet arbre donne, par l'intermédiaire des deux engrenages coniques G et H le mouvement continu à un arbre horizontal XY que nous appelons l'arbre général des manœuvres. C'est sur cet arbre que sont disposés les trois embrayages doubles pour la marche dans les deux sens du levage de la charge, de l'orientation du chariot porteur B et de la translation du pont. Sur un banc en fonte I I I I ayant la forme d'un double T sont montés les paliers consoles K, L, M, N qui supportent l'arbre général des manœuvres.

Entre les paliers K et L se trouve le double embrayage à frein du système Mégy pour l'orientation du chariot porteur de la charge. La commande se fait dans un sens ou dans l'autre par l'intermédiaire des roues coniques O O O O O, des roues droites P et Q, cette dernière calée sur l'arbre de la noix à empreintes R



qui commande la chaîne sans fin SSSS dont les deux extrémités sont fixées au chariot porteur B.

Entre les paliers L et M se trouve le double embrayage qui commande par l'intermédiaire des roues et pignons *a, b, c, d*, du double harnais *e, f, g, h*, (mis alternativement en jeu pour la grande et la petite vitesse, au moyen de l'embrayage à griffe *i*) des roues *j, k*, du frein automatique d'arrêt à marche droite et gauche *l* (fig. 3), muni de son criquet dormant *l'* (fig. 4) des pignons et des roues *m, n, o*, de la grande roue *p*, cette dernière commandant la noix à empreintes *q* sur laquelle passe la chaîne *v, v, v, v*, pour le levage et la descente de la charge.

La vitesse de descente de la charge est conduite par le frein droite et gauche par le levier d'entraînement *L'* (fig. 3) qui desserre le ressort en appuyant sur le levier coudé *L''*. Le ressort est partiellement desserré et la charge coule. Le principe est le même que pour le droite et gauche des treuils que nous avons décrit et dont le desserrage se fait par chaîne Galle. La charge ne peut pas descendre plus vite que ne lui commande le moteur.

Ce frein automatique permet la montée, la descente et l'arrêt de la charge sans qu'on ait à manœuvrer aucun frein, ni assurer aucune pièce ; avec cet engin, on obtient par engrenages droits les mêmes avantages de suspension de charge qu'avec les vis sans fin, tout en évitant les inconvénients multiples de celles-ci, notamment les frottements énormes qu'elles absorbent. Ce détail est d'autant plus intéressant que, généralement avec les vis sans fin le travail produit par un même effort moteur n'est guère que le quart de celui obtenu avec les engrenages droits, que les limites des vitesses sont très restreintes, les arrêts brusques très dangereux et, qu'en outre, les usures d'organes sont rapides si l'appareil n'est pas parfaitement monté et bien entretenu.

Entre les paliers M et N se trouve le double embrayage de commande de la translation du pont dans les deux sens au moyen des roues coniques *T, T, T*, du pignon *U* et de la roue *V*, cette dernière calée sur l'arbre longitudinal *V' V' V'* qui règne sur toute la longueur du pont et commande simultanément aux deux extrémités les galets de translation *D D*, par l'intermédiaire des pignons *W W*, et des roues *Z Z*, ces deux extrémités étant calées sur les axes desdits galets *D, D* figure 1.

La commande des embrayages pour les différentes manœuvres du levage, de l'orientation et de la translation est produite par les trois leviers *r, s, t*, actionnés directement par trois tringles à crémaillère *r', s', t'*, dont les pignons respectifs, calés sur trois arbres concentriques, mais distincts, reçoivent le mouvement des trois volants de manœuvre *u, v, x*, chacun par l'intermédiaire d'une roue et d'un pignon.

Ces trois volants peuvent être manœuvrés de la plate-forme du pont ou être munies de poulies à empreintes et dans ce cas être manœuvrées à distance au

moyen de chaînettes pendantes soit de l'intérieur d'une cabine placée sous les poutres, soit même du sol de l'atelier.

Le pont possède le système d'embrayage frein à ressort, limiteur de force, permettant des manœuvres d'une grande douceur et sans choc.

Pour bien comprendre et apprécier les avantages généraux qu'il présente, il est nécessaire de décrire ici le fonctionnement de cet appareil.

## EMBRAYAGE FREIN, Système Mégy

(Planches 101-102)

Cet embrayage est basé sur le système suivant :

Utiliser la pression normale produite par un ressort à lame plate de dimensions et de forme déterminées et de l'adhérence qui en résulte contre la couronne intérieure dans laquelle il est renfermé pour produire un embrayage élastique, annuler totalement ou partiellement la pression du ressort pour obtenir un débrayage complet ou partiel.

A la lecture des figures 3-4-5 (planches 101-102), on comprend clairement le principe et le fonctionnement de l'appareil.

*a* Arbre sur lequel est monté l'embrayage ;

*b* Manchon d'entraînement calé sur l'arbre *a* et portant les axes *o, o* des leviers *f, f* agissant sur le ressort à expansion ;

*c* Boîte de transmission montée folle sur le manchon d'entraînement et offrant au moyen du plateau de fermeture *c'* boulonné sur la boîte une large et solide base de roulement à double moyeu. Le pignon ou la poulie de transmission peut être calé ou venu de fonte avec l'un quelconque de ces deux moyeux ;

*d* Ressort circulaire à expansion garni de cuir à sa surface extérieure et entraîné par le manchon au moyen du taquet *i* rivé sur le milieu du ressort et engagé dans l'encoche du dit manchon ;

*e* Clavette sur laquelle est calé le manchon d'entraînement et sur laquelle glisse à frottement doux le manchon de manœuvre *m* ;

*f f* Leviers agissant sur les extrémités du ressort à expansion et munis aux extrémités opposées de galets de roulement *g, g* ;

*h* Aiguille pointue fixée sur le manchon de manœuvre *m*, et qui venant s'engager entre les galets *g g* produit leur écartement et par suite le desserrage du ressort.

L'arbre *a* en tournant entraîne le manchon *b* qui à son tour entraîne le ressort et celui-ci par son adhérence entraîne la poulie folle avec toute la force dont il est capable. Si la résistance de la poulie à l'entraînement est supérieure à l'adhérence du ressort, celui-ci glisse et la poulie ne tourne pas.

Quand on rapproche les deux extrémités du ressort au moyen du manchon de manœuvre *m* actionnant l'aiguille *h* et les leviers de desserrage *f* la pression diminue et finit par s'annuler complètement, quand le ressort est tout à fait détaché de la poulie, celle-ci devient complètement libre.

Avec cet embrayage on arrive à transmettre à volonté, par une manœuvre graduelle une vitesse plus ou moins grande au fardeau quelle que soit la vitesse du moteur.

Quand on a deux marches opposées à exécuter comme il arrive ici par les diverses manœuvres du pont roulant, on dispose deux boîtes, l'une en face de l'autre et manœuvrées par le même levier comme l'indique la figure 5-6 (planche 99).

Quand le manchon de manœuvre *m* occupe sa position moyenne, celle indiquée sur le dessin, les deux ressorts sont dégagés et les boîtes *c* entièrement libres.

Lorsqu'on éloigne au moyen du levier le manchon *m* de l'une des deux boîtes le ressort de cette boîte s'applique et embraye, tandis que l'autre ressort, tout à fait ramené sur son manchon laisse sa boîte complètement libre.

Ainsi le mécanicien obtiendra au moyen du levier de manœuvre à volonté sans hésitation la marche dans les deux cas des différentes manœuvres et tous les ralentissements voulus suivant les besoins.

*Considérations générales.* — Le pont roulant de 10 tonnes devait marcher vers la fin de l'Exposition par câble téléodynamique, mais il a continuellement fonctionné au moyen de l'électricité. Pourtant les deux premiers mois de l'Exposition, il était mû par une petite machine et chaudière demi-fixe de 3 chevaux, remplaçant ainsi la force électrique. De plus, l'arbre principal était arrangé de façon à pouvoir y adapter un treuil à main.

La génératrice Miot est à 4 pôles en série. Le maximum de grandeur électrique demandée au moteur est de 10 000 watts à 550 tours, la machine motrice à vapeur étant du système Mégy de 20 chevaux-vapeur, munie de tiroirs cylindriques et faisant 220 tours par minute. Ces tiroirs consistent en deux cylindres concentriques, celui extérieur devant tourner d'un quart de tour pour une révolution de l'arbre moteur et étant mû par engrenages.

Il existe 4 lumières dans le cylindre extérieur venant successivement en ligne avec les lumières d'admission du cylindre à vapeur. Le tiroir intérieur présente deux lumières et est fixé normalement, mais peut être tourné d'un petit angle à la main dans cette machine, réglant ainsi la détente à n'importe quel point. La vapeur est admise par le centre.

Ce pont roulant avec des mouvements composés partout d'engrenages droits et d'organes n'absorbant que peu de frottements a parfaitement fonctionné pendant toute la durée de l'Exposition. Il a fait un trajet de plus de 800 kilomètres, sans qu'aucun organe ait subi d'avaries. Ceci est dû en grande partie

à l'embrayage élastique Mégy qui est d'une grande douceur. Tous les organes sont bien proportionnés et bien distribués, d'un accès facile. Aucune trépidation n'était ressentie par les nombreux visiteurs qui avaient fait le parcours de la Galerie des Machines sur le pont. La forme était gracieuse et l'aspect satisfaisant.

Les deux stations extrêmes étaient desservies par des ascenseurs mûs par des moteurs hydrauliques oscillants du système Mégy, que nous allons également décrire.

## MOTEUR HYDRAULIQUE OSCILLANT, Système Mégy

(Planches 101-102)

Les moteurs hydrauliques faisant mouvoir les ascenseurs des ponts roulants étaient accouplés en ligne droite sur un bâti en fonte comme l'indique la figure ci-dessous.

La figure 1-2 (pl. 101-102), indique l'ensemble d'un moteur simple de ce type. Les conditions d'établissement sont les suivantes, pour les deux moteurs.

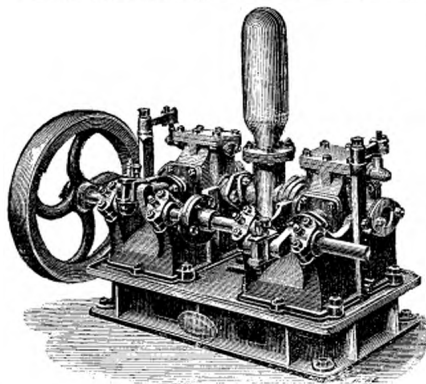
Diamètre des cylindres . . . . .	0,100
Course des pistons . . . . .	0,130
Volume par tour en litres . . . . .	1,95
Nombre de tours par minute . . . . .	120
Mètres cubes d'eau par heure . . . . .	14,040
Hauteur de chute en mètres . . . . .	20
Force théorique développée en chevaux . . . . .	1 cheval par moteur.

*Considérations générales.* — Les moteurs hydrauliques se prêtent éminem-

ment, on le sait, à de nombreuses applications dans la petite industrie, principalement dans les centres manufacturiers qui possèdent des distributions d'eau.

La sécurité absolue qu'ils présentent permet de les mettre entre les mains du premier venu. Leur entretien est d'autant plus économique que l'eau, après avoir fourni son travail, n'est pas perdue; elle peut servir à tous les autres usages pour lesquels la pression n'est pas nécessaire.

Ces avantages font préférer, dans la plupart des cas les moteurs hydrauliques à tout autre moteur, les moteurs à gaz notamment.



Un des moteurs les plus répandus, avant l'invention du moteur Mégy, était le moteur Schmidt.

Mais cet appareil, d'une construction très simple et bien étudiée, à beaucoup d'égards, ne donne un bon rendement qu'entre des mains expérimentées et au prix d'un réglage exact et difficile à maintenir, car il dépend de la pression exercée par le cylindre sur le support qui le guide dans son mouvement d'oscillation et qui fait en même temps office de tiroir.

Or, si cette pression, réglée suivant la chute d'eau et l'état du moteur par une vis, est trop forte, le travail absorbé par le frottement est considérable et le rendement mauvais. Est-elle, au contraire, insuffisante, le joint est défectueux, et l'eau s'échappe.

Ainsi, dans un cas, perte de travail, et, dans l'autre cas, perte d'eau.

Un autre défaut qui rend plus sensible encore celui que nous venons de signaler est la lenteur avec laquelle se découvrent les orifices d'admission et d'échappement.

Pour y remédier, il a fallu donner à ces orifices une longueur disproportionnée, augmentant ainsi la surface de frottement dont nous avons signalé l'inconvénient.

Malgré tout, la limite de vitesse à laquelle le moteur peut fonctionner sans choc est très promptement atteinte.

Ces inconvénients ne se produisent pas avec le moteur Mégy, construit de manière à éviter tout choc, même à des vitesses pouvant atteindre 300 tours, à l'abri des fuites et présentant toutes les conditions voulues pour un graissage facile des organes.

*Description.* — Les figures 1 et 2 qui indiquent la coupe longitudinale et transversale du moteur Mégy et la description qui va suivre feront bien comprendre l'appareil et son fonctionnement.

Le moteur se compose principalement d'un bâti en fonte portant les tourillons du cylindre et les paliers de l'arbre vilebrequin. B est le cylindre oscillant, venu de fonte avec les conduits d'admission et d'évacuation K et L. E, tige bielle reliée à un piston étanche avec garnitures en segments de fonte; M tiroir cylindrique calé sur l'arbre horizontal dont l'axe se trouve au centre de la courbe convexe du tiroir et d'un mouvement spécial de distribution. Ce dernier se compose de: G, arbre passant dans deux douilles en bronze dans lesquelles il peut tourner librement, H, levier calé sur l'extrémité de l'arbre G et qui prend point d'appui sur le support S, portant le coussinet J. Les orifices ou conduits d'S aa' servant alternativement d'admission ou d'échappement règnent sur toute la largeur de la glace cylindrique; b est l'ouverture d'évacuation en communication avec le tuyau de décharge L.

*Fonctionnement.* — L'eau arrive sous pression par le tuyau K dans la boîte du tiroir M, elle s'introduit dans le cylindre par l'un des orifices a ou a'; dans

la position indiquée par les figures, le tiroir découvre, d'une part l'orifice *a* qui met en communication la partie arrière du cylindre B avec l'arrivée de l'eau et d'autre part fait communiquer les orifices *a* et *b* c'est-à-dire la partie avant du cylindre avec la conduite d'évacuation L; le mouvement de l'eau a alors lieu suivant les flèches. L'eau sous pression arrivée dans le cylindre, force le piston à se mouvoir et le conduit à l'extrémité de sa course avant; la tige-bielle E fait alors parcourir à l'arbre coudé environ une demi-circonférence, et en même temps chacun des points du cylindre B décrit un arc de cercle autour d'un axe commun, et notamment la tige G du tiroir qui décrit un arc de cercle ayant pour centre le point O.

D'un autre côté, l'extrémité de l'arbre G est reliée au levier H, et celui-ci, par sa jonction spéciale avec le support S, est forcé de passer constamment par un point invariable *j*; il se produit, au moyen de cette combinaison cinématique; un second mouvement de déplacement du tiroir simultané et relatif au mouvement d'oscillation du cylindre; c'est ce déplacement relatif qui produit la distribution. On voit, en effet, que l'orifice *a* précédemment d'admission devient celui d'échappement en étant mis en communication avec *b*, pendant que *a* laisse introduire l'eau sous pression sur la face avant du piston; celui-ci retourne vers sa position primitive et le bouton de manivelle achève une révolution complète autour de son centre.

Dans certains cas, il est nécessaire de pouvoir changer le sens de la marche. Cette condition se réalise très simplement dans le moteur Mégy par l'emploi d'un tiroir équilibré et d'un robinet à trois voies placé sur la conduite et permettant de faire arriver l'eau à volonté par la tubulure K en suivant le sens de la flèche ou en sens inverse par la tubulure L.

*Avantages.* — On voit par cette description que le moteur donne des ouvertures et des fermetures très rapides des orifices d'admission et d'échappement, il y a marche sans choc, même à des vitesses considérables. En fait on a pu obtenir jusqu'à 300 tours par minute; le tiroir cylindrique s'améliore en se rodant; l'expérience a démontré qu'au bout d'un certain temps de marche, son étanchéité devient remarquable; les joints sont facilement étanches à cause de leurs petites dimensions.

Le rendement est élevé, les pertes de charges sont réduites au minimum par suite de la grande section des orifices *a* et *a'* qui est supérieure au quart de celle du piston.

Ce rendement qui, dans les circonstances les plus favorables atteint 90 %, est en moyenne, de 75 % avec une vitesse de 100 à 170 tours et ne descend pas au-dessous de 30 % à la vitesse de 300 tours.

Les moteurs sont à un seul cylindre ou à deux cylindres accouplés. Dans le second il n'y a pas de point mort et l'appareil se met en marche sans l'aide de l'homme.

*Applications.* — Les moteurs hydrauliques *Mégy* se prêtent aux usages les plus variés, tels que commande de monte-charges, ascenseurs, ventilateurs, machines électriques.

De nombreuses applications existent : aux monte-charges des magasins du Printemps et du Bon Marché, chez Hetzel, etc...

Sept appareils fonctionnent aux Magasins Généraux de Bercy où ils actionnent des monte-sacs. L'eau motrice provient d'un réservoir situé à la partie supérieure des bâtiments où elle est refoulée au moyen d'une pompe de même système que le moteur. La mise en marche et l'arrêt s'obtiennent par la simple manœuvre du robinet, faite à distance au moyen d'une tringle ; quand la charge arrive au haut du bâtiment, l'arrêt se produit automatiquement. Il n'eût pas été possible, avec tout autre moteur à gaz ou à vapeur, d'obtenir les mêmes avantages de simplicité et de sécurité.

L'économie de consommation d'eau est supérieure à celle qu'eussent donnée des moteurs à gaz ou une transmission générale. En effet, les moteurs hydrauliques ne tournant que pendant le levage des sacs, la consommation d'eau est exactement proportionnelle au travail produit.

Sans vouloir entrer ici dans le détail des chiffres, nous dirons seulement qu'aux Magasins Généraux le mètre cube d'eau prise dans un puits et élevée dans un réservoir à 20 mètres de hauteur revient à 2 centimes et élève à la même hauteur 600 kilogrammes de marchandises.

Le moteur *Mégy* fonctionne à toutes les pressions, depuis 2 mètres de chute. Toutefois, pour obtenir un rendement suffisant, il faut disposer d'une pression minimum de 10 à 15 mètres. Le moteur se prête, avec quelques modifications dans la distribution, aux hautes pressions de 30 à 40 atmosphères.

Le moteur *Mégy* est réversible, c'est-à-dire qu'en le faisant tourner en sens inverse, il agit comme une pompe aspirante et foulante. Le tiroir doit, dans ce cas, être équilibré comme pour le moteur à changement de marche. L'eau suit alors le sens inverse des flèches ; aspirée par la tubulure L, elle est refoulée par la tubulure K.

La pompe *Mégy* a toutes les qualités que nous avons signalées dans le moteur. Comparée aux pompes ordinaires à piston, elle présente l'avantage de ne pas avoir de clapets. Grâce à cela, grâce aussi à la rapidité d'ouverture et de fermeture des orifices, elle fonctionne à grande vitesse sans chocs et avec un rendement élevé. A dimensions égales, sa puissance est supérieure. Elle se comporte également bien avec des eaux boueuses et chargées qui mettent rapidement les clapets hors de service ou entravent le fonctionnement. De même aussi avec des sirops ou autres substances visqueuses.

Comparée aux pompes centrifuges, la pompe *Mégy* donne un rendement supérieur, à des vitesses très variables ; tandis que, pour obtenir un rendement suffisant, la pompe centrifuge doit toujours fonctionner à sa vitesse normale, la

pompe Mégy peut tourner à une vitesse quelconque en rapport avec la quantité d'eau qu'elle doit élever.

M. Mégy a fait des applications de son système aux Magasins Généraux de Bercy déjà cités, au camp d'Avor, aux Magasins du Louvre, à la manufacture des glaces de Montluçon, etc. Dans ce dernier cas la pompe est actionnée par un moteur à vapeur du même système, également oscillant. Elle a été employée avec le même mode de commande comme pompe alimentaire.

Le tableau suivant, qui a été obtenu avec un rendement moyen de 70 % peut guider dans le choix des modèles.



NUMÉROS	VOLUME par tour (en litres)	PISTON		NOMBRE de tours par minute	MÈTRES CUBES d'eau par heure	HAUTEUR DE CHUTE (en mètres)										MÈTRES CUBES d'eau débités par heure comme pompe
		Diamètre en millim.	Course en millim.			15	20	30	40	50	60	70	80	90	100	
						Force en chevaux										
1° MOTEURS A UN CYLINDRE																
1	0.071	32	50	100	0.429	0.017	0.022	0.034	0.045	0.056	0.068	0.079	0.090	0.102	0.113	0.390
				250	1.072	0.042	0.056	0.085	0.113	0.142	0.171	0.198	0.227	0.256	0.284	0.860
				500	1.716	0.068	0.090	0.136	0.181	0.227	0.272	0.318	0.363	0.408	0.454	1.200
2	0.183	50	70	100	1.101	0.044	0.058	0.088	0.117	0.146	0.176	0.205	0.234	0.264	0.292	0.990
				200	2.202	0.088	0.117	0.176	0.234	0.292	0.352	0.410	0.468	0.528	0.585	1.760
				300	3.303	0.132	0.175	0.264	0.351	0.438	0.528	0.615	0.702	0.792	0.877	2.300
3	0.967	80	100	80	4.643	0.186	0.248	0.373	0.495	0.621	0.746	0.868	0.991	1.119	1.242	4.000
				160	9.286	0.373	0.495	0.746	0.990	1.242	1.492	1.736	1.982	2.238	2.484	7.400
				240	13.929	0.560	0.743	1.119	1.485	1.863	2.238	2.604	2.973	3.357	3.726	10.000
4	1.950	100	130	60	7.020	0.282	0.376	0.564	0.752	0.940	1.128	1.306	1.504	1.692	1.880	6.500
				120	14.040	0.564	0.752	1.128	1.504	1.880	2.156	2.632	3.008	3.384	3.760	11.500
				180	21.060	0.846	1.128	1.692	2.256	2.820	3.384	3.948	4.512	5.076	5.640	14.700
5	3.560	125	150	50	10.682	0.427	0.569	0.854	1.138	1.423	1.708	1.992	2.276	2.562	2.846	9.000
				100	21.364	0.854	1.138	1.708	2.278	2.846	3.416	3.984	4.552	5.124	5.692	16.000
				150	32.046	1.281	1.707	2.562	3.414	4.269	5.124	5.976	6.828	7.686	8.538	22.000
6	6.860	150	200	40	16.476	0.653	0.881	1.306	1.755	2.204	2.612	3.061	3.510	3.918	4.409	14.850
				80	32.952	1.306	1.763	2.612	3.510	4.409	5.224	6.122	7.020	7.832	8.818	27.400
				120	49.428	1.959	2.645	3.918	5.265	6.614	7.836	9.183	10.530	11.750	13.228	34.500

NUMÉROS	VOLUME par tour (en litres)	PISTON		NOMBRE de tours par minute	MÈTRES CUBES d'eau par heure	HAUTEUR DE CHUTE (en mètres)										MÈTRES CUBES d'eau débités par heure comme pompe
		Diamètre en millim.	Course en millim.			15	20	30	40	50	60	70	80	90	100	
Force en chevaux																
2° MOTEURS A DEUX CYLINDRES																
1 <sup>bis</sup>	0.142	32	50	100	0.858	0.034	0.044	0.068	0.090	0.112	0.136	0.158	0.180	0.204	0.226	0.780
				250	2.144	0.083	0.112	0.170	0.226	0.284	0.342	0.596	0.454	0.512	0.568	1.720
				400	3.432	0.136	0.108	0.272	0.362	0.454	0.544	0.636	0.727	0.816	0.908	2.400
2 <sup>bis</sup>	0.366	50	70	100	2.202	0.088	0.116	0.176	0.234	0.292	0.352	0.410	0.468	0.528	0.584	1.980
				200	4.404	0.176	0.234	0.352	0.468	0.584	0.703	0.820	0.936	1.056	1.170	3.520
				300	6.606	0.264	0.350	0.528	0.702	0.876	1.056	1.230	1.404	1.584	1.754	4.600
3 <sup>bis</sup>	1.934	80	100	80	9.286	0.372	0.496	0.746	0.990	0.242	1.492	1.736	1.982	2.238	2.484	8.000
				120	18.572	0.746	0.990	1.492	1.980	2.484	2.984	3.472	3.964	4.476	4.968	14.800
				240	27.858	1.120	1.486	2.238	2.970	3.726	4.476	5.208	5.946	6.714	7.452	20.000
4 <sup>bis</sup>	3.900	100	130	60	14.040	0.564	0.752	1.128	1.504	1.880	2.256	2.632	3.008	3.384	3.760	13.000
				120	28.080	1.128	1.504	2.256	3.008	3.760	4.512	5.264	6.016	6.768	7.520	23.000
				180	42.120	1.692	2.256	3.384	4.512	5.640	6.768	7.896	9.024	10.152	11.280	29.400
5 <sup>bis</sup>	7.120	25	150	50	21.364	0.854	1.138	1.700	2.276	2.846	3.416	3.984	4.552	5.124	5.692	18.000
				100	42.728	1.708	2.276	3.416	4.552	5.692	6.832	7.968	10.104	10.248	11.384	32.000
				150	64.092	2.562	3.414	5.124	6.828	8.538	10.248	11.952	13.656	15.372	17.076	44.000
6 <sup>bis</sup>	13.720	150	200	40	32.952	1.306	1.762	2.612	3.510	4.408	5.224	6.122	7.020	7.836	8.818	29.700
				80	65.904	2.612	3.526	5.225	7.020	8.818	10.448	12.244	14.040	15.664	17.636	52.800
				120	98.856	3.918	5.290	7.836	10.530	13.228	16.672	18.366	21.060	23.500	26.456	69.000

Les prix des moteurs Mégy ne sont pas bien élevés. Nous remarquerons que le moteur le plus petit ayant un diamètre de 32 millimètres, une course de 50 millimètres coûte 290 fr., tandis que le plus grand modèle qui a un diamètre de 150 millimètres et une course de 200 millimètres est livré au prix de 1350 fr.

---



# TABLE DES MATIÈRES

## 3<sup>e</sup> Partie.

### LES TRAVAUX PUBLICS

#### Canaux, ports maritimes et fluviaux.

par M. FLAMANT.

Inspecteur général des Ponts et Chaussées.

	Pages
<b>Ascenseurs hydrauliques des Fontinettes et de la Louvière . . .</b>	<b>3</b>
Considérations générales . . . . .	3
Principes du fonctionnement des ascenseurs . . . . .	5
Sas mobiles . . . . .	5
Portes levantes aux abouts des sas et aux extrémités des biefs . . . . .	7
Joints étanches entre les sas et aqueducs . . . . .	10
Tours-passerelles . . . . .	12
Vannes de communication . . . . .	13
Distributeurs des presses . . . . .	15
Machinerie . . . . .	17
Fonctionnement des ascenseurs . . . . .	20
Cuvelage et fondations des puits des presses . . . . .	22
Corps de presses . . . . .	23
Appareils servant à enlever l'eau des cales . . . . .	28
Cabestan hydraulique . . . . .	29
 <b>Portes des écluses du canal du Havre à Tancarville . . . . .</b>	 <b>31</b>
Navigation de la Basse-Seine, canal du Havre à Tancarville . . . . .	32
Plan de l'écluse Est du canal de Tancarville . . . . .	33
Coupe du tourillon de la porte de l'écluse . . . . .	34
Coupe de la crapaudière . . . . .	34
Attache sur la porte de la chaîne de manœuvre . . . . .	34
Coupe verticale et horizontale du débrayage . . . . .	35
Manœuvre à bras des portes d'écluse . . . . .	35
 <b>Écluse de Bougival . . . . .</b>	 <b>36</b>
Dispositions générales . . . . .	36
 <b>REVUE TECHNIQUE. — TROISIÈME PARTIE.</b>	 <b>1</b>

	Pages
Appareils hydrauliques. . . . .	37
Machinerie et accumulateurs . . . . .	38
Turbines . . . . .	38
Pompe de compression . . . . .	38
Bâche d'alimentation . . . . .	38
Pompes élévatoires . . . . .	38
Accumulateurs . . . . .	39
Appareils de sûreté . . . . .	39
Vannage d'admission dans les puits des turbines . . . . .	40
Tuyautage de distribution . . . . .	40
Tuyautage de retour . . . . .	40
Pression effective dans ces tuyaux, . . . . .	41
Emploi de la glycérine et du chlorure de magnésium en hiver . . . . .	41
Appareils récepteurs placés dans les écluses. . . . .	41
Appareils de manœuvre de la grande écluse . . . . .	41
Appareils des portes de la petite écluse. . . . .	42
Appareils de secours pour les manœuvres à bras des portes d'écluse. . . . .	42
Appareils de manœuvre des vannes des aqueducs de remplissage et de vidange des sas. . . . .	42
Appareils de manœuvre à bras des vannes des aqueducs de remplissage et de vidange des sas de la grande écluse . . . . .	43
Cabestans hydrauliques. . . . .	41
Clapets d'arrêts et robinets de vidange adaptés à tous les appareils . . . . .	44
Fonctionnement du système . . . . .	44
Dépense d'eau sous pression pour une écluse complète . . . . .	45
Capacité de trafic des écluses de Bougival . . . . .	46
Dépenses de la nouvelle dérivation de Bougival . . . . .	46
Dépenses d'établissement des appareils hydrauliques . . . . .	46
Dépenses d'exploitation des appareils hydrauliques. . . . .	47
<b>Barrage de Poses . . . . .</b>	<b>49</b>
<i>Exposé de la situation matérielle de la Basse-Seine entre Paris et Rouen avant 1878 . . . . .</i>	<i>49</i>
Retenues anciennes et nouvelles de la Seine entre Paris et Rouen . . . . .	51
Retenue de Poses.—Écluses de Poses . . . . .	52
Bief de Suresnes . . . . .	53
Bief de Bougival . . . . .	53
Bief de Denonval-Carières . . . . .	53
Bief de Meulan. . . . .	53
Bief de Mericourt . . . . .	53
Bief de Port-Villez . . . . .	53
Bief de Notre-Dame-de-la-Garenne . . . . .	54
Bief de Poses . . . . .	54
Bief de Saint-Aubin . . . . .	54
Bief de Rouen . . . . .	54

	Pages
<b>Barrage de Poses.</b> . . . . .	55
Description générale des ouvrages . . . . .	56
Écluses. . . . .	56
Barrage accolé . . . . .	57
Barrage de Poses. — Dispositions générales . . . . .	57
Détail des maçonneries. — Piles et culées . . . . .	57
Bornes-heurtoirs . . . . .	58
Radiers . . . . .	58
Ponts supérieurs . . . . .	59
Poutres à treilles. . . . .	59
Pièces de pont et tablier de suspension . . . . .	60
Tablier d'amont . . . . .	60
Tablier aval supérieur des passes non navigables . . . . .	61
Appareils d'appui et chariots de dilatation . . . . .	61
Dépenses des ponts supérieurs . . . . .	61
Installations aux abords . . . . .	61
Voies de communication . . . . .	62
Cadres articulés. — Montants . . . . .	62
Cadres. . . . .	63
Chaines de relevage des arbres. . . . .	63
Suspension et articulation des cadres . . . . .	63
Passerelle mobile . . . . .	63
Rideaux articulés. . . . .	63
Lames. . . . .	64
Sabots d'enroulement . . . . .	64
Charnières . . . . .	64
Suspension et guidage des rideaux. . . . .	64
Chaines de manœuvre . . . . .	65
Peinture . . . . .	65
Prix des rideaux . . . . .	65
Appareils de manœuvre . . . . .	65
Détail et durée de la manœuvre . . . . .	65
Appareil à vapeur. . . . .	66
Exécution des travaux . . . . .	66
Poids de la partie métallique. . . . .	67
Durée d'exécution et prix de revient . . . . .	67
Fonctionnement du barrage . . . . .	68
 <b>Barrage de Suresnes.</b> . . . . .	 69
Écluses . . . . .	70
Plan du barrage de Suresnes . . . . .	70
Fondations . . . . .	71
Aqueducs de vidange et de remplissage des sas . . . . .	71
Radiers . . . . .	72
Bucs . . . . .	72
Trous à batardeaux. . . . .	72
Puisards . . . . .	73
Portes. . . . .	73

	Pages
Estacades . . . . .	73
Prix de revient, d'après les décomptes définitifs complètement réglés et soldés . . . . .	73
Ecluses . . . . .	73
Portes . . . . .	74
Estacades . . . . .	74
Ouvrages annexes . . . . .	74
Barrage (parties fixes) . . . . .	75
Radier proprement dit . . . . .	75
Enceinte . . . . .	76
Avant-radier . . . . .	76
Arrière-radier . . . . .	77
Culées . . . . .	77
Passe-déversoir et passe surélevée . . . . .	77
Exécution des ouvrages . . . . .	78
Dépenses . . . . .	78
Barrage (parties mobiles) . . . . .	80
Fermettes . . . . .	80
Passerelle . . . . .	81
Diagramme de relèvement des fermettes de la passe navigable . . . . .	82
Prix de revient . . . . .	83
Engins de fermeture . . . . .	83
Vannes . . . . .	83
Manœuvre des vannes . . . . .	84
Prix de revient de la partie mobile du barrage . . . . .	86
Aménagement des terre pleins des îles . . . . .	86
Résumé des prix d'exécution . . . . .	86
<b>Écluse à sas d'entrée du bassin Freycinet (Port de Dunkerque) . . . . .</b>	<b>88</b>
Dispositions générales . . . . .	88
Dimensions principales . . . . .	89
Organes de sasement . . . . .	89
Détails de construction . . . . .	91
Dépense . . . . .	92
Portes busquées . . . . .	93
Portes-valets . . . . .	93
Portes tournantes des aqueducs transversaux . . . . .	93
Portes en éventail des aqueducs longitudinaux . . . . .	94
Dépenses . . . . .	94
Moteurs hydrauliques des treuils des portes d'ébe . . . . .	95
» des portes tournantes des aqueducs . . . . .	95
» des portes en éventail . . . . .	95
Dépenses des moteurs hydrauliques . . . . .	96
Exécution des travaux . . . . .	96
<b>Pont roulant sur l'écluse du bassin à flot de Saint-Malo . . . . .</b>	<b>97</b>
Plan général du bassin à flot de Saint-Malo . . . . .	98
Pont . . . . .	100



	Pages
Chevêtre . . . . .	101
Appareils de translation . . . . .	101
Presse de soulèvement . . . . .	101
Figure théorique de la balance hydrostatique. . . . .	103
Coupe horizontale de la presse du récupérateur . . . . .	103
Coupe verticale et plan du récupérateur. . . . .	104
Galets de roulement . . . . .	105
Poids des principales pièces du pont . . . . .	107
 <b>Siphons déversoirs du bassin de Saint-Christophe (canal de Mar-</b>	
<b>seille) . . . . .</b>	<b>108</b>
Description générale. . . . .	108
Plan du bassin de Saint-Christophe . . . . .	109
Siphons . . . . .	110
Coupe et plan par dessous de l'extrémité d'une tuyère . . . . .	111
Amorçeur . . . . .	111
Désamorçeur . . . . .	112
Coupe de l'entonnoir du désamorçeur . . . . .	112
Pavillon des siphons . . . . .	113
Coupe transversale du barrage, élévation latérale du pavillon des siphons . . . . .	113
Plan de la plate-forme du pavillon des siphons. . . . .	115
Fonctionnement des appareils . . . . .	116
Mode d'exécution des ouvrages. . . . .	118

## Les appareils de levage à l'Exposition Universelle de 1889

PAR MM. L. MÉGY ET J. IGERT.

Introduction. . . . .	119
<i>Appareils de levage de M. Guyenet . . . . .</i>	<i>121</i>
<i>Treuil roulant électrique . . . . .</i>	<i>121</i>
Description . . . . .	121
Fonctionnement. . . . .	122
<i>Grue électrique . . . . .</i>	<i>124</i>
Conditions principales de l'appareil . . . . .	125
Grue électrique Guyenet . . . . .	126
Installation générale de déchargement de navires et d'arrimages dans des magasins où sur wagons. . . . .	128
<i>Chargeur de rails. . . . .</i>	<i>129</i>
Description des chargeurs de rails. . . . .	130

	Pages
Treuil roulant . . . . .	132
Pince automatique . . . . .	133
Manœuvre des chargeurs . . . . .	134
<i>Grue à vapeur.</i> . . . .	135
Conditions générales d'établissement. . . . .	135
Moteurs. — Mécanismes . . . . .	136
Treuil de levage . . . . .	136
Treuil d'orientation . . . . .	136
Treuil de translation . . . . .	137
Treuil de relevage de la volée . . . . .	137
<i>Appareils de levage de la maison Verlinde à Lille</i> . . . . .	137
Données générales . . . . .	137
<i>Grue roulante à vapeur automobile de la Maison J. Voruz aîné à Nantes</i> . . . . .	139
Parties principales . . . . .	139
Truc . . . . .	139
Plate-forme . . . . .	140
Flèches. Tirants . . . . .	141
Machine à vapeur. . . . .	141
Chaudière . . . . .	141
Treuil élévatoire . . . . .	142
Treuil d'orientation. . . . .	142
Treuils de translation et de halage . . . . .	143
Toiture . . . . .	143
Dimensions principales et vitesse des divers mouvements . . . . .	143
Caractères distinctifs de ce type de grue. . . . .	144
<i>Grue flottante de MM. Hunter et English à Londres</i> . . . . .	145
Fonctionnement. . . . .	146
<i>Maison Gustin aîné et fils à Deville (Ardennes).</i> . . . .	148
Considérations générales . . . . .	149
<i>Appareils de levage, maison Bernier.</i> . . . .	151
Données générales . . . . .	151
<i>Sonnette à vapeur de la maison Decour-Lacour à la Rochelle.</i> . . . .	153
Sonnette à vapeur . . . . .	153
<i>Compagnie de Fives-Lille.</i> . . . .	157
Appareil de levage de Toulon . . . . .	158
— — de l'arsenal de la Spezzia. . . . .	159
<i>Description générale de l'appareil de la Compagnie de Fives-Lille</i> . . . . .	160
Fondations . . . . .	160
Presse de levage . . . . .	161
Presse d'oscillation . . . . .	162

	Pages
Appareil multiplicateur. . . . .	162
Appareil de levage des petites charges . . . . .	163
Tuyauterie . . . . .	163
Plate-forme du conducteur . . . . .	164
Travail maximum adopté pour les pièces . . . . .	164
Conditions d'établissement. . . . .	165
Appareil multiplicateur. . . . .	166
Conclusion. . . . .	166
<i>Appareil de levage, système Ravelli . . . . .</i>	<i>167</i>
Données générales . . . . .	168
Transmission de mouvement réalisée par le système Ravelli . . . . .	171
Au point de vue du rendement . . . . .	171
» de la sécurité . . . . .	171
» de la simplicité des manœuvres . . . . .	171
» de la durée. . . . .	171
» des dimensions . . . . .	171
» de l'entretien . . . . .	171
» des réparations . . . . .	172
<i>Appareils hydrauliques de la gare Saint-Lazare . . . . .</i>	<i>174</i>
<i>Grue fixe à pivot tournant et à double puissance de 3.000 et 5.000 kilogrammes par la Compagnie de Fives-Lille . . . . .</i>	<i>174</i>
Description . . . . .	175
Pivot, flèche et tirants . . . . .	175
Appareil d'élévation de la charge . . . . .	177
» d'orientation de la charge . . . . .	177
Tiroir . . . . .	177
Cuvelage. — Socle . . . . .	178
Résultat des essais . . . . .	178
Résumé . . . . .	178
<i>Ascenseurs de M. Samain et Co. . . . .</i>	<i>179</i>
Données générales . . . . .	179
<i>Ascenseur électrique du Palais des Machines construit par M. J. Chrétien . . . . .</i>	<i>183</i>
Données générales . . . . .	185
<i>Appareils de levage (système Mégy) . . . . .</i>	<i>184</i>
Description générale. . . . .	186
Dispositions essentielles . . . . .	189
Fonctionnement du frein automatique droite et gauche . . . . .	190
Conséquences . . . . .	191
Fonctionnement du frein automatique avec régulateur de vitesse. . . . .	191
Conséquences . . . . .	192
Fonctionnement du frein automatique mixte . . . . .	192
Conséquences . . . . .	193
Cliquet dormant système Mégy. . . . .	193

	Pages
<i>Treuil vertical, type mixte force 5.000 kilogrammes.</i> . . . . .	194
Données générales . . . . .	194
<i>Treuil appliqué à régulateur avec cliquet dormant, force 500 kilogrammes</i> . .	195
Considérations générales . . . . .	195
<i>Treuil vertical, à régulateur, à desserrage central, force 500 kilogrammes.</i> . .	195
Considérations générales . . . . .	195
<i>Micro-treuil vertical, type mixte, force 3.000 kilogrammes</i> . . . . .	196
Données générales . . . . .	196
<i>Pont roulant avec treuil mixte, force 3.000 kilogrammes, portée 9.262</i> . . .	197
Données générales . . . . .	198
<i>Monte-charges de 1.500 kilogrammes.</i> . . . . .	199
Considérations générales . . . . .	199
Poulie de sûreté . . . . .	199
<i>Machine à vapeur horizontale, système Mégy</i> . . . . .	201
Données générales. . . . .	201
<i>Moteur à vapeur oscillant de 110-160</i> . . . . .	202
Considérations générales. . . . .	202
<i>Embrayage reliant la machine au monte-charges.</i> . . . . .	202
<i>Treuil à tambour, type droite et gauche.</i> . . . . .	203
<i>Pont roulant électrique de 10 tonnes, système Mégy, Echeverria et Bayan.</i> . .	204
Description de l'appareil . . . . .	204
<i>Embrayage-frein, système Mégy</i> . . . . .	206
Principe et fonctionnement de l'appareil . . . . .	206
Considérations générales. . . . .	207
<i>Moteur hydraulique oscillant, système Mégy</i> . . . . .	208
Considérations générales. . . . .	208
Description. . . . .	209
Fonctionnement . . . . .	209
Avantages . . . . .	210
Applications . . . . .	211
Tableau du rendement du moteur à un cylindre . . . . .	213
» » » deux cylindres . . . . .	214

# INDEX ALPHABÉTIQUE

---

## B

Bazan. . . . .	204	Bougival . . . . .	36, 46, 53
Bernier. . . . .	151		

## C

Chrétien . . . . .	183	Compagnie de Fives-Lille. . . . .	157, 174
--------------------	-----	-----------------------------------	----------

## D

Decout . . . . .	153	Dunkerque . . . . .	88
Denonval-Carrière. . . . .	53		

## E

Echeverria . . . . .	204	English. . . . .	145
----------------------	-----	------------------	-----

## F

Flamant . . . . .	3	Freycinet . . . . .	88
Fontinettes . . . . .	3		

## G

Gare Saint-Lazare. . . . .	174	Guyenet. . . . .	121, 126
Gustin . . . . .	148		

## H

Havre . . . . .	31	Hunter. . . . .	145
-----------------	----	-----------------	-----

## I

Igert. . . . .	119		
----------------	-----	--	--

## L

Lacour. . . . .	153	La Louvière . . . . .	3
-----------------	-----	-----------------------	---

## M

Mégy . . . . .	113, 186, 193, 201, 204, 206	Meulan. . . . .	53
Méricourt. . . . .	53		

## N

Notre-Dame de la Garenne. . . . .	54		
-----------------------------------	----	--	--

**P**

Paris. . . . .	49	Poses . . . . .	49, 52, 54, 55, 57
Port-Villez. . . . .	53		

**R**

Ravelli. . . . .	167	Rouen. . . . .	49, 54
------------------	-----	----------------	--------

**S**

Samain. . . . .	178	Saint-Malo. . . . .	97
Saint-Aubin . . . . .	54	Suresnes . . . . .	53, 69, 70
Saint-Christophe . . . . .	108		

**T**

Tancarville. . . . .	31, 33	Toulon . . . . .	158
----------------------	--------	------------------	-----

**V**

Verlinde . . . . .	137	Voruz . . . . .	139
--------------------	-----	-----------------	-----

