

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).

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 1900. Texte
Titre	Revue technique de l'exposition universelle de 1900
Numérotation	1, 1900 - 14, 1901
Adresse	Paris : E. Bernard et Cie, 1900-1901
Collation	14 vol. ; in-8
Nombre de volumes	14
Cote	CNAM-BIB 8 Xae 585
Sujet(s)	Exposition universelle (1900 ; Paris)
Permalien	https://cnum.cnam.fr/redir?8XAE585
LISTE DES VOLUMES	
	1. Première partie. Architecture et construction. Tome I
	2. Deuxième partie. Matériel et procédés généraux de la mécanique. Tome I
	3. Deuxième partie. Matériel et procédés généraux de la mécanique. Tome II
	4. Deuxième partie. Matériel et procédés généraux de la mécanique. Tome III
	5. Troisième partie. Électricité. Tome I
	6. Quatrième partie. Génie civil. Tome I
VOLUME TÉLÉCHARGÉ	7. Quatrième partie. Génie civil. Tome II
	8. Cinquième partie. Moyens de transport
	9. Sixième partie. Génie rural et industries agricoles et alimentaires. Tome I
	10. Sixième partie. Génie rural et industries agricoles et alimentaires. Tome II
	11. Septième partie. Mines et métallurgie. Tome I
	12. Huitième partie. Industries textiles
	13. Neuvième partie. Industries chimiques et diverses
	14. Dixième partie. Armées de terre et de mer

NOTICE DU VOLUME TÉLÉCHARGÉ	
Titre	Revue technique de l'exposition universelle de 1900
Volume	7. Quatrième partie. Génie civil. Tome II
Adresse	Paris : E. Bernard et Cie, 1901
Collation	1 vol. (412 p.) : ill. en noir et blanc ; 27 cm
Nombre de vues	418
Cote	CNAM-BIB 8 XAE585.7
Sujet(s)	Exposition universelle (1900 ; Paris) Navigation intérieure -- 19e siècle
Thématique(s)	Expositions universelles
Typologie	Revue
Langue	Français
Date de mise en ligne	06/10/2010
Date de génération du PDF	06/02/2026
Recherche plein texte	Disponible
Notice complète	https://www.sudoc.fr/152558683
Permalien	https://cnum.cnam.fr/redir?8XAE585.7

REVUE TECHNIQUE
DE
L'EXPOSITION UNIVERSELLE
DE 1900

COURBEVOIE

IMPRIMERIE E. BERNARD ET C^{ie}

14, RUE DE LA STATION, 14

BUREAUX A PARIS : 29, QUAI DES GRANDS-AUGUSTINS

70797

8° Lar 585-4

180 366.7

Revue Technique
DE
L'EXPOSITION UNIVERSELLE
DE 1900

*Par un Comité d'Ingénieurs,
d'Architectes, de Professeurs et de Constructeurs*

Directeur

CH. JACOMET ✱

DIRECTEUR-INGÉNIEUR DES POSTES ET TÉLÉGRAPHES

DIRECTEUR

DE L'ÉCOLE PROFESSIONNELLE SUPÉRIEURE
EN RETRAITE

QUATRIÈME PARTIE

Génie civil

TOME II

PARIS

E. BERNARD & C^{ie}, IMPRIMEURS-ÉDITEURS

29, Quai des Grands-Augustins, 29

1901

LA NAVIGATION INTÉRIEURE

(SECTION FRANÇAISE)

PAR

M. MAZOYER

INGÉNIEUR EN CHEF DES PONTS ET CHAUSSÉES.

Dans le réseau français de navigation intérieure, parmi les voies fréquentées, ce sont principalement les canaux qui dominent. On ne peut ranger dans cette catégorie, en fait de rivières, que la Seine, la Saône et le Rhône. Les autres fleuves et rivières de France ne jouent dans le réseau français qu'un rôle secondaire, soit parce qu'ils présentent un développement relativement faible en longueur (par exemple l'Adour) soit parce qu'ils présentent des conditions défectueuses de navigabilité (par exemple, la Loire). Nous n'avons pas à parler ici, bien entendu, des parties maritimes des fleuves et rivières.

Depuis 1889, l'Etat français n'a eu à se préoccuper que de maintenir ou de compléter l'état de navigabilité acquis sur ces cours d'eau naturels :

1° Sur la Seine et la Saône par des barrages mobiles susceptibles de présenter une ouverture graduée avec le débit des cours d'eau et aptes par suite à maintenir une tenue constante dans les biefs créés artificiellement dans ces rivières ;

2° Sur le Rhône, par des corrections, des resserrements et l'établis-

ment d'un tracé rationnel pour le chenal, les eaux gardant leur libre cours, de manière à ce que les chenaux de deux mouilles successives se raccordent par leurs extrémités au droit d'un seuil dérasé et ne se prolongent pas l'une parallèlement à l'autre, à leurs extrémités, en laissant un seuil plus difficile à déraser et à franchir entre les deux fosses successives l'une finissant, l'autre, commençant.

Il y a donc eu peu de choses nouvelles et saillantes à exposer en France au sujet des fleuves et rivières depuis 1889.

Nous citerons cependant, à propos des barrages mobiles :

1° L'emploi de vannes à galets dans les barrages mobiles à fermettes et à vannes, en vue de rendre la manœuvre des vannes plus facile et plus rapide et de réduire l'effort nécessaire à cette manœuvre, de manière à ce qu'elle soit rendue possible pour un seul homme.

Ainsi au barrage de Saint-Mammès (le modèle d'une vanne grandeur d'exécution, a été exposé classe 29), on a employé avec succès des panneaux de 0^m,42 de hauteur, sur 1^m,076 de longueur et à 0^m,045 d'épaisseur ne pesant que 28 kg.; et, si l'on fait tourner les galets autour de leur axe par l'intermédiaire d'une série de billes en acier, on arrive à réduire la résistance au dixième de ce qu'elle serait si le galet n'était pas muni de billes; on obtient un mouvement non seulement beaucoup plus rapide, mais encore beaucoup plus régulier. On évite le coinçage des panneaux entre les fermettes et, en outre, ce mécanisme n'est pas sujet à la rouille pourvu que les billes soient munies d'essence minérale.

Un panneau complet situé entre deux fermettes consécutives peut être ouvert en une minute et demie et fermé en trente secondes.

Il y a donc là une amélioration très notable et très utile dans la pratique dans la manœuvre du barrage à fermettes et à vannes.

Nous n'avons pas ici à exposer la longue et ardente lutte entre les barrages à fermettes et à vannes d'une part et le barrage à cadres et à rideaux (système Caméré) d'autre part. Cette lutte n'est peut-être pas complètement terminée; mais depuis le compte rendu officiel de l'Exposition en 1889, il n'y a pas eu d'occasion marquante de poursuivre la comparaison entre ces deux systèmes.

Dans les rivières canalisées, le tracé rationnel du chenal a moins d'importance que dans les rivières à cours libre, car, dans le premier cas, on s'efforce de réaliser une tenue qui donne le mouillage normal au-

dessus de tous les seuils, quelle que soit l'orientation de ces seuils.

Néanmoins, les déficiences du chenal ont, même dans ce cas, leur importance, car elles se traduisent non plus par une impossibilité absolue de passer, mais par un supplément dans les efforts de traction.

Ce sont ces augmentations normales dans les efforts de traction que M. l'Inspecteur général Caméré a cherché à mettre en évidence au moyen d'essais dynamométriques qui se traduisent graphiquement sur un instrument de mesure permettant d'opérer une représentation graphique de toutes les portions de rivière où il y a surélévation anormale des efforts de traction; de telle sorte qu'on peut y remédier par un remaniement de la section du cours d'eau dans ces parties de la voie navigable (un panneau de dessins a été exposé, classe 29).

Citons encore le fluviographe électrique également de M. Caméré qui permet l'enregistrement des variations de tenue des biefs et transmet même cet enregistrement au bureau des Ingénieurs chargés de l'exploitation de la voie navigable; ce qui permet un contrôle sûr et immédiat de toutes les manœuvres des barragistes.

A noter enfin l'application de l'électricité aux manœuvres des barrages mobiles et le remarquable exemple de cette application au barrage de Poses (chute normale 4^m, 18).

Dans un barrage mobile, le débit de la rivière devant être assuré, on dispose toujours d'une certaine force motrice, force minimum lorsque le débit de la rivière et la chute sont eux-mêmes descendus au minimum et ces deux conditions de minimum sont généralement remplies simultanément.

C'est surtout la force correspondant à ce courant de la rivière qu'on peut utiliser au moyen d'une transformation électrique plutôt que les eaux provenant du sasement des bateaux dans les écluses accolées aux barrages. Les sasements ont lieu à la demande des passages de bateaux, c'est-à-dire à intervalles de temps nécessairement irréguliers. On ne peut donc utiliser cette force qu'en l'accumulant, d'où une transformation plus coûteuse et parfois plus difficile. Dans les canaux, on pourrait également établir un débit continu; mais on l'évite en principe pour ne pas gêner la marche des bateaux à la remonte, du moins on n'établit ce courant que la nuit et on le limite au temps strictement nécessaire à l'alimentation.

Au contraire, dans une rivière, ce courant est continu et nécessaire. Son utilisation est donc plus immédiate et plus facile. Le récepteur qui

constitue la machine motrice électrogène sera naturellement, dans ce cas, une turbine.

À Poses, la turbine peut fournir douze chevaux sous la chute minimum de 0^m,80. Sa puissance peut s'élever jusqu'à trente chevaux sous la chute normale de la retenue.

Cette turbine commande deux dynamos dont chacune montée en dérivation débite 40 ampères sous une tension de 275 v. avec une vitesse de 900 tours à la minute.

Les dynamos chargent d'abord pendant le jour des batteries d'accumulateurs qui assurent l'éclairage pendant la nuit, au moyen de 70 lampes représentant un total de plus de 1000 bougies.

Le terre-plein des écluses est éclairé au moyen de lampes de 32 bougies espacées de 30 m, placées à 2^m,50 au-dessus du sol et munies de réflecteurs en tôle émaillée blanche inclinée de 45° sur l'horizon.

Le barrage est éclairé, au moment des manœuvres, par des lampes de 32 bougies placées dans une lanterne sur chaque pile.

En plus, les dynamos fournissent la force nécessaire :

1° Aux manœuvres des portes et des aqueducs des écluses accolées au barrage ;

2° Aux cabestans électriques ;

3° Aux treuils de manœuvre des cadres et des rideaux ainsi qu'à l'éclairage de ces treuils.

La grande écluse de Poses a un sas de 141 m de longueur sur 17 m de largeur. Les vantaux des portes ont une largeur de 6^m,82 et une hauteur de 7^m,20 à l'amont et de 8^m,85 à l'aval. Leur manœuvre exige en principe deux hommes par vantail.

Cette manœuvre s'effectue maintenant au moyen d'un moteur de 3250 w. de puissance. La puissance nécessaire n'est, en général, que de :

- 1700 w. pour l'ouverture des portes,
- 1200 w. pour la fermeture,
- 1200 w. pour l'ouverture des vannes,
- 700 pour leur fermeture.

Un cabestan électrique d'une force de sept chevaux peut aider aux manœuvres des bateaux dans l'écluse.

Enfin, les manœuvres courantes de réglage de la retenue sont faites

au moyen de treuils spéciaux circulant sur la passerelle de service. Ces treuils servent à relever d'abord les rideaux et à les enrouler, puis à relever les cadres.

Chacun des deux treuils électriques est muni d'un moteur :

- de 3 chevaux pour le relèvement des rideaux,
- de 7 chevaux pour le relèvement des cadres.

Ces appareils peuvent être au besoin débrayés et manœuvrés à bras.

On a pu enfin compléter cet ensemble d'installations électriques par un atelier de réparations comprenant quelques machines-outils, et installé dans le magasin du barrage.

Le barrage de Poses comporte donc un exemple des plus intéressants et des plus remarquables de l'application de la mécanique et de l'électricité aux manœuvres nécessaires à l'entretien et à l'exploitation des voies navigables.

Nous parlerons, à propos des canaux, des expériences sur la résistance des bateaux à la traction soit dans les canaux, soit dans les rivières.

Les canaux forment la partie la plus importante de l'exposition de navigation intérieure de l'Etat français.

Depuis 1889, l'objectif du Ministère des Travaux publics a été :

1° De poursuivre l'unification des canaux, sous le rapport des conditions de navigabilité, en assurant, à ceux de ces canaux qui ne le possédaient pas encore, les mêmes conditions de navigabilité que les canaux du Nord et de l'Est de la France.

Cette unification et l'amélioration qui en résultait pour les canaux transformés a principalement porté sur les canaux de la région du Centre ;

2° De continuer, dans la mesure des crédits disponibles, l'achèvement de deux canaux importants en cours de construction :

- le canal de la Marne à la Saône ;
- le canal de Montbéliard à la Haute-Saône.

L'unification des canaux du Centre avec ceux du Nord et de l'Est de la France et par suite avec ceux de l'Europe centrale (Allemagne, Belgique, Pays-Bas) a consisté principalement à modifier les éléments suivants employés autrefois comme étant en harmonie avec le genre de

bateaux qui fréquentaient les bassins de la Haute-Seine, de la Loire et de la Saône :

Longueur des écluses	30 ^m , 50
Largeur	5 ^m , 20
Mouillage	1 ^m , 60
Hauteur libre sous les ponts variable entre	2 ^m , 70 et 4 ^m

et à les porter aux dimensions suivantes :

Longueur des écluses	38 ^m , 50
Largeur	5 ^m , 20
Mouillage	2 ^m , 20
Hauteur libre sur les ponts	3 ^m , 70

Ces transformations ont eu lieu :

1° pour le canal de Bourgogne (242 kil.) de Laroche à Saint-Jean-de-Losne	} de 1881 à 1893
2° pour le canal de Briare et celui du Loing (108 kil.) de Briare à Saint-Mammès	
3° pour le canal du centre (114 kil.) de Dijon à Châlon-sur-Saône	

Aussi les principaux travaux de cette série de transformations ont-ils surtout figuré aux Expositions antérieures. Cependant on doit y mentionner un certain nombre de travaux complémentaires fort utiles à la batellerie et présentant un réel intérêt scientifique.

Pour le canal latéral à la Loire (200 km. avec les embranchements), la transformation a eu lieu de 1890 à 1898 ; elle s'achève en ce moment, sans être toutefois terminée sur les canaux de Roanne à Digoin et du Nivernais.

La transformation du canal latéral présentait trois difficultés importantes :

1° La suppression du passage à niveau du canal avec la Loire à Briare ;

2° L'adaptation des deux grands ponts-canaux de Digoin et du Guétin aux nouvelles conditions de navigabilité.

Aujourd'hui la France compte quatre grands ponts-canaux, dont trois sur le canal latéral (Briare, entièrement construit à neuf ; Digoin et le Guétin transformés) qui, avec le pont-canal déjà bien connu d'Agen constituent un remarquable ensemble de grands travaux hydrauliques

pour notre pays, et quatre monuments à citer, aussi bien au point de vue artistique et architectural qu'au point de vue de leur utilité.

C'est ce qui explique pourquoi le service de la navigation à Nevers a eu autant de travaux à exposer en 1900.

Pour rendre compte de la construction ou de la transformation de ces trois grands ponts-canaux, l'Etat présente au public :

1° Un modèle en relief du pont-canal de Briare.

2° Deux grands tableaux concernant les deux ponts-canaux de Briare et du Guétin.

Près de Briare, le canal latéral à la Loire passant d'une rive à l'autre, traversait autrefois le fleuve à niveau, mais pendant les deux tiers de l'année, le mouillage réalisé dans ce passage à niveau oblique et comptant 1 100 m de longueur était insuffisant même lorsque le mouillage normal était anciennement de 1^m,60. *A fortiori*, cette insuffisance eût été plus accentuée et aurait porté sur une fraction de l'année plus grande encore, depuis que le nouveau mouillage de 2^m,20 a été réalisé sur le canal latéral.

De là, la nécessité de franchir le fleuve d'une manière indépendante et forcément en dessus.

Mais à Briare, la Loire a déjà reçu son principal affluent, l'Allier. La hauteur des grandes crues s'élève à 6^m,50 et leur débit à 9 000 m³. En ce point, on ne peut songer, au point de vue du libre écoulement des eaux, à intercaler des piles de 3 m de largeur entre des ouvertures de moins de 40 m.

De plus, la hauteur manque pour le raccord avec les canaux voisins.

On est donc conduit à la forme de la poutre droite, à la solution de ce qu'on appelait autrefois un pont tubulaire. En effet, avec le fer travaillant à 6 k. les poutres double I formant les poutres de tête de la bache métallique, constituent les éléments essentiels de la résistance.

L'épaisseur moyenne à rive était de 10^{cm}

L'épaisseur maximum de 13^{cm}, 2

épaisseurs beaucoup trop grandes pour inspirer une sécurité complète.

Mais, pendant que certaines recherches conduisent à l'emploi de l'acier dur travaillant exclusivement à la compression dans les ponts en acier, d'autres recherches ont été faites pour l'emploi de l'acier doux travail-

lant dans les poutres droites à la flexion, c'est-à-dire tantôt à la compression, tantôt à l'extension selon la position du point considéré des semelles par rapport aux points d'appui.

Cet acier doux est caractérisé par les données mécaniques suivantes :

Allongement avant rupture	24 0/0
Charge de rupture	24 kg. par mm ²
Charge de rupture	42 » id.
Limite d'élasticité	22 » id.
Limite de travail (trous de rivets non déduits) 10 »	id.

Avec ce métal

L'épaisseur moyenne à river descend à	6 cm.
Epaisseur maximum à river sur quelques mètres seulement.	8 ^{cm} , 6

Le succès déjà obtenu dans deux exemples :

Pont de la Braye pour chemins de fer sur la ligne de Tours à Sargé et qui a figuré à l'Exposition de 1889 ;

Pont Caulaincourt pour voie de terre (Service municipal de la ville de Paris) ;

a conduit l'Administration à adopter ce métal pour le pont-canal de Briare.

Le problème du passage du canal au-dessus de la Loire à Briare a été ainsi résolu et du même jour date la consécration définitive de l'emploi de l'acier doux dans les constructions civiles en France. (Voir *Pl. 1 et 2*).

Les décisions ministérielles qui ont consacré officiellement le résultat de ces recherches sur les deux genres d'acier se résument dans le tableau ci-après :

<i>Ponts en arc</i>	<i>Ponts en poutre droite</i>
21 Juin 1884. Pont de Rouen (pont route) 655 tonnes d'acier laminé.	5 Octobre 1885. Ponts de la Braye. (chemins de fer de Tours à Sargé) 225 tonnes d'acier laminé.
25 Octobre 1886. Ponts Morand et Lafayette (ponts routes), 5 135 tonnes d'acier laminé.	17 Août 1886. Pont Caulaincourt (pont route) 650 tonnes d'acier laminé.
	24 Mars 1890. Pont canal de Briare 2 459 tonnes d'acier laminé.

La date du 24 mars 1890 mérite donc de marquer dans l'histoire de

la construction en France et quant à la première décision, celle du 5 octobre 1883, elle présente cette particularité intéressante qu'elle est signée par M. Alfred Picard, alors Directeur des chemins de fer au Ministère des Travaux Publics, actuellement Commissaire Général de l'Exposition.

Pour des ouvertures de 40 m, un canal à une voie de bateau du type Europe-Centrale conduit aux poids suivants :

DESIGNATION	CHARGE NORMALE	SURCHARGE
Métal	4,982	»
Chemins de halage, platage, etc	2,195	1,2
Charge d'eau au mouillage normal de 2 ^m ,20	15,60	0,4
Totaux.	22,777	1,6
Total par mètre courant.	24,377	

C'est environ le double d'un pont de chemin de fer à deux voies, à travées solidaires de 75 m d'ouverture sous sa charge d'épreuve.

La question importante dans la construction de l'ossature du pont-canal de Briare était celle de la stabilité d'une construction présentant un poids aussi considérable, aussi exceptionnel.

L'étanchéité n'a pas donné de difficulté.

Elle est assurée, à la jonction des divers bordages qui ont pour rôle de contenir l'eau, par de doubles couvre-joints présentant chacun par rapport à la ligne de séparation des tôles une saillie de 0^m,135 et de chaque côté de cette saillie deux files de rivets, espacées entre elles de 0^m,0635 et espacées des bords du couvre-joint de 0^m,030.

Les rivets de cette partie de la construction ont un diamètre de 20 mm (ceux des semelles des poutres maitresses atteignent un diamètre de 25 mm) et cette disposition se reproduit soit à l'intérieur de la bache du côté de l'eau, soit à l'extérieur à l'air libre.

Le pont-canal de Briare n'est pas moins remarquable par sa longueur totale (622^m,50) que par la dimension de ses travées. La poutre sur la Loire qui comprend quinze travées de 40 m (indépendamment des culées et du passage sur l'ancien canal latéral) a été fixée sur la pile n° 8. L'extrémité de la poutre peut, sous l'influence d'une variation de température de 50° (+ 30° et — 20°) se dilater de 0^m,13. Un joint spécial

comprenant d'abord un caoutchouc puis des étoupes comprimées entre

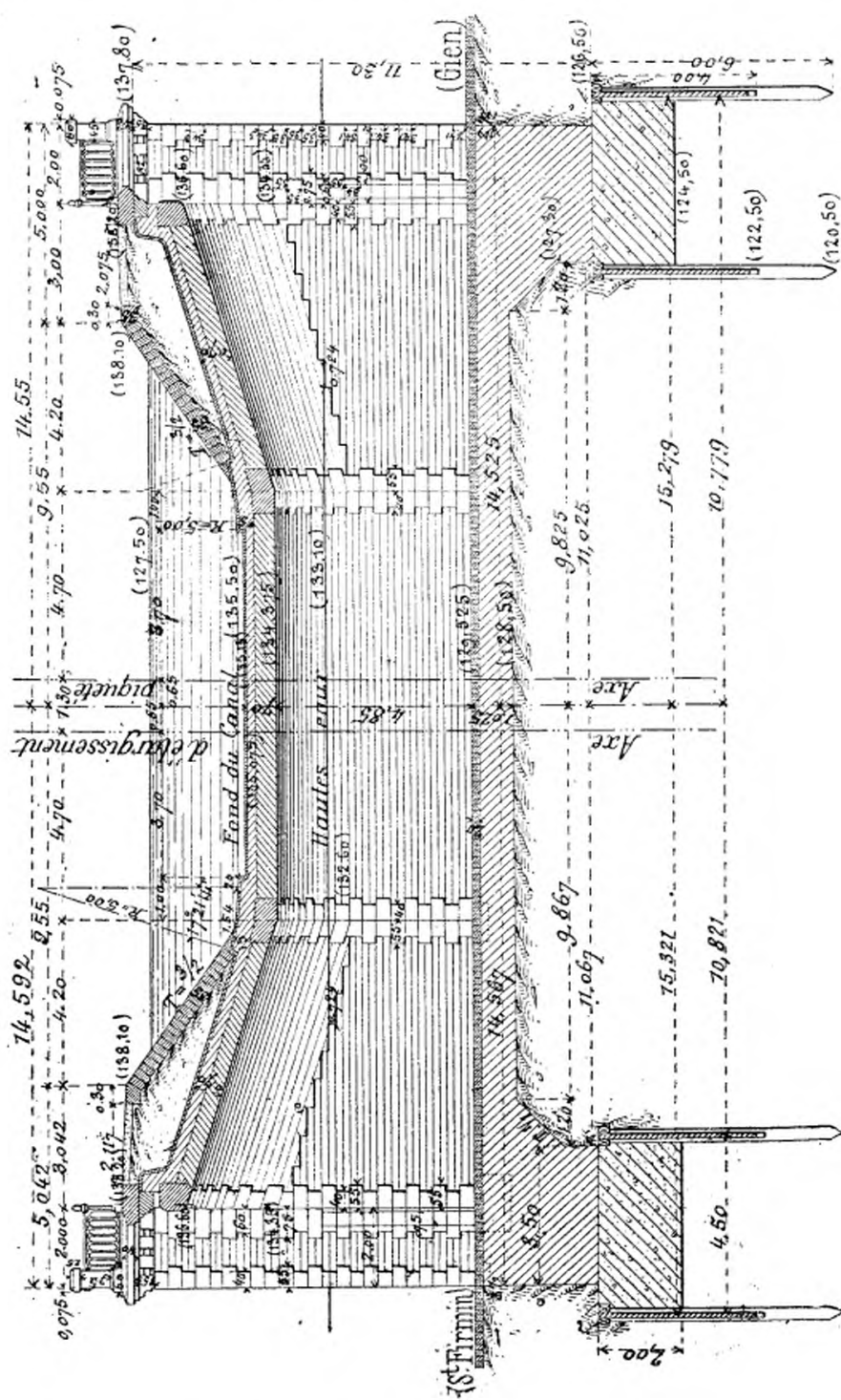


Fig. 4. — Pont-canal de Saint-Firmin. — Coupe en travers du canal suivant l'axe de la chaussée.

la bache mobile et un bout de bache fixe relié à la culée assure l'étan-

le mouillage de 1^m,60 qui a été porté à 2^m,20 le 1^{er} juillet 1897.

Le pont-canal de Briare appartient au nouveau bief de Briare long de 19 km. et qui sert à le relier aux canaux existants :

Le canal de Briare dans la direction générale Nord, dans la direction de Paris;

Le canal latéral à la Loire dans la direction générale Sud, dans la direction Le Guétin, Nevers, Châlon, Lyon.

Ce bief comprend quatre autres ponts-canaux, trois jetés sur des cours d'eau affluents de la Loire :

Rivière de l'Etang

Rivière de Châtillon-sur-Loire;

Rivière de la Trézée;

et un quatrième jeté sur la route départementale n° 2 du Loiret.

Ce dernier ouvrage figure aussi à la classe 29 par un panneau de dessins. (Voir la Pl. 3 et les deux croquis ci-avant).

Il assure le mouillage normal de 2^m,20 au-dessus d'une route sans aucune réduction du gabarit normal propre à la circulation sur les voies de terre, 4^m,30.

La hauteur sous clef est de	4 ^m ,85
L'épaisseur des maçonneries à la clef de	0 ^m ,775
La hauteur du plan d'eau du canal au-dessus de l'axe de la chaussée de la route de	7 ^m ,975
La longueur totale est de 25 ^m , 142 entre les têtes se subdivise en trois parties :	
Partie centrale et berceau droit sous le plafond . . .	10 ^m ,70
Parties avoisinantes de	7 ^m ,242 et de 7 ^m ,20

en berceau incliné pour favoriser l'éclaircissement dans ce long couloir voûté.

Cet ouvrage est pourvu de portes de garde pour protéger la plaine avoisinante et le canal contre les crues de la Loire. Il est situé dans la partie du canal en grand remblai (6^m,89 sous plafond) longue de 845 m et s'étendant depuis la Loire jusqu'aux coteaux voisins, partie où l'on a accumulé toutes les précautions possibles pour assurer la stabilité du canal au-dessus de ces grands remblais, la sécurité de la navigation et de la région voisine.

Ces grands remblais peuvent donner une idée des difficultés, peut-

être pas insurmontables mais cependant considérables, que présenterait l'établissement de grands mouillages pour des voies de navigation à l'intérieur des terres quand ces grands mouillages doivent être réallisés au-dessus de grands remblais.

Le pont-canal du Guétin, ouvrage en maçonnerie, est constitué par 18 arches de 16 m d'ouverture en anse de panier avec piles intercalées de 3 m d'épaisseur et 1^m,40 d'épaisseur à la clef a été exhaussé de manière à permettre de porter le mouillage à 2^m,20 soit un exhaussement de 0^m,60. (Voir *Pl. 4 et 5*).

On a reconstruit la plinthe en la remplaçant au-dessus de consoles ayant 0^m,54 de hauteur, et en surélevant chacun des deux bajoyers maçonnés de la cuvette de cette même hauteur.

On a obtenu à l'intérieur de cette nouvelle cuvette un résultat satisfaisant sous le rapport de l'étanchéité en reconstituant ses parements intérieurs de la manière suivante :

1° Au plafond : du béton avec mortier de ciment de 0^m,30 d'épaisseur.

2° Sur les parements verticaux de la maçonnerie également au mortier de ciment de 0^m,50 d'épaisseur, le tout enduit d'une couche de goudron appliquée à chaud (Voir à l'Exposition un panneau de dessins en outre du tableau).

Le pont canal de Digoin a subi une transformation analogue. Il est représenté également à l'Exposition par un panneau de dessins. (Voir *Pl. 6 et 7*).

Mais il y avait en outre au Guétin une difficulté spéciale, c'est la transformation de l'écluse triple ancienne constituée par trois sas accolés de 30 m en écluse double avec sas de 40 m. (Voir *Pl. 8 et 9*).

Cette écluse triple étant située entre le pont-canal d'une part et la digue de défense du village du Guétin, on ne disposait que de l'espace restreint et invariable des trois anciens sas de 30 m, soit 90 m pour les nouveaux sas de 38^m,50.

On a donc été conduit à disposer deux sas de 38^m,50 qui sont prolongés dans la partie voisine du pont-canal par un bout de cuvette maçonnée de 12^m,50.

Le nombre des sas étant réduit à deux la chute totale de 9 m se trouve partagée en deux chutes partielles de 4^m,50 chacune.

L'ancienne écluse triple constituait extérieurement un éperon en maçonnerie avec un creux de 5^m,20 au milieu formant les sas étagés et constituant l'escalier hydraulique.

Avec la nouvelle disposition et en outre avec le mouillage surélevé les surfaces mouillées et en charge de chacun des bajoyers s'accroissent naturellement et leur épaisseur doit forcément s'accroître en même temps que la poussée pour qu'on reste dans les conditions de stabilité usuelles et réglementaires.

Les dimensions de cet immense massif de maçonnerie sont les suivantes :

	LARGEURS TOTALES		ÉPAISSEURS DE CHAQUE BAJOYER	
	AVANT LA TRANSFORMATION	APRÈS LA TRANSFORMATION	AVANT LA TRANSFORMATION	APRÈS LA TRANSFORMATION
Dans les parties courantes des sas .	11 ^m , 20	15 ^m , 20	3 ^m »	5 ^m »
Vis-à-vis les chambres des portes .	14 ^m , 06	16 ^m , 60	4 ^m »	5 ^m , 70

Les travaux commencés en 1894 n'ont été achevés qu'en 1896 et après avoir donné lieu à de sérieuses difficultés tenant à ce qu'on travaillait sur une ligne de navigation déjà exploitée, à intervalles éloignés et pendant des délais restreints.

L'exploitation de la nouvelle écluse double s'est faite :

De 1895 à 1898 avec le mouillage de 1^m,60 ;

Depuis 1898 avec le nouveau mouillage de 2^m,20 et elle a toujours donné entière satisfaction.

En résumé on a pu adapter ces deux grands ouvrages d'art de notre réseau de navigation intérieure aux conditions nouvelles de navigabilité, sans toucher en rien à leur caractère monumental et grandiose. On leur a maintenu un aspect robuste, sévère et imposant avec des dimensions toujours bien proportionnées.

Telles étaient les principales difficultés à vaincre pour réaliser le mouillage continu de 2^m,20 entre Briare et Digoin sur le canal latéral. Ce résultat a été atteint en 1898 après neuf campagnes de travaux et plus de 17 millions de dépenses (1890-1898).

Par le fait le mouillage de 2^m,20 se trouve réalisé entre Paris et Lyon, par le Centre, savoir :

1° Par la Haute-Seine, de Paris à Moret ;

2° Par les Canaux, de Moret à Chalon-sur-Saône ;

3° Par la Saône, de Chalon-sur-Saône à Lyon.

Le mouillage de 3^m,20 étant acquis sur la Basse-Seine, on peut dire qu'on a réalisé, sauf les quelques irrégularités de mouillage du Rhône en basses eaux, une voie navigable à profil très avantageux et sans aucun souterrain, de la Manche à la Méditerranée avec un mouillage minimum de 2^m,20.

Le trafic à distance entière du canal latéral, constamment en croissance depuis sa transformation s'élève à :

692 499 tonnes

Mais à Digoin on rencontre sur le réseau navigable en venant de Paris, en outre de la direction de Chalon à Lyon, la direction de Digoin-Roanne, avec le grand port intérieur de Roanne situé à 56 km. de Digoin et port terminus jusqu'à présent du réseau des canaux dans la direction du Sud.

Le tonnage à distance entière sur le canal de Roanne à Digoin s'élevant à

383 127 tonnes,

on conçoit qu'on ne pouvait laisser un canal aussi important en dehors de la transformation générale des canaux entreprise sur les canaux du Centre.

Cette transformation est actuellement en cours d'exécution et même les bateaux de 38^m,50 peuvent déjà, depuis 1899, accéder à Roanne à la suite soit d'allongement d'écluses anciennes conservées, soit de la construction d'écluses neuves. Seulement les travaux en voie courante ne sont pas encore assez avancés pour que le mouillage de 1^m,60 ait pu être porté à 2^m,20. Ce résultat demandera encore deux années de travaux.

Parmi les écluses reconstruites à neuf, nous avons à citer l'écluse neuve de Bourg-le-Comte à grande chute de 7^m,19, établie en remplacement de deux anciennes écluses entre lesquelles était disposé un bief très court de 239 m, bief déjà difficile à régler avec les anciennes éclusées de 600 m³ environ correspondant aux chutes moyennes de 2^m,50 à 3 m et aux sas de 30 m ; mais la difficulté de régler la tenue de ce bief, d'éviter soit son débordement soit sa mise à l'état de vi-

dange presque complète, se fût aggravée avec les éclusées de 800 m^3 correspondant aux sas de $38^{\text{m}},50$; les chutes anciennes étant supprimées conservées.

On a été ainsi conduit à établir, au centre de l'ancien bief court, une écluse unique réunissant les deux anciennes chutes partielles et à raccorder cette écluse d'une part avec le bief situé en amont du bief supprimé ; d'autre part avec le bief situé en aval du bief supprimé.

On a opéré ainsi sur trois points différents du canal de Roanne, à Artaix, à Bourg-le-Comte et à Chassenard.

On arrive à des bajoyers de 10 m environ de hauteur.

Pour cette hauteur et en raison de la nécessité d'assurer aux bajoyers une stabilité suffisante dans toutes les hypothèses, écluse pleine, écluse vide, terre-pleins détrempés par les eaux on a été conduit à éviter les bajoyers afin d'augmenter leur moment de stabilité pour un cube donné de maçonnerie.

Les portes d'amont de ces trois écluses ne présentent rien de particulier.

Les portes d'aval sont du système usuel à Artraix et à Chassenard, système également employé au Guétin. On arrive pour ces chutes de $4^{\text{m}},50$ à 6 m à des vantaux pesant de 8 à 10 tonnes entièrement métalliques et à bordage en tôle de 7 mm d'épaisseur moyenne. Ces dispositions viennent d'être consacrées par un plein succès.

A l'écluse de Bourg-le-Comte ce qui présente un intérêt spécial et ce qui a motivé un panneau de dessins à la classe 29, c'est le mode de fermeture de l'écluse à l'aval. (Voir *Pl. 10 et 11*).

Avec la chute de $7^{\text{m}},19$, le panneau de fer atteint une hauteur de $10^{\text{m}},50$, ce qui conduirait à des vantaux de poids par trop considérable et d'une manœuvre par trop difficile ; on a été conduit en s'inspirant du reste de l'exemple de l'écluse de la Villette à disposer :

1° A la partie supérieure, un masque fixe de $8^{\text{m}},610$ avec ossature et bordage métalliques.

Le bordage du masque à 15 mm et présente une hauteur de $3^{\text{m}},20$ pour une portée de $3^{\text{m}},60$ dans le sens horizontal.

2° A la partie inférieure, deux portes également sont en fer se fermant dans un même plan vertical perpendiculaire à l'axe de l'écluse.

Chaque vantail présente une hauteur de $7^{\text{m}},29$ sur $2^{\text{m}},96$ de largeur et pèse $9^{\text{t}},930$. Le bordage a 8 mm d'épaisseur.

Il est manœuvré au moyen d'arcs dentés situés à l'aval de ce vantail. Ces arcs sont donc constamment hors de l'eau. Ils sont commandés

par une roue dentée montée sur un arbre et dirigée par un cric placé sur une petite passerelle située à l'aval du masque fixe. C'est là une disposition nouvelle un peu différente de la solution adoptée à l'écluse à grande chute (9 m) de la Villette.

A cette écluse le masque fixe métallique est remplacé par un masque en maçonnerie. Ce dernier présente plus de chances de durée et de résistance au choc, mais exige en raison de son épaisseur (4 m) un mécanisme plus compliqué.

Or le mécanisme compliqué n'a pas d'inconvénients à Paris où l'on a sous la main tous les moyens de réparations tandis qu'il en aurait en pleine campagne à Bourg-le-Comte et d'autre part depuis la mise en service du masque métallique (10 septembre 1899) l'expérience a fait ressortir que les craintes d'un accident tenant à la nature du masque ne paraissent pas fondées, du moins jusqu'à présent. La nouvelle grande écluse monumentale fonctionne parfaitement depuis cette date.

Enfin le canal de Roanne à Digoin présente une particularité intéressante. Il franchit un affluent de la Loire : la rivière d'Oudan dans le voisinage de son confluent avec le fleuve, et dans la zone exposée à l'action des grandes crues.

C'est ce qui fait que le passage de la rivière sous le canal présenterait des inconvénients et exigerait notamment, sous peine d'exposer par suite des refoulements d'eau, la plaine située au delà du canal par rapport à la Loire, la fermeture des ouvertures du pont-canal au moyen des clapets mobiles ; serait-on sûr que ces clapets soient manœuvrés et manœuvrables en temps utile ?

Nous ne parlerons que pour mémoire du passage à niveau de la rivière et du canal, solution également défectueuse et dangereuse en raison des courants latéraux et des envasements du canal.

Restait donc la solution du passage par-dessus le canal de la rivière convenablement déviée depuis quelques centaines de mètres.

Cette solution ne peut évidemment convenir que pour un cours d'eau peu important sur le régime duquel on est bien fixé et dont les crues ne peuvent jamais s'élever au-dessus d'un niveau connu avec précision, sous peine de voir la rivière déborder par-dessus les plans de tête de l'ouvrage et causer ensuite des dégâts à la voie que cette rivière traverse en dessus.

Mais l'expérience avait démontré qu'il en était bien ainsi pour la rivière d'Oudan.

Seulement, le pont établi au-dessus du canal pour le passage de la rivière était constitué par une arche massive de dimensions tout à fait insuffisantes, tant au point de vue de la hauteur au-dessus du plan d'eau que sous le rapport de la passe marinière.

Cette arche était immédiatement suivie d'un puits vertical en maçonnerie dans lequel les eaux de la rivière venaient s'engouffrer après avoir franchi le canal et par lequel elles descendaient au niveau du sol naturel pour gagner ensuite la Loire.

Ce puits a été conservé mais la vieille arche a été démolie et remplacée par une bache métallique située à la hauteur réglementaire au-dessus du plan d'eau, cette hauteur étant regagnée par la suppression des maçonneries et sans apporter aucune modification au profil en long de la rivière. De plus la bache qui a 17^m,70 de portée assure au-dessous d'elle une passe marinière pour deux voies de bateau sur le canal. (Voir *Pl. 12*, fig. 2, 3, 3 a, 3 b et 4).

La hauteur des poutres maîtresses au-dessus du fond de la bache est la même que la hauteur des anciens bajoyers de la cuvette pour rivière au-dessus du plafond, soit 2^m,533.

Deux séries de consoles correspondent, de chaque côté à chacune des pièces de pont, supportent deux plates-formes de passage remplaçant le couronnement des anciens bajoyers et analogues à des chemins de halage.

L'étanchéité a été réalisée sans peine dans des conditions analogues à celles du pont-canal de Briare.

La dilatation des fers et l'étanchéité des abouts de la bache sont assurées sur les culées au moyen d'un joint en caoutchouc recouvert d'une tôle formant glissière.

La bache de ce pont-rivière mise en service après le chômage de 1897 a toujours très bien fonctionné depuis ce temps sous le double rapport de la stabilité et de l'étanchéité.

On peut donc dire qu'en France, après avoir fait passer les canaux au-dessus des rivières, on fait réciproquement passer les rivières au-dessus des canaux et dans les deux cas en établissant pour celle de ces voies d'eau qui passe au-dessus de l'autre un lit en métal qui le suspend au-dessus de l'autre voie inférieure et lui permet de franchir ainsi l'obstacle rencontré.

L'administration française a voulu également témoigner la sympathie qu'elle porte à l'importante question du raccordement des deux réseaux

des voies ferrées et des voies navigables en comprenant dans l'Exposition du service de la navigation à Nevers, les deux gares spéciales à ces raccordements et construites ou agrandies depuis 1889.

1° La gare du port de Saint-Satur (raccordement à Saint-Satur de la ligne de Bourges à Cosne, réseau P. O.) avec le canal latéral à la Loire.

2° La gare du port de Roanne (raccordement à Roanne de la ligne de Paris à Lyon par le Bourdonnais) avec la ligne navigable latérale à la Loire sur 150 km. et dont Roanne est tête de ligne (modèle en relief établi avec le concours de la Chambre de Commerce de Roanne et des Agents du service des nouvelles installations du port après leur remaniement et leur extension.

A Saint-Satur, c'est une gare de marchandises entièrement neuve qui a été établie sur la terre-plein du port avec sa halle, son quai découvert, ses voies de manœuvres et ses voies de quai.

Une partie des voies situées vis-à-vis de la halle et du quai découvert est affectée à l'usage exclusif de la Compagnie et au stationnement des wagons pour les besoins éventuels. Le stationnement doit donc pouvoir s'effectuer dans l'intérêt commun de la Compagnie et de la Batellerie.

Toutes les autres voies sont garnies de contre-rails et noyées dans des empièvements de manière à permettre la libre circulation des voitures et des piétons sur toutes les parties des terre-pleins garnis de voies en dehors des emplacements réservés à la Compagnie et dont il a été question plus haut.

Il a été convenu qu'en échange de ces emplacements la Compagnie réaliserait pour le port public une extension équivalente et rétablirait sur un autre point tout outillage public que les travaux du chemin de fer auraient conduit à supprimer.

De la sorte divers éléments de la puissance de trafic du port.

Surface des bassins.

Surface des terre-pleins.

Développement du périmètre des quais de transbordement.

Outillage public.

ont été maintenus ou aménagés d'une manière satisfaisante.

Quant au port de Roanne, c'est un des grands ports intérieurs de la France, qui compte sous le rapport de la superficie :

Pour le bassin	5 hectares
Pour les terre-pleins	7
Et au total.	12 hectares

Ce port (voir *Pl. 12*, fig. 1) était déjà relié au réseau P. L. M. au moyen d'un embranchement construit par l'Etat, affermé à la Compagnie pour le prix de son entretien, et où la Compagnie appliquait un tarif élevé qui empêchait le commerce d'en bénéficier pour les transports d'un réseau à l'autre.

En 1886, l'Etat proposa et la Compagnie accepta, que cet embranchement lui fût concédé, ce qui entraînait l'application sur cet embranchement et sur les voies du port de tous les tarifs de la Compagnie, tarifs généraux et spéciaux.

Ce principe admis dès 1886, ne fut réalisé qu'en 1897 parce que la Compagnie objecta qu'avant d'appliquer en fait les tarifs réduits, les voies et les quais du port devaient recevoir les extensions suffisantes pour faire face à l'extension de trafic qui allait se manifester.

Dès 1886, on avait déjà construit 830 m de quais sur l'un des côtés du bassin, le côté de la ville ; en 1894 on exécuta 560 m de quais sur l'autre côté du bassin et ces 1 390 m de quais furent entièrement pourvus d'une double voie principale sauf un emplacement de 217 m sur le quai du côté de la ville, où il n'y a qu'une simple voie principale. Dans cette partie aucun stationnement de wagons ni aucune opération de chargement ou de déchargement de wagons à bateau n'y sont permis. Les wagons ne font qu'y passer. Elle est réservée au petit commerce et à ses relations de voiture à bateau qui doivent être avant tout le plus rapides et le plus directes qu'il est possible.

Le tableau ci-après fait ressortir la comparaison entre les tarifs anciens et les tarifs nouveaux.

D'abord pour les marchandises qui ne quittaient pas le rail :

NATURE DES MARCHANDISES	TARIF		DIFFÉRENCE
	ANCIEN	NOUVEAU	
Houilles, cokes et minerais .	0 ^{fr} ,50	0 ^{fr} ,20	0 ^{fr} ,30
Autres marchandises, . . .	0 ,75	de 0 ^{fr} ,20 à 0,35	de 0 ^{fr} ,40 à 0,55

Mais il faut, en outre, noter l'économie réalisée par le nouveau ré-

gime pour les marchandises qui antérieurement quittaient le rail, économie expliquée au tableau ci-après :

Tarif dû jusqu'à la dernière gare exploitée (droits de gare y compris).	3 ^{fr} , 35
Camionnage	0 , 53
Total	3 ^{fr} , 88
Actuellement ces mêmes marchandises payent jusqu'au port (droits de gare compris	3 , 50
Différence de prix de revient.	<u>0^{fr}, 38</u>

L'application des nouveaux tarifs a fait passer le tonnage des marchandises transbordées de chemin de fer à bateau

de 96 992 tonnes en 1896
à 293.251 tonnes en 1898

Les travaux de transformation ont coûté.	703 446 ^{fr} , 57
Auxquels on peut ajouter pour la valeur de la gare primitive du port	97 200 »
Total	<u>800 646^{fr}, 57</u>

Mais il semble, d'après l'exposé précédent, que les résultats obtenus sont bien en proportion avec les sacrifices faits.

Le public, le commerce, la batellerie ont applaudi à cette transformation du port de Roanne et bénéficient largement de ses résultats.

La Compagnie exploitante y trouve également son compte à raison du développement de ses transports et de ses recettes.

Cette organisation du port de Roanne a donc ceci de remarquable, qu'elle fournit la solution du raccordement entre les réseaux des voies navigables et le réseau des voies ferrées, à l'entière satisfaction de tous les intéressés.

Ces résultats sont dus à la persévérance et à la ténacité, jointes à l'esprit de conciliation, avec lesquelles la Chambre de Commerce de Roanne et le Service de la navigation, étroitement unis dans des efforts communs, ont poursuivi pendant près de 30 ans et notamment pendant ces dix ou douze dernières années, les travaux d'extension du port et l'établissement du nouveau régime que cette extension du port a permis de réaliser.

La transformation, partielle seulement, du canal du Nivernais, est représentée dans cette même exposition du service de la navigation à Nevers, par le nouveau barrage mobile du Maunoir construit en remplacement de l'ancien pertuis. (Voir la vue perspective *Pl. 13*).

En quittant la zone des canaux du centre récemment transformés, nous n'avons plus à signaler, avant d'arriver aux canaux neufs dont l'Etat français poursuit la création dans l'Est, que quelques travaux de perfectionnement sur les canaux du centre et de Bourgogne.

1° La rigole régulatrice des biefs de Rully sur le canal du centre, rigole latérale au canal proprement dit, débitant constamment de l'eau qu'elle verse par une série d'orifices de communication à un ensemble de biefs étagés d'une manière continue, biefs nombreux et courts qu'il serait difficile d'alimenter autrement, notamment par les envois d'eau des écluses. Ces envois d'eau sont en effet irréguliers par principe et souvent insuffisants.

2° Le touage électrique du souterrain de Pouilly sur le canal de Bourgogne.

En 1893, on a substitué, pour le touage dans ce souterrain, un moteur électrique à un moteur à vapeur. Ce dernier moteur cheminait très longtemps dans ce souterrain long de 3 300 m. Aussi son fonctionnement présentait-il des difficultés sérieuses, peut-être même pourrait-on ajouter des dangers au point de vue de l'insuffisance d'aération du tunnel. L'emploi de l'électricité comme force motrice a radicalement supprimé cet inconvénient.

La force motrice est empruntée aux chutes des deux écluses qui limitent le bief de partage : écluse de Pouilly chute 7 m, écluse d'Essommes : 8 m. Les génératrices sont des turbines combinées avec des dynamos Gramme.

Le régime normal comporte :

	A POUILLY	A ESSOMMES	AU TOTAL
Vitesse de la turbine.	100 tm	100 tm	
Vitesse de la dynamo	900 tm	1 100 tm	
Tension de la dynamo	380 ^v	290 ^v	670
Débit électrique	20 ^a	20 ^a	40 ^a
Forces disponibles	10 ^{ch,3}	7 ^{ch,9}	18 ^{ch,2}

Le courant est distribué par huit fils en bronze télégraphique de 8 mm de diamètre et même au moyen d'un trolley et d'une perche aux bornes de la dynamo réceptrice placée sur le toueur.

Cette réceptrice est ainsi caractérisée.

Vitesse	900 tm
Tension	550 ^v
Débit électrique.	30 ^a
Force disponible	19 ^{ch}

La perche de la réceptrice est reliée par une courroie au volant des engrenages du toueur qui, en marche normale, fait 150 tours à la minute.

Ces engrenages permettent de réaliser pour la poulie toueuse deux vitesses de 20 et 40 tours à la minute correspondant à des vitesses de marche de 0^m,65 et 1^m,30 par seconde.

Le toueur qui a à franchir, outre le souterrain, les deux tranchées aux abords, soit 5 400 m en tout effectue ce trajet :

En 45' avec des bateaux vides.

En 2 heures, avec un chargement de 4 à 500 t.

En 2^h,30, avec un convoi de 1 000 t.

La poulie motrice est du système Bouquié.

Le touage électrique du souterrain de Pouilly est le premier essai de ce genre qui ait été réalisé et il l'a été au moment où en Europe on n'espérait pas encore qu'une découverte de ce genre serait bientôt définitivement acquise à la science et entrée dans la pratique (1893).

L'électricité est également employée au canal de Bourgogne pour alimenter les trois biefs de ce canal les plus voisins de la Saône, en remontant l'eau de bief en bief.

L'usine génératrice est établie sur la Saône aux abords du barrage de Chaugey, à 2 km. en aval de l'embouchure du canal et assure l'envoi d'un courant triphasé de 2 000 v. à chacune des usines réceptrices les plus voisines de la rivière, c'est-à-dire à des distances de 2 km. 4^{km},400 et 7^{km},100.

La turbine de la station génératrice en marche normale fait par minute 45 tours.

La génératrice électrique marche à 625 tours.

Le transport a lieu par une canalisation à trois fils de chacun 3 mm de diamètre disposés de manière à exercer le minimum d'effet d'induction sur les fils télégraphiques du voisinage.

Le courant primaire à haute tension aboutit à des transformateurs qui abaissent le voltage dans la proportion de 18 à 1. L'énergie est ensuite distribuée aux moteurs.

Le travail à effectuer par ces moteurs est :

1° Pour le moteur de l'écluse d'entrée en Saône. Prendre 15 000 m³ dans la rivière pour les verser au bief 76.

2° Pour le moteur de l'écluse suivante. Prendre dans le bief 76. 6 000 m³ que l'on remonte au bief 73.

3° Pour le troisième moteur. Prendre 3 000 m³ au bief 73 pour les remonter au bief 74.

Les caractéristiques de ces trois moteurs sont les suivantes :

Moteurs.	14 ^{ch}	6 ^{ch}	3 ^{ch}
Volts	100 ^v	100 ^v	100 ^v
Ampères	80 ^a	40 ^a	20 ^a
Nombre de tours	450 ^t	500 ^t	800 ^t

Ces moteurs effectuent le travail en question en commandant des pompes centrifuges du type ordinaire.

Signalons enfin au canal de Bourgogne le pont-levant de Larrey.

Le tablier mobile est tantôt dans sa position inférieure, à la hauteur nécessaire pour assurer la continuité du passage par voie de terre, sur le canal, tantôt dans sa position supérieure, à la hauteur nécessaire pour offrir entre ses poutres et le plan d'eau le gabarit réglementaire sur lequel les bateaux peuvent compter : 3^m,70.

Ce tablier mobile est équilibré au moyen d'un compresseur hydraulique mis en communication par une conduite hydraulique en pression avec des pistons fixés à chacun des angles de ce tablier. Lorsque le compresseur reçoit une surcharge convenable, le tablier du pont s'élève et lorsqu'on enlève cette surcharge, le tablier reprend sa position primitive sur ses appuis.

Les manœuvres sont rapides ; le mouvement de lever ou d'abaisse-

ment ne dure pas vingt secondes et l'interruption de la circulation des voitures ne dépasse pas d'une minute le temps nécessaire au passage du bateau sous le pont.

Quant à la circulation des piétons ; elle peut s'effectuer sur les trottoirs, même quand le pont est placé à sa position supérieure, grâce à des escaliers de raccord entre les trottoirs de la voie de terre en dehors du pont mobile et les trottoirs du tablier soulevé.

En abordant l'examen des travaux destinés à l'achèvement des canaux de Montbéliard à la Haute-Saône et de la Marne à la Saône, nous constatons d'abord que ce sont là des œuvres considérables exigeant des efforts presque séculaires, dont le temps est un des éléments essentiels, car lui seul assure aux maçonneries et aux terrassements toute leur stabilité et leur résistance nécessaires. De plus la situation budgétaire depuis 15 à 18 ans empêche l'Etat de faire un effort exceptionnel pour mener rapidement ces travaux à bonne fin et concourt à prolonger les délais d'exécution.

Néanmoins, les efforts faits par l'Etat pour l'achèvement de ces nouvelles lignes de navigation, s'ils ne peuvent s'accroître autant qu'il serait désirable, ne se ralentissent pas et notamment depuis la dernière Exposition un grand pas a été fait dans ces deux directions.

Le canal de Montbéliard à la Haute-Saône aura 83 km. ; il part du canal du Rhône au Rhin ; il présentera deux versants :

L'un se dirigeant vers l'Est sur une longueur de . .	18 km.
L'autre se dirigeant vers l'Ouest sur une longueur de .	55 »
Et un bief de partage entre ces deux versants long de .	10 »
Total égal.	83 km.

Il part de la cote 325,47 sur le canal du Rhône au Rhin pour atteindre la cote du bief de partage 374,75 (soit une élévation de 49^m,28) pour redescendre à la cote 210,27 sur la Saône, soit une hauteur totale de descente de 164^m,48.

Cette voie d'eau sera alimentée par un réservoir envoyant ses eaux dans le bief de partage au moyen d'une rigole alimentaire et par diverses prises d'eau sur les cours d'eau latéraux au canal sur ses deux versants.

Son profil en travers sera le profil usuel de la plupart des nouveaux canaux français.

Mouillage	2 ^m
Tirant d'eau maximum . . .	1,80
Ecluses { longueur	38,50
{ largeur	5,20
Hauteur libre sous les ponts .	3,70

Le bief de partage présente deux souterrains, l'un de 1 330 m de longueur, l'autre de 648 m ouverts dans le grès rouge, à bancs parfois gélifs et ayant par suite besoin d'un revêtement en maçonnerie près des têtes.

Le profil du mur du réservoir qui prend le nom de réservoir du Ban a été établi au moyen de la méthode employée par M. l'Inspecteur général Delocre au barrage du Furens. Il sera fondé sur un sol de grès rouge.

En avant du parement amont de ce mur, il est question d'établir conformément à ce qui s'exécute en ce moment au réservoir des Settons, un écran constitué par une série de puits et destiné à mettre ce parement amont à l'abri du contact des eaux.

Ces travaux ainsi que plusieurs ouvrages d'art importants du canal sont en ce moment en cours d'exécution.

Le canal de la Marne à la Saône présente un développement beaucoup plus considérable.

Il part de Rouvroy sur le canal de la Haute-Marne pour aboutir à Heuilly-sur-Saône après 151^{km},766 de parcours.

La situation se résume ainsi :

Versant de la Marne :

de Rouvroy à l'origine du bief de partage (construit) . .	79 ^{km} ,114
de l'origine du bief de partage à Heuilly-Cotton (construit) 10	»

Versant de la Saône :

d'Heuilly-Cotton à Courchamp (lacune)	23 ,522
de Courchamp à Pouilly (en construction)	8 ,966
de Pouilly-sur-Vingeanne à la Saône (construit) . . .	30 ,164
Total des deux versants . . .	151 ^{km} ,766

Le canal est ouvert à la navigation sur 111 km. entre Rouvroy et Heuilley-Cotton et entre Lacey-sur-Vingeanne et la Saône.

Ce canal est destiné à relier directement le Nord et le Nord-Est de la France avec les bassins de la Saône et du Rhône et notamment à amener dans ces bassins les combustibles du Nord.

Les dépenses de premier établissement prévues jusqu'à achèvement complet y compris les frais généraux et de premier entretien sont les suivantes :

Canal proprement dit	68 213 000 fr.
Rigoles d'alimentation	16 787 000 »
Total.	<u>85 000 000 fr.</u>

Les dimensions générales et profils-types du canal sont identiques à ceux donnés plus haut.

Les écluses auront en général 4 m de chute et présenteront de grandes facilités pour le remplissage et la vidange du sas. A chaque écluse, des déversoirs commandés par le niveau du bief d'amont et des alimentateurs commandés par le niveau du bief d'aval assurent une alimentation rapide et régulière.

On peut citer, parmi les principaux ouvrages d'art :

Le pont canal de Condes (deux travées de 18 m) ;

Le souterrain de Condes remarquable en ce qu'il a deux voies de bateau ;

Le souterrain du bief de partage avec sa passerelle métallique en encorbellement et son mouillage de 3^m,225 sur l'axe et de 2^m,50 sur les côtés, construit dans des terrains ébouloux après les plus graves difficultés et les éboulements les plus sérieux ;

Les deux réservoirs :

I. L'un de la *Liez* ou de *Lecey*.

Capacité : 16 100 000 m³.

Digue en terre de 492^m,30 de longueur avec revêtement en maçonnerie du côté des eaux avec mur de garde descendant à 2 m aux extrémités et à 3^m,70 dans la partie centrale au-dessous du sol naturel.

Largeur de la plate-forme supérieure	5 ^m ,50
Largeur à la base	61 ^m ,02
Prix de revient du mètre cube d'eau emmagasiné	0 ^{fr} ,207

II. Réservoir de la Mouche ou de Saint-Ciergues.

Capacité 8 169 000 m ³	
Digue maçonnée de 410 ^m ,25 de longueur	
Hauteur au-dessus du sol naturel.	24 ^m ,70
Largeur au sommet {	profil courant 3 ^m ,50
	contrefort 6 ^m ,90
Largeur à la base.	20 ^m ,293

Le profil a été déterminé par la méthode de M. Bouvier perfectionnée par M. Guillemain et vérifiée par M. Maurice Lévy.

Prix de revient du mètre cube d'eau emmagasinée : 0^{fr},739.

Ces deux réservoirs ainsi que les souterrains sont terminés; les autres ouvrages du canal se poursuivent régulièrement.

Les usines élévatoires de Valcourt, près Toul, n'offrent comme particularité à signaler que :

1° La hauteur ou refoulement : 41 m.

2° Le cube refoulé (500 lit. par seconde, 43 000 m³ par jour).

L'Exposition française concernant les canaux se clot par le halage funiculaire établi au souterrain du Mont-de-Billy (2 300 m) sur le canal de l'Aisne à la Marne où le trafic atteint un million de tonnes et où le passage des bateaux au moment des courants d'alimentation exigeait souvent plus de quatre heures.

Ce halage funiculaire (système de M. l'Inspecteur général Maurice Lévy) s'opère au moyen d'un câble sans fin entièrement métallique supporté par des poulies et s'étendant sur 2 600 m (150 m au delà de chacune des têtes du souterrain). Il est raidi par un poids de dix tonnes, présente un diamètre de trois centimètres et est constitué par sept torons composés chacun de 19 fils d'acier de 2 mm de diamètre. Il pèse 3^k,700 au mètre courant.

Le brin supérieur et le brin inférieur du câble sont dans un même plan vertical situé à 13 m de l'axe du canal. Leur distance verticale est de 2^m,63.

Les poulies sont en fonte dure et supportées par un bâti en fonte.

Le mouvement d'entraînement est donné au câble au moyen d'une poulie de 2 m de diamètre.

La force motrice est fournie par une machine fixe horizontale à condenseur de 40 chevaux.

L'attache des cordes de halage sur le câble se fait au moyen d'une corde d'amarre reliée à un étrier posé sur le câble et butant contre un arrêt fixe.

Cet arrêt est constitué par une bague appuyée contre une surépaisseur donnée au câble.

La corde d'amarre se termine par une boucle dans laquelle on introduit la corde du bateau.

L'exploitation se fait par passages alternatifs de trois heures, un dans chaque sens le matin et un dans chaque sens le soir avec un repos d'une heure à midi. Afin d'uniformiser la tension du câble, les bateaux sont répartis en convois partiels, au nombre de trois ou quatre, distants d'une centaine de mètres.

La taxe appliquée est de 0^m,02 par tonne de chargement pour la longueur du trajet. Les bateaux vides ne paient pas et sont attachés à la queue des convois.

Les dépenses de premier établissement se sont élevées à 140 000 fr.

Et les dépenses d'exploitation à	12 500 fr.
Si l'on ajoute pour l'amortissement.	8 000 »
On arrive au total à une charge annuelle de	20 500 fr.

Les recettes sont au minimum de 28 500 francs, d'où un bénéfice net de 8 000 francs représentant l'intérêt du capital de premier établissement à un taux supérieur à 5 1/2 0/0.

Ce système de touage peut assurer en 12 heures le passage de 32 bateaux chargés de 250 t. en moyenne, soit 8 000 t. par jour et 2 400 000 t. par an. Il est donc largement suffisant pour le trafic actuel (1 450 000 t.) et il n'est pas nécessaire de recourir aux passages de nuit.

Nous terminons enfin l'Exposition du Ministère des Travaux Publics par quelques mots concernant les recherches faites par M. de Mas sur la traction des bateaux et leur résistance, soit dans les rivières à section mouillée de dimensions considérables par rapport à la section des canaux, soit dans les canaux où la section mouillée du bateau est une fraction importante, parfois la moitié de la section mouillée de la voie navigable.

Les expériences ont été faites sur les bateaux eux-mêmes par voie de remorquage direct, en employant des instruments combinés pour donner à chaque instant : d'une part l'effort de traction exercé sur le

bateau remorqué; d'autre part, la vitesse relative réelle du bateau et de l'eau.

L'effort de traction est exercé par l'intermédiaire d'un dynamomètre hydraulique; la pression de l'eau et, par conséquent, l'effort sont mesurés avec un manomètre enregistreur.

Pour la traction dans une voie navigable pouvant être considérée comme de largeur indéfinie, les conclusions auxquelles est arrivé M. de Mas sont les suivantes :

1° Que la nature et l'état de la surface de la coque, non moins que les dimensions et les formes de cette coque, influent sur la résistance propre du bateau; la résistance totale apparaît donc comme étant la somme de la résistance de forme et de la résistance de surface;

2° Que la résistance propre reste indépendante de la longueur du bateau, toutes choses égales d'ailleurs dans les limites où cette longueur a varié dans les expériences;

3° Que la résistance propre peut être modifiée dans une large mesure par des changements, en apparence peu importants, apportés aux formes de la proue et de la poupe.

Les bateaux de diverses formes sur lesquels ont porté les expériences sont des types ci-après : péniche, flûte, toue, bateau prussien, margotat.

On a relevé les courbes de résistance totale à diverses vitesses et si on considère par exemple, la vitesse assez usuelle de 1^m,50 à la seconde, 3^{km},400 à l'heure, on a pour la comparaison des résistances de chaque type, en prenant celle de la flûte pour unité.

Péniche.	1,96
Flûte	1,00
Toue.	0,75
Bateau prussien	0,59
Margotat	0,44

L'effet du relèvement du fond du bateau aux extrémités est aussi très accentué. Mais, d'autre part, il faut tenir compte de la nécessité de ne pas réduire par trop la capacité des bateaux par rapport au parallélogramme circonscrit aux bateaux en vue duquel les écluses sont construites et qui donne le maximum théorique de chargement. On arrive à concilier autant que possible ces deux considérations opposées par l'adoption de la forme en cuiller.

Si maintenant on étudie la résistance à la traction sur diverses voies navigables, on constate qu'il y a pour chaque voie un coefficient de résistance propre de la voie et ce coefficient est d'autant plus sensible que la résistance des bateaux en section mouillée indéfinie est plus faible.

A égalité de section mouillée, on a constaté la supériorité de la section rectangulaire sur la section trapézoïdale. La réduction dans le premier cas s'élève pour une flûte à 25 0/0 à l'enfoncement de 1^m,60 et à la vitesse de 0^m,75.

Sur deux canaux également à section trapézoïdale, mais où la section mouillée est différente (canal de Saint-Dizier à Wassy mouillage 2^m,60, et canal du Nivernais, embranchement Vermenton mouillage 1^m,70) la réduction de résistance en faveur du canal de dimensions les plus considérables s'élève à 13 0/0.

Ces premières recherches ont donné des résultats déjà utilisables et utilisés dans la pratique et c'est leur grand mérite. Ils seront plus tard continués et complétés.

En résumé, on voit qu'en France, pendant ces dix dernières années la navigation intérieure s'est signalée, surtout en ce qui concerne les canaux, par de nombreux progrès, par les développements et les améliorations de son réseau, par de nouveaux ouvrages d'art d'un caractère monumental et d'un effet imposant, ouvrages qui marqueront dans l'histoire de la construction comme dans l'histoire de la navigation intérieure. Presque partout où il y avait une difficulté grave à vaincre sous le rapport soit de la voie, soit de la traction, cette difficulté a été vaincue.

La traction électrique n'est encore qu'à la période d'essai, mais elle a fait l'objet des études du Congrès de navigation intérieure qui s'est réuni à Paris à l'occasion de l'Exposition.

On peut donc conclure que sous le rapport de la navigation intérieure la France a conservé son ancienne et brillante supériorité.

LA NAVIGATION INTÉRIEURE

PAR

MM. **RIGAUX**, INGÉNIEUR EN CHEF, ET **CLAISE**, INGÉNIEUR

DES PONTS ET CHAUSSÉES.

En 1900, la navigation intérieure n'occupe, dans la section française, qu'une portion relativement faible de l'Exposition des Moyens de Transport. Et cette importance réduite apparaît plus nettement encore quand on compare notre exposition à celle de certains pays voisins: l'Autriche, l'Allemagne et la Russie.

Est-ce à dire, pour cela, que la période de 1889 à 1900 n'ait pas été marquée chez nous par des progrès sérieux dans la création ou l'amélioration des voies de transport par eau ? Nous ne le pensons pas, et nous serions tentés de croire que l'effort considérable qui avait été fait, antérieurement à 1889, pour réaliser, même partiellement, le plan Freycinet, nous avait mis notablement en avance par rapport à nos voisins, et que, grâce à cette avance, la prospérité du pays ne paraît pas avoir souffert jusqu'ici du ralentissement des travaux de navigation.

Quoi qu'il en soit, les résultats des travaux de ces vingt dernières années sont très appréciables ; pour ne citer qu'un chiffre, le poids des marchandises embarquées sur nos voies navigables qui était de 19 740 000 t. en 1878, a atteint 32 526 000 t. en 1898. C'est d'ailleurs dans cette période que l'unification des conditions de navigabilité a été résolue sur la plupart de nos voies navigables, puisque, antérieurement à l'année 1879, on comptait seulement 1459 km. de rivières et canaux présentant 2 m de tirant d'eau et des écluses de 38^m, 30, alors qu'en 1900 cette longueur était portée à 4715 km.

A l'étranger, l'Exposition de 1900 montre, en revanche, que de grands travaux et de grandes améliorations ont été réalisés pendant les dix

dernières années. En Allemagne, le canal de Dortmund à l'Ems avec l'écluse à flotteurs de Heinrichenbourg, le canal Elbe-Trave et l'amélioration de l'Oder supérieur ; en Autriche, la canalisation de la Moldau et de l'Elbe (Bohême), les travaux d'amélioration sur le Danube et spécialement ceux entrepris aux abords de Vienne ; en Hongrie, les travaux de régularisation et d'endiguement sur les principales rivières ; en Russie, les travaux d'amélioration du Volga, du Dniéper et de la Vistule, du système Marie, et la création du canal de l'Obi à l'Enisseï ; en Hollande, l'amélioration du Wahal, du Rhin inférieur et du Leck ; en Belgique, la construction des ascenseurs du canal du Centre. Tous ces travaux, qui représentent un effort considérable au point de vue technique et financier, doivent constituer un enseignement précieux pour les Ingénieurs français, et notamment pour ceux qui seront appelés à participer à l'exécution des grandes lignes de navigation intérieure dont le programme doit être élaboré par le Conseil supérieur du Commerce et de l'Industrie.

Ce qui frappe plus particulièrement quand on étudie les travaux de l'étranger, ce sont les dispositions qui ont été prises pour permettre d'augmenter les dimensions des bateaux ; nous voulons parler de l'approfondissement et de l'élargissement des voies navigables et de l'augmentation des dimensions des écluses.

Au lieu des écluses de 38^m, 50 sur 5^m, 20 qui constituent, en France, pour ainsi dire le gabarit réglementaire depuis 1879, nous voyons adopter à l'étranger les dimensions ci-après :

Sur l'Oder supérieur . 35 m sur 9^m, 60 ;

Au canal de Dortmund . 67 m sur 8^m, 60 ;

Au canal Elbe-Trave . 80 m sur 17 m, portes de 12 m ;

Pour la canalisation de la Moldau et de l'Elbe, 147 m sur 20 m, portes de 11 m.

Et le résultat que l'on paraît avoir recherché en adoptant ces dispositions consiste dans la répartition des dépenses d'exploitation, frais généraux, de personnel et frais de traction sur le plus grand nombre possible de tonnes transportées dans une même embarcation, afin de réduire au minimum les frais de transport d'une tonne.

Or, c'est là une indication qu'il paraît utile d'envisager dans la préparation du programme des grands travaux dont il est actuellement question, étant donné qu'on paraît devoir faire peser sur le frêt une taxe de péage.

EXPOSITION FRANÇAISE

I. — Exposition centennale rétrospective.

Meuse canalisée (de la frontière à Verdun).

Travaux exécutés pendant le cours du XIX^e siècle; leur influence sur la réduction du prix du frêt et le développement du tonnage. — Diminution du trafic au moment de la création d'un chemin de fer parallèle à la rivière. — Répartition du trafic entre cette voie navigable et le chemin de fer parallèle dans la traversée du département des Ardennes.

Un panneau de dessins de l'Exposition centennale rétrospective, montre les différents travaux exécutés pendant tout le XIX^e siècle pour améliorer les conditions de navigabilité de la rivière de Meuse. En outre, des graphiques font voir quels ont été les résultats économiques de ces travaux successifs (réduction du prix du frêt et développement du trafic) en même temps qu'ils indiquent dans quelle mesure la construction d'un chemin de fer parallèle avait fait baisser le trafic.

Il nous paraît utile d'extraire de ce document certains renseignements qui ne manquent pas d'intérêt.

*I. — Navigation pendant la première partie du XIX^e siècle
(jusqu'à 1837).*

La rivière de Meuse a été utilisée par la navigation depuis les temps les plus reculés; pourtant, au commencement du XIX^e siècle, cette navigation ne s'exerçait d'une façon appréciable que sur la partie de ladite rivière comprise entre la frontière belge et Verdun. Et encore dans cette partie, le trafic était-il fort réduit, en raison des obstacles nombreux que rencontrait la navigation. Le lit de la rivière obstrué par les guës et les hauts fonds ne permettait que le passage des bateaux de faible tirant d'eau; en outre, les pertuis de navigation accolés aux barrages usiniers qu'on trouvait à l'amont de Charleville constituaient des passages difficiles et dangereux que la batellerie ne parvenait à franchir qu'en exerçant un effort de traction considérable. A Donchery, par exemple, il fallait, pour franchir à la remonte le pertuis de l'usine existant en ce point, 36 chevaux pour un bateau de 100 t. e 20 chevaux pour un bateau de 70 t.; on comptait une journée et demie pour faire franchir ledit passage à deux trains de chacun trois bateaux.

La création à Sedan, vers 1803, d'un canal de dérivation de 620 m de longueur et d'une grande écluse à sas de 71^m,14 de longueur et 6^m,82 de largeur, resta un fait isolé et, en dehors des travaux d'entretien proprement dits, on ne réalisa pas, pendant toute la première partie du siècle, d'amélioration sérieuse.

En 1837, la longueur de la rivière de Meuse classée comme navigable de la frontière belge à Verdun, était de 263 km., avec un tirant d'eau à l'étiage de 50 cm, lequel s'élevait à 77 cm en eaux moyennes et à 1^m,12 au moment des hautes eaux navigables. La navigation s'exerçait alors par trains de 3 bateaux dont le tonnage total ne dépassait pas 250 t. en hautes eaux, 160 t. en eaux moyennes et 105 t. en



Fig. 1. — Profil en travers sur un gué avec indication du tirant d'eau (de Sedan à la frontière belge) avant l'exécution des travaux prévus par la loi du 17 mai 1837.

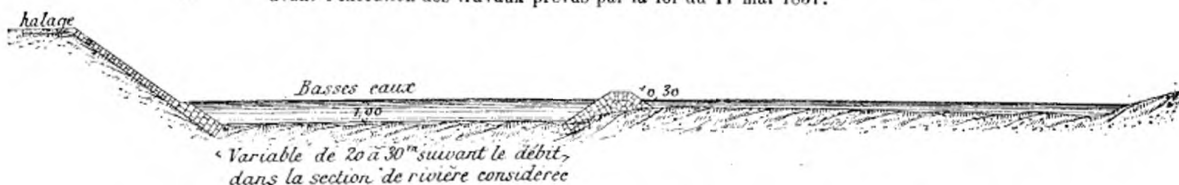


Fig. 2. — Profil en travers sur un chenal avec indication du tirant d'eau (de Sedan à la frontière belge) après l'exécution des travaux prévus par la loi du 17 mai 1837.

basses eaux. La durée moyenne de la période de navigation était d'environ 10 mois chaque année.

Le prix du fret était de 0^f,065 en moyenne par tonne kilométrique, soit 17 francs par tonne transportée de la frontière belge à Verdun. C'est en 1837 qu'on se proposa d'améliorer la situation de la Meuse navigable et les relations entre les industries de la vallée de la Meuse et le canal des Ardennes dont l'établissement avait été terminé en 1835.

II. — Travaux d'amélioration prévus par la loi du 17 mai 1837 (chenaux et barrages fixes).

Une loi du 17 mai 1837 autorisa l'exécution de travaux d'amélioration dans le département des Ardennes entre la frontière belge et Sedan, pour un chiffre total de 7 000 000 de francs. Ces travaux avaient pour but de porter à 1 m le tirant d'eau existant sur les gués au moyen de chenaux artificiels et de dérivations éclusées avec barrages fixes en enrochements. En même temps, on établissait des levées et des chemins

de halage à travers les noues et les basses rives et on exécutait des coupures et deux souterrains destinés à éviter à la batellerie le parcours de certaines boucles de la rivière.

On parvint donc à obtenir, dès 1845, entre la frontière belge et Sedan, un mouillage de 1 m. en basses eaux dans des chenaux de 20 à 30 m. de largeur.

L'influence de ces travaux se fit sentir immédiatement sur le développement du trafic; de 130 000 t. qu'il était en 1837, il atteignit 410 000 t. en 1857.

III. — *Ouverture à l'exploitation d'une ligne ferrée parallèle.*

En 1857, le tonnage atteignait 410 000 t., mais l'ouverture d'une ligne ferrée parallèle, celle de Givet à Charleville et à Sedan, réduisit beaucoup le trafic de la rivière; en 1865, ce trafic n'est plus que de 200 000 t.

IV. — *Travaux à l'amont de Sedan; situation en 1874.*

Pourtant un décret du 17 avril 1861 avait autorisé l'exécution de divers travaux d'amélioration entre Sedan et Verdun, ces travaux comprenant notamment la construction d'une dérivation éclusée à Mouzon et la création de chenaux, coupures, levées de halage et le remplacement de divers pertuis de navigation par des dérivations éclusées à Pouilly, Stenay, Dun, Vilosnes, Consenvoye et Charny.

A la suite de ces travaux, la rivière présentait un mouillage normal de 1^m,20 et les bateaux ardennais de 100 à 150 t. pouvaient remonter jusqu'à Verdun.

Malgré cela, et bien que la longueur du trajet des bateaux ne fût plus que de 229 km. entre la frontière belge et Verdun, accusant ainsi, pour la période de 1837 à 1874, une réduction de parcours de 36 km., le prix du frêt s'élevait, en 1873, à 0^f,05 en moyenne par tonne kilométrique. Ce prix était encore trop élevé et ne permettait pas à la batellerie de lutter contre les tarifs qu'offraient les chemins de fer; aussi, le trafic de la rivière atteignait-il à peine, à cette époque, le chiffre de 100 000 t.

V. — *Travaux prévus par les lois des 24 mars 1874 et 31 juillet 1879; réalisation d'un tirant d'eau de 2^m,20 par la création de barrages mobiles.*

Vers 1874, et comme conséquence de la guerre de 1870, la néces-

sité se fit impérieusement sentir de créer une grande voie navigable

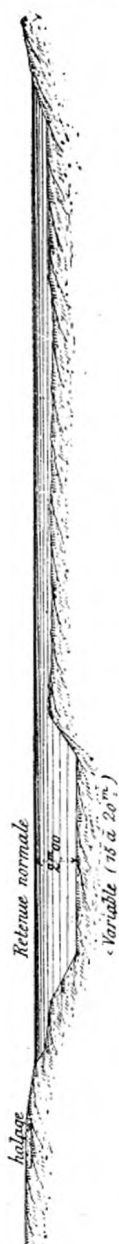


Fig. 3. — Profil en travers sur un chenal avec indication du tirant d'eau après l'exécution des travaux prévus par la loi du 24 mars 1874.

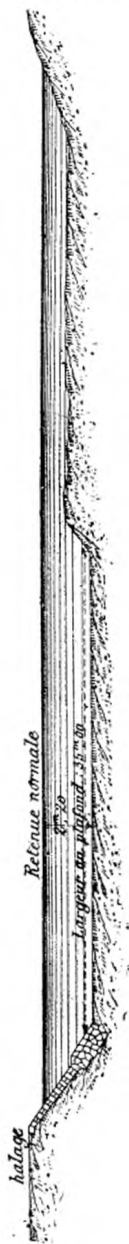


Fig. 4. — Profil en travers sur un chenal avec indication du tirant d'eau après l'exécution des travaux d'amélioration prévus par la loi du 31 juillet 1879.

devant relier la Meuse à la Moselle et à la Saône, pour soustraire les établissements français de l'Est au monopole des houillères prussiennes. Un projet dressé dans ce but fut déclaré d'utilité publique par la loi du 24 mars 1874 et mis immédiatement à exécution. Ce projet assurait sur toute l'étendue de la voie navigable, et grâce à la création de barrages à fermettes, un tirant d'eau minimum de 2 m.

Les diverses améliorations ainsi réalisées, puis complétées par celles résultant des travaux complémentaires prévus par la loi du 31 juillet 1879, lesquels avaient pour but notamment d'élargir le chenal en rivière, de le placer à une distance fixe du chemin de halage et de porter à 2^m,20 le tirant d'eau, rendirent l'activité à la rivière.

Elles ont alors permis à la batellerie de lutter contre la voie ferrée parallèle puisque le tonnage de la frontière à Verdun qui était de 375 000 t. en 1881 est passé à 1 486 493 t. en 1899.

En même temps que le trafic augmentait, le prix du frêt s'abaissait dans des proportions également remarquables. Actuellement on ne paye guère

en moyenne que 0^{fr},015 par tonne kilométrique.

VI. — *Résultats généraux.*

Le trajet des bateaux entre la frontière belge et Verdun, qui avait été réduit de 36 km. pendant la période de 1837 à 1874, s'est trouvé de nouveau réduit de 25 km. par suite des travaux exécutés pendant la période de 1874 à 1899, soit au total une réduction de 61 km. La longueur dudit trajet fut ramenée ainsi de 265 km. à 204 km. Ces réductions de trajet réalisées et les nombreuses améliorations apportées à la voie navigable se traduisirent également par une réduction remarquable du prix du frêt, en sorte que le prix de transport d'une tonne de marchandises, entre la frontière et Verdun, qui était de 17 francs en 1837, de 11 francs en 1874, n'est plus aujourd'hui que de 3 francs.

En outre, le trafic de la voie navigable qui de 150 000 t. en 1837 avait atteint le chiffre de 410 000 t. en 1857 pour redescendre à 100 000 t. en 1874, se développa à partir de 1880 d'une façon remarquable et passa de 375 000 t. en 1881 à 600 000 t. en 1885, à 1 000 000 t. en 1890, à 1 300 000 t. vers 1895 et à 1 486 483 t. en 1899.

VII. — *Répartition du trafic actuel entre cette voie navigable et le chemin de fer parallèle dans la traversée du département des Ardennes.*

Nous avons montré précédemment la réduction de tonnage qui était résultée, en 1837, pour la voie navigable, de la création d'une voie ferrée parallèle, et cela au moment où la batellerie rencontrait encore les difficultés que nous avons signalées. Or, maintenant que les travaux exécutés de 1875 à nos jours ont transformé cette rivière en une voie navigable où les bateaux trouvent pendant une grande partie de l'année une sécurité égale à celle que leur procurent les canaux de navigation, il était intéressant de se rendre compte comment se répartit entre les deux voies de transport parallèles le trafic local de la traversée du département des Ardennes (arrivages et expéditions des gares, marchandises embarquées et débarquées sur les ports) en dehors par conséquent de tout transit.

Cette répartition, pour l'année 1899, est donnée dans le tableau ci-après qui tient compte du groupement des marchandises tel qu'il est défini pour la statistique de la navigation intérieure en France.

	TONNAGE DES PORTS DE LA VOIE NAVIGABLE	TONNAGE DES GARES DE LA VOIE FERRÉE PARALLÈLE	POURCENTAGE DU TRAFIC DES PORTS PAR RAPPORT AU TRAFIC TOTAL
1 ^{er} Groupe. Combustibles minéraux. .	166 008 ¹	293 377 ¹	0 36
2 ^{me} — Matériaux de construction minéraux.	211 823	203 721	0 51
3 — Engrais et amendements. .	2 094	26 032	0 07
4 — Bois à brûler et bois de service.	48 664	61 790	0 44
5 — Machines.	»	9 247	»
6 — Minerais.	17 674	5 656	0 76
7 — Fers et fontes.	59 614	510 581	0 15
8 — Produits industriels. . .	17	43 600	»
9 — Produits agricoles et den- rées alimentaires. . .	4 917	121 461	0 04
9 — Divers.	»	171 093	»
Totaux.	510 811 ¹	1 446 558 ¹	0 26

Elargissement du souterrain de Saint-Aignan (Canal des Ardennes).

Le souterrain de Saint-Aignan, construit pour la traversée d'un éperon que contourne la rivière de Bar, permet de réduire de 7 km. la longueur qu'aurait eue la voie navigable si elle était restée, en ce point, latérale à la rivière. La hauteur maximum du sol au-dessus du plafond du canal est de 48 m. Le terrain est formé de couches superposées de calcaire tendre et de terres sableuses.

Primitivement, cet ouvrage avait une longueur de 258 m et une largeur de 6 m, sans chemin de halage; la voûte en plein cintre ne laissait qu'une hauteur libre de 1^m,93 au-dessus du plan d'eau réglementaire.

L'agrandissement de ce souterrain a été réalisé de 1890 à 1892.

L'ouverture de la voûte fut portée à 9^m,50, laissant un chemin de halage de 2^m,50 et un marchepied de 1 m. La création du marchepied était motivée surtout par la nécessité où l'on se trouvait de construire la nouvelle voûte avant de démolir l'ancienne, afin de ne pas interrompre la navigation. Cette nécessité obligea, en outre, à placer le nouvel intrados à une hauteur telle que le travail au-dessus de l'ancienne voûte fût possible; ce qui conduisit à adopter un tirant d'air supérieur à la hauteur réglementaire de 3^m,70. La longueur du souterrain fut réduite à 196^m,50 par un allongement des deux tranchées de tête.

Pendant l'exécution des travaux, la voûte existante qui n'avait qu'une

épaisseur variant de 0^m,30 à 0^m,60 et qui devait servir d'appui pour la construction de la nouvelle voûte, fut soutenue par des cintres en fer \perp , espacés de 1 m et pesant 27 kg. par mètre courant.

Le piédroit de contre-halage ne pouvant être exécuté en sous-œuvre en raison du peu d'espace disponible existant entre son parement et l'ancienne voûte, fut exécuté en galerie spéciale attachée par les têtes

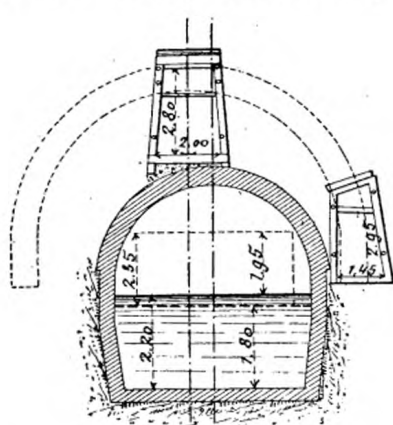


Fig. 5. — Galerie d'attaque.

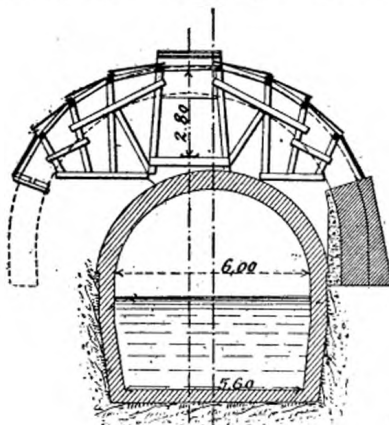


Fig. 6. — Abatage en grand.

et par l'intérieur du souterrain (fig. 5). Ce piédroit terminé, on ouvrit au sommet de la voûte une galerie centrale (fig. 5); on procéda ensuite à l'abatage en grand, qui fut limité du côté du halage au niveau de

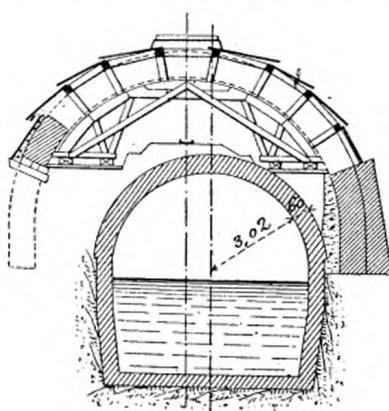


Fig. 7. — Blindage sur cintres.

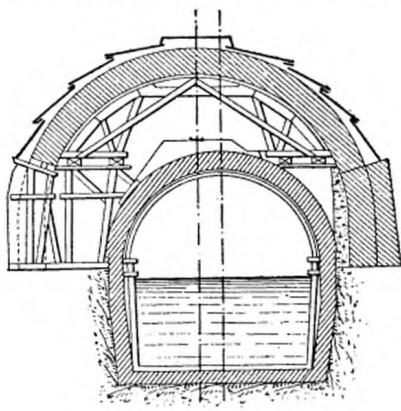


Fig. 8. — Reprise en sous-œuvre.

l'extrados de la voûte ancienne (fig. 6); puis on fit la pose des cintres de la voûte (fig. 7), qui fut construite en avançant par anneaux. On

reprit ensuite en sous-œuvre, ainsi que l'indique la fig. 8, la construction du piédroit de halage.

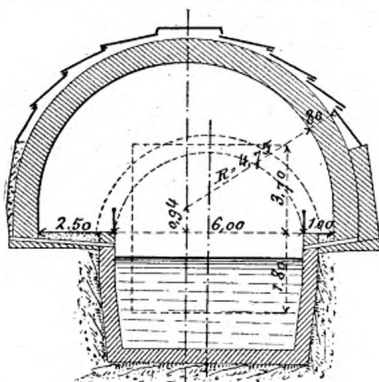


Fig. 9. — Élargissement terminé.

Pour permettre le passage des bateaux de haut chargement, on établit à la tête amont du souterrain des portes de garde qui transformaient en une longue écluse l'espace de 300 m, compris entre cette tête et l'écluse d'aval voisine du souterrain. De cette façon on pouvait baisser exceptionnellement le plan d'eau dans cette partie.

Le travail ne rencontra pas du reste de grosses difficultés. Toutefois un accident se produisit dans l'ouverture de la galerie de contre-halage, du côté de la tête amont. L'attaque de cette tête avait traversé un terrain bouleversé et la zone mauvaise avait pu être franchie sans encombre en renforçant les boisages de la galerie, lorsque le terrain se mit en mouvement et la voûte existante s'affaissa à la clef et s'écrasa aux reins. Pour conjurer le danger, on mit de suite cette voûte sur cintre, (opération qui ne devait être faite qu'après l'exécution du piédroit de contre-halage), puis on remplit la partie menacée de la galerie avec de la maçonnerie et les travaux furent continués par l'intérieur du souterrain.

Ecluse du canal du Centre en 1794

(description des portes et des appareils de remplissage et de vidange).

Le service du canal du Centre expose les dispositions successivement adoptées à différentes époques sur les écluses du canal du Centre de 1784 à nos jours. Ces indications, qui montrent les longueurs succes-

sives données à ces ouvrages ⁽¹⁾ et les appareils de remplissage ⁽²⁾, sont fort intéressantes; mais, l'espace dont nous disposons ne permettant pas de mentionner ici ces diverses améliorations — dont certaines ont fait l'objet de mémoires publiés antérieurement — nous donnerons seulement les dispositions d'une écluse en 1794 telles qu'elles ont été installées par l'éminent ingénieur Gauthey.

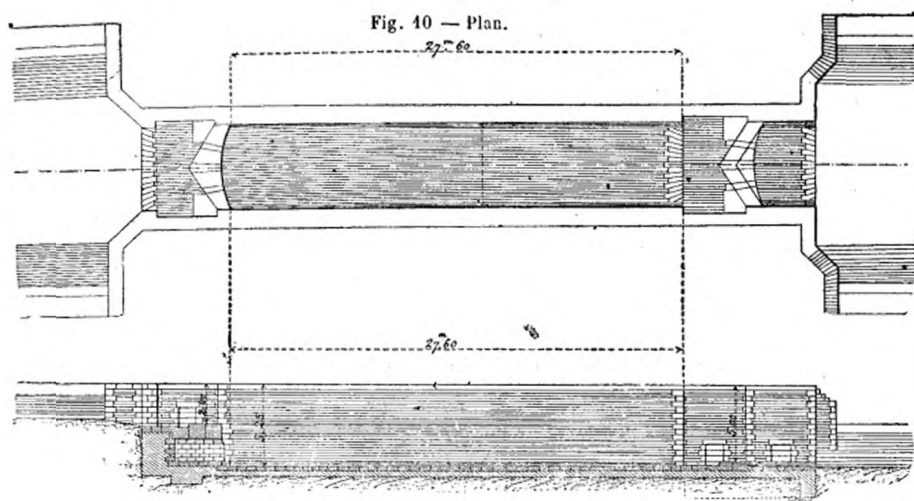


Fig. 11. — Coupe longitudinale.

Ces écluses, représentées par les fig. 10, 11 et 12, avaient $27^m,60$ de longueur utile (entre la corde du mur de chute et l'enclave des portes d'aval). Leur chute était de $2^m,60$ environ.

Le radier du sas présentait une section circulaire; la flèche du segment était de $0^m,24$. L'épaisseur minimum de ce radier était de $0^m,71$, sauf dans les terrains légers et sablonneux où elle atteignait $1^m,08$.

Les buscs d'amont et d'aval faisaient saillie de $0^m,25$ sur le radier des chambres des portes.

Les enclaves des portes avaient $0^m,35$ de profondeur.

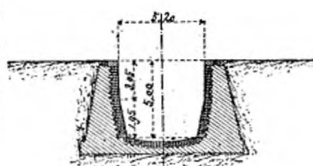


Fig. 12. — Coupe du sas.

(1) Ces écluses qui avaient $27^m,60$ en 1784 ont été allongées à $30^m,60$ tout d'abord puis enfin à $38^m,50$ de 1881 à 1889.

(2) Au clapet de Gauthey (1794) avait été substituée en 1828 la vanne à jalousie du système Vallée; enfin en 1882 et 1884 on adopta les vannes cylindriques, lesquelles comprennent deux types bien distincts, l'un haut (1882) et l'autre bas (1884).

Un siphon de 0^m,63 de diamètre, était pratiqué dans chaque bajoyer pour le remplissage du sas. Il prenait naissance derrière les portes d'amont et débouchait dans une chambre voûtée carrée, de 3^m,20 de côté et 1^m,50 de hauteur sous clef, ménagée sous le busc d'amont. La même disposition était reproduite à l'aval pour la vidange du sas, mais chaque siphon débouchait dans une petite niche pratiquée dans le bajoyer à l'aval des portes.

La hauteur des bajoyers était de 5 m au-dessus du busc d'aval et de 2^m,40 au-dessus du busc d'amont. Leur épaisseur était de 1^m,30 au sommet et 2^m,72 à la base.

La largeur du sas était de 5^m,20 au niveau de la plateforme de l'écluse. Le parement vu des bajoyers était vertical sur 3^m,05 de hauteur, à partir du couronnement, et présentait un fruit de un sixième sur le reste de la hauteur, soit sur 1^m,93. Ce fruit réduisait à 4^m,53 la largeur de l'écluse au niveau de la corde du radier, et donnait à la partie inférieure du sas la forme des bateaux employés lors de la construction du canal.

Les portes des écluses étaient en bois, à deux vantaux.

Chaque vantail se composait d'un cadre formé d'un poteau tourillon, d'un poteau busqué et de traverses horizontales ou entretoises, au nombre de quatre pour les portes d'amont et de six pour les portes d'aval, y compris l'entretoise supérieure placée au-dessus du niveau de la plateforme de l'écluse. Cette entretoise était prolongée de 3 m environ au delà du poteau tourillon, de manière à former balancier et à servir à la manœuvre.

La rigidité du cadre était assurée par des bracons inclinés suivant la diagonale du poteau busqué au poteau tourillon. Le nombre de ces bracons était de quatre pour le vantail d'amont et de huit pour le vantail d'aval.

En outre, la partie comprise entre l'entretoise supérieure et celle au-dessous était consolidée par un croisillon formé de deux pièces de même section que celle des bracons.

Des étriers et des tirants en fer reliaient le poteau tourillon et le poteau busqué aux entretoises. Celles-ci étaient également espacées à l'exception de l'entretoise supérieure.

Il n'y avait pas de ventelles dans les portes.

Le bordage placé sur la face amont du vantail était formé de plateaux disposés diagonalement, en sens opposé aux bracons.

La partie supérieure des balanciers était placée à 1 m au-dessus du

couronnement des écluses et l'entretoise suivante était arasée à 0^m,49 au-dessus du niveau ordinaire de l'eau. La largeur des portes était de 3^m,25. Les pièces formant le châssis avaient 0^m,325 d'équarrissage, les entretoises 0^m,24 à 0^m,27 et les bracons 0^m,19 à 0^m,22. Ces dernières pièces étaient recouvertes par des madriers de 0^m,054 d'épaisseur, posés à l'affleurement des bois du châssis sur lesquels ils étaient fixés par des feuillures. Ces madriers étaient joints et calfatés, etc.

Les étriers dont les portes étaient formées avaient 0^m,054 de largeur sur 0^m,020 d'épaisseur. Les colliers dont le diamètre était de 0^m,32 et l'épaisseur de 0^m,027 portaient une charnière femelle. La charnière mâle formait l'extrémité de deux tirants de 3^m,25 de longueur et de 0^m,054 de grosseur scellés dans les maçonneries des bajoyers.

Lors de l'établissement du canal du Centre, on ferma l'entrée des siphons de remplissage et de vidange avec un simple tampon ou pilon en bois, taillé en forme de cône tronqué, comme le trou pratiqué dans la pierre pour le recevoir. Pour fermer le siphon, il suffisait de laisser retomber le pilon et de donner un coup de maillet sur le manche.

Ce système fut appliqué aux écluses et aux bondes des réservoirs d'alimentation; mais il arrivait qu'avec l'écluse vide et l'eau du bief inférieur venant à baisser, l'air emprisonné sous le tampon se dilatait et la pression atmosphérique empêchait l'ouverture.

Cet inconvénient fit abandonner ce système qui fut remplacé par le clapet de Gauthey que nous représentons par les fig. 13, 14 et 15.

Les entrées des niches étaient garnies d'un châssis dormant, en bois, dans lequel s'ajustait un secteur, également en bois, formé d'un arc, de deux bracons et d'un essieu et qui les fermait exactement. La manœuvre d'un secteur se faisait de dessus le bajoyer avec un levier portant sur une pierre disposée à cet effet et au moyen duquel on levait ou baissait une tige fixée aux bracons du secteur, dont le centre de mouvement n'était pas le même que celui de sa courbure, ce qui lui permettait de joindre très exactement le châssis dormant quand il devait fermer le passage à l'eau, et de s'ouvrir ensuite au moyen d'un seul coup de levier et sans qu'il y ait aucun frottement à vaincre. On évitait ainsi les filtrations beaucoup mieux qu'avec des vannes.

La manœuvre d'un secteur ne devait exiger qu'un faible effort, car la pression totale de l'eau était reportée sur l'essieu et l'on n'avait à vaincre que le travail de frottement produit par la rotation.

Ce système ne réalisait pas cependant tous les avantages qu'on en attendait. Après un certain temps, les assemblages prenaient du jeu et

le secteur, que la pression de l'eau tendait à éloigner du châssis fixe devait perdre de sa rigidité et par suite ne fermait plus qu'imparfaite-

Clapet de Gauthey.

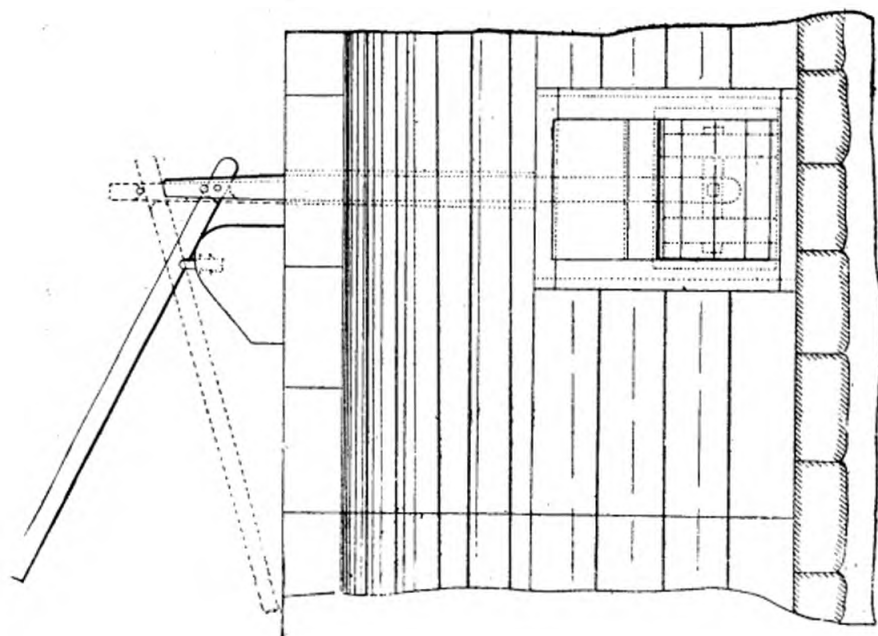


Fig. 43. — Élévation.

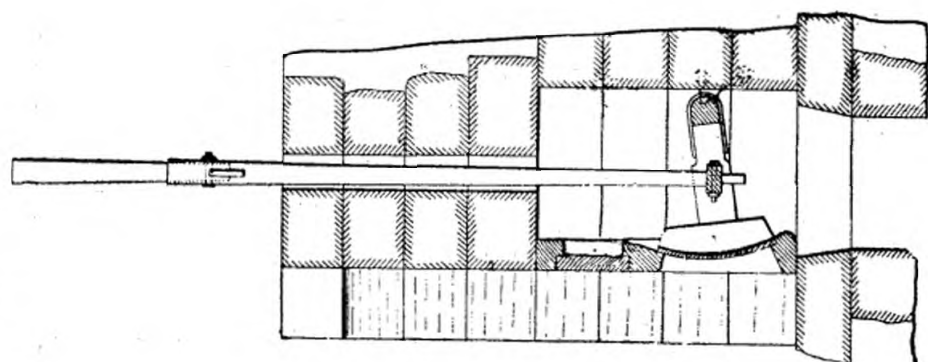


Fig. 14. — Clapot baissé.

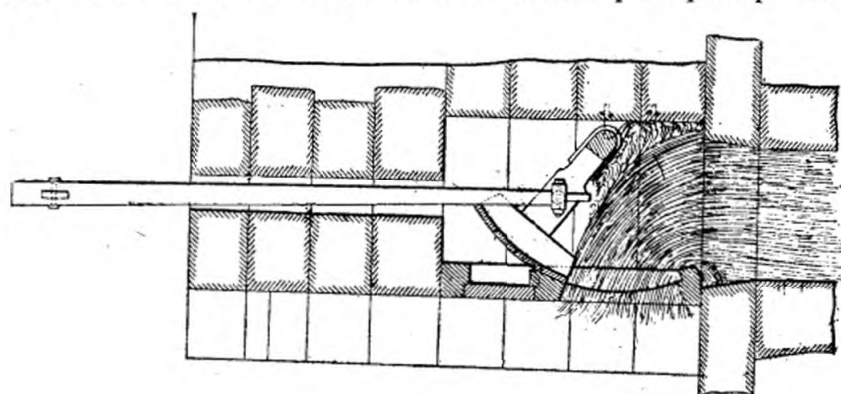


Fig. 13. — Clapot levé.

ment ; c'est ce qui détermina M. l'Ingénieur en chef Vallée à le remplacer, vers 1828, par la vanne à jalousie qui porte son nom et qui est

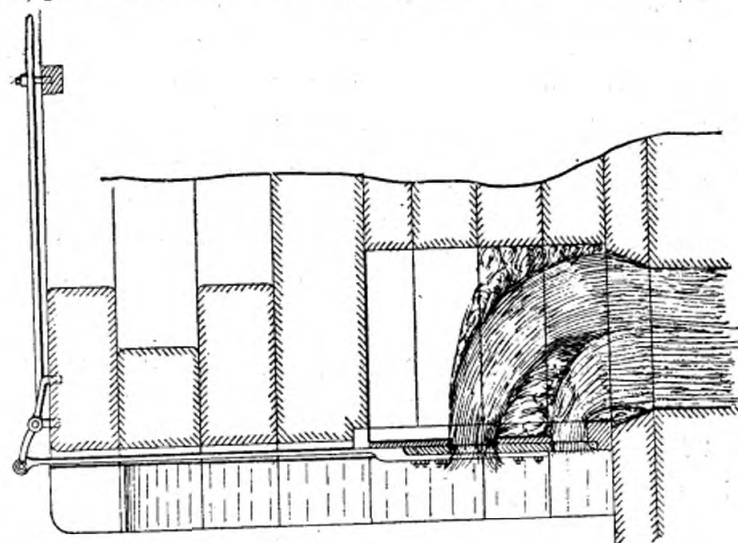


Fig. 48. — Vanne levée.

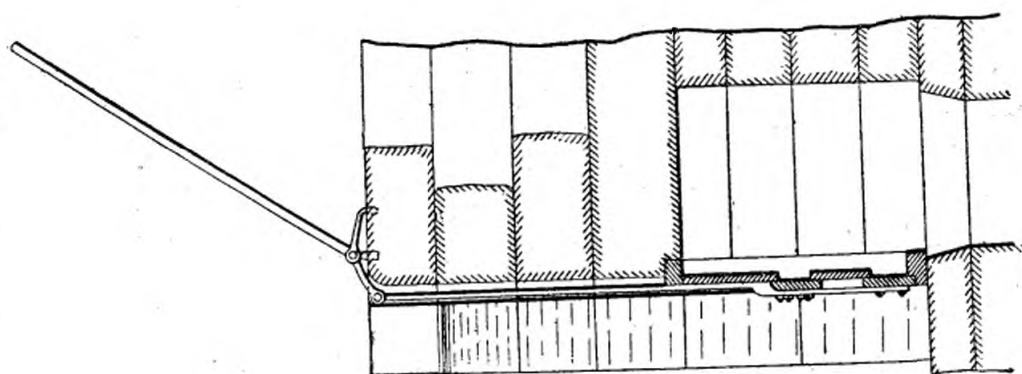


Fig. 47. — Vanne baissée.

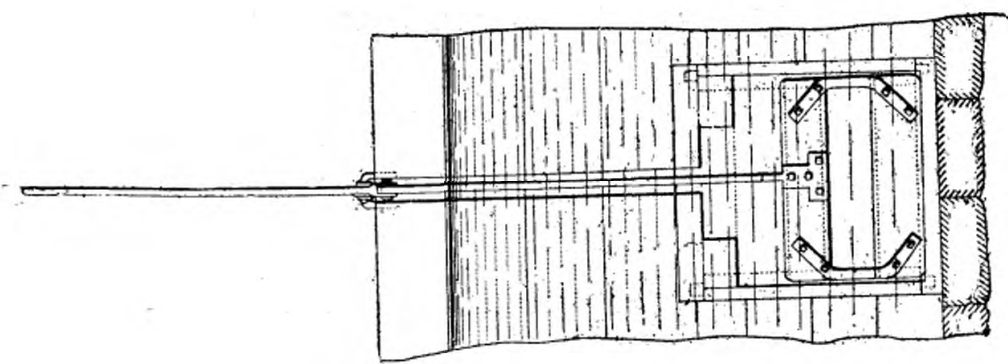


Fig. 46. — Elevation.

représentée par les fig. 16, 17 et 18. Cet appareil était disposé dans le plan vertical du parement du bajoyer, devant l'ouverture de la niche du siphon. Il comprenait : 1° un châssis fixe, en bois, dans lequel étaient ménagées deux ouvertures de 0^m,90 de longueur et 0^m,20 de hauteur chacune ; 2° une vanne formée de deux plateaux, de 0^m,98 de longueur et 0^m,25 de largeur chacun, placés horizontalement, sur champ, et laissant entre eux un vide de 0^m,20. Ces plateaux étaient reliés ensemble par deux étriers en fer. La tige de manœuvre était fixée au plateau supérieur et articulée à son autre extrémité à un levier de 2 m de longueur, également en fer, avec col de cygne, disposé sur le couronnement de l'écluse.

La vanne baissée, les deux plateaux fermaient les deux ouvertures du châssis ; il suffisait d'abaisser le levier pour remonter la vanne de 0^m,25 pour déboucher ces ouvertures. Cette vanne offrait ainsi l'avantage d'ouvrir un grand débouché pour un faible déplacement vertical.

Pour les vannes d'aval supportant, quand le sas était plein, une plus forte charge que celles d'amont, l'effort à faire pour les ouvrir eût été considérable ; on supprima cette difficulté en faisant ces vannes en fonte, du poids de 220 kg. l'une, et en disposant les ouvertures des châssis de façon que la manœuvre s'effectuât en sens contraire de celle des vannes d'amont. Ainsi, on fermait la vanne en la *levant*, avant le remplissage du sas, et on l'ouvrait en la *abaissant*, pour la vidange. Dans le premier cas, on n'avait à soulever que le poids propre de la vanne et dans le second cas, c'est-à-dire quand elle supportait toute la charge d'eau, son poids facilitait la manœuvre.

La durée du remplissage ou de la vidange des anciennes écluses du canal du Centre par les siphons de Gauthey et les ventelles des portes était d'un peu plus de cinq minutes.

II. — Exposition du Ministère des Travaux Publics⁽¹⁾.

Vannes à galets, avec roulement sur billes, au barrage de Saint-Mammès, sur le Loing.

Le système de fermeture mobile employé au barrage de Saint-Mammès, sur la rivière du Loing, consiste uniquement dans l'adjonction de

(1) Les clichés qui illustrent cette description sont extraits de la substantielle *Notice* de l'Exposition des Ponts et Chaussées en 1900, et nous ont été obligeamment prêtés par le rédacteur en chef de cette notice.

galets avec roulement sur billes, qui diminuent l'adhérence des vannes contre les montants des fermettes pendant la manœuvre, en substituant le frottement de roulement au frottement de glissement.

On s'est proposé d'atténuer à tel point les frottements, qu'on puisse se servir de panneaux de très faibles dimensions, susceptibles, dès lors d'être portés et manœuvrés par un seul homme, sans appareil spécial, ni treuil, ni grue, à la main et sans effort notable. Des essais dans ce sens avaient déjà été tentés avec de simples galets à axe horizontal placés aux quatre angles des panneaux ; mais la rouille envahissait vite les surfaces en contact. Au contraire, si l'on fait tourner le galet sur son axe par l'intermédiaire de billes, l'expérience prouve que, en se con-

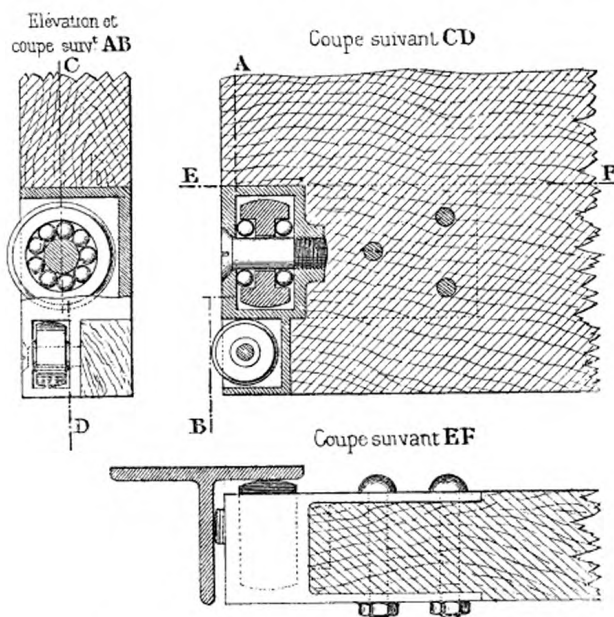


Fig. 49. — Galets avec roulement sur billes.

tendant d'enduire les billes d'essence minérale, aucune trace d'altération ne se manifeste, soit avec une vanne immergée, soit à l'air avec une vanne retirée de l'eau. Cette expérience, commencée au barrage de Marolles, sur la Seine, et poursuivie au barrage de Saint-Mammès, remonte déjà à cinq années, et elle paraît aujourd'hui absolument concluante.

Les vannes du barrage de Saint-Mammès, exécutées au mois de septembre 1897, ont été établies de façon que leur poids n'excède pas les

forces d'un ouvrier moyen. Elles ont 0^m,42 de hauteur, 1^m,076 de longueur, 0^m,043 d'épaisseur, et ne pèsent que 28 kg. au maximum, au moment où on les sort de l'eau. La manœuvre en est très rapide, car pour mettre en place un panneau de 5 vanes superposées, il ne faut que trente secondes, et l'enlèvement de ce même panneau n'exige qu'une minute et demie, soit en tout deux minutes pour la manœuvre.

Les essais réalisés prouvent que la substitution du frottement de roulement au frottement de glissement réduit la résistance au dixième environ de l'effort qu'il y aurait à vaincre si la vane n'était pas munie de billes.

Pour la mise en place, il suffit de présenter la vane entre les fermettes en posant les galets sur leur chemin de roulement ; on abandonne alors la vane à elle-même, et celle-ci descend toute seule jusque sur le seuil du radier ou sur la traverse supérieure de la vane déjà posée.

Pour l'enlèvement, il suffit de gaffer la vane à retirer au moyen d'un petit grappin ou crochet à quatre branches.

Le galet est contenu dans une boîte en acier, fixée par trois boulons aux quatre angles de la vane. Chaque boîte a la même épaisseur que la vane, soit 0^m,043, et renferme un galet de 0^m,043 de diamètre qui fait saillie de 0^m,004 en dehors de la boîte, de façon à pouvoir rouler sur le montant amont de la fermette. La boîte porte en outre un petit galet latéral en bronze qui est destiné à guider la vane entre les fermettes. Les billes ont 0^m,007 de diamètre. Boîte, axe et billes sont en acier.

Ecluse à grande chute de Bourg-le-Comte sur le canal de Roanne à Digoin.

La nouvelle écluse à grande chute de Bourg-le-Comte a été construite en deux campagnes (1898 et 1899) sur le canal de Roanne à Digoin, entre les points kilométriques 36^k,461 et 36^k,499, en remplacement de deux écluses, situées respectivement aux points 36^k,350 et 36^k,580.

Ces deux écluses étaient séparées par un bief de 239 m de longueur, qui vient d'être supprimé.

Ce bief court était déjà difficilement réglable avec les écluses de 30 m de longueur. Il l'eût été plus encore avec les écluses de 38^m,50 dont le volume de l'éclusée augmentait de près de 1/3.

En outre, on réalise ainsi un avantage sérieux pour la batellerie ; car

moyennant les aqueducs de remplissage ménagés dans les bajoyers, l'éclusage n'est pas plus long dans la nouvelle écluse à grande chute que dans l'une des anciennes écluses.

Enfin, les chutes des deux écluses supprimées à Bourg-le-Comte étant de 3^m,66 et de 3^m,67, la nouvelle chute totale est de 7^m,19 après remaniement des plans d'eau des biefs conservés.

La hauteur des bajoyers au-dessus du radier étant de 10^m,54, on a dû, pour assurer aux bajoyers une stabilité suffisante dans toutes les hypothèses (écluse pleine, écluse vide, terre-pleins détrem্পés par les eaux), évider l'intérieur des bajoyers afin d'augmenter autant que possible leur moment de stabilité pour un cube donné de maçonnerie.

Sous les évidements sont placés les aqueducs de remplissage de l'écluse qui s'étendent sur toute la longueur du bajoyer, depuis les vannes cylindriques d'amont jusqu'aux vannes cylindriques d'aval et à l'orifice d'évacuation sur le bief inférieur.

Chacun de ces deux aqueducs longitudinaux communique avec le sas au moyen de six aqueducs transversaux.

Les portes d'amont sont entièrement métalliques du type usuel adopté dans le service.

Pour les portes d'aval, on a adopté la disposition suivante, motivée par la grande hauteur de la chute :

1° A la partie supérieure, un masque fixe pesant 8 610 kg. avec ossature et bordage entièrement métalliques. Le cadre et les entretoises horizontales et verticales sont constitués par des fers I de 0^m,38. Ce masque présente 3^m,20 de hauteur sur une portée de 5^m,60 dans le sens horizontal,

2° A la partie inférieure, deux portes entièrement métalliques se fermant dans un même plan vertical perpendiculaire à l'axe de l'écluse. Le cadre et les entretoises horizontales et verticales sont constitués par des fers I, dont l'âme a 12 mm et où la distance entre semelles est de 0^m,50. Le bordage, constitué par des tôles embouties a une épaisseur de 8 mm. Les deux vantaux sont terminés chacun par une fourrure en biseau qui assure leur fermeture complète et suffisamment étanche.

Chaque vantail a 7^m,29 de hauteur sur 2^m,96 de largeur et pèse 9 930 kg.

Le mouvement de chaque vantail est commandé par un arc denté horizontal placé à l'aval, et par conséquent toujours hors de l'eau.

Chacun des arcs dentés est manœuvré par une roue dentée portée par un axe vertical qu'on fait tourner au moyen d'un cric-borne du

type ordinaire, installé sur la plateforme d'une petite passerelle située au niveau supérieur du masque et, par suite, des terre-pleins de l'écluse.

Une autre passerelle située au niveau inférieur du masque, au-dessous de la première, permet de descendre jusque l'arc denté et aux mécanismes qui le commandent, de les visiter et de les graisser.

Les fondations ont exigé une fouille poussée à 8 m au-dessous du plafond du bief intermédiaire et au pied d'un coteau qui menaçait de se mettre en mouvement. Elles ont par suite donné lieu à de très sérieuses difficultés.

La dépense s'est élevée à 234 700 francs.

Installation électrique de Saint-Jean-de-Losne pour l'alimentation du canal de Bourgogne.

L'alimentation des trois derniers biefs N^{os} 76, 75 et 74 du versant Saône du canal de Bourgogne se fait au moyen d'eau de Saône remontée de bief en bief.

Les longueurs de ces biefs sont respectivement de 2 410, 2 700 et 1 795 m, soit au total 6 905 m, et l'installation permet de fournir 3 000 m³ au bief N^o 74, 3 000 m³ au bief N^o 75 et 9 000 m³ au bief N^o 76.

A cet effet, on prend en Saône 15 000 m³, que l'on verse au bief N^o 76 ; on reprend à celui-ci 6 000 m³ que l'on remonte au bief N^o 75, on reprend encore 3 000 m³ à ce dernier pour alimenter le bief N^o 74. Ce remontage s'opère à chaque écluse au moyen d'une pompe centrifuge actionnée par un moteur électrique, qui aspire dans le bief d'aval et refoule dans celui d'amont.

Une usine génératrice établie sur la Saône aux abords du barrage de Changey, à 2 km. en aval de l'embouchure du canal, envoie à des usines réceptrices, placées aux écluses et distantes les unes des autres de 2^k,400 et 2^k,700, un courant triphasé de 1 800 à 2 000 v. Ce courant est transporté par des fils placés le long de la rivière et du canal, et des transformateurs, installés à proximité des trois écluses, en abaissent la tension à 110 v. pour l'envoyer ensuite dans les moteurs.

L'usine de captation de force comprend essentiellement une turbine et une dynamo génératrice avec son excitatrice, que la turbine commande l'une et l'autre.

La turbine est à écoulement centripète, du type Hercule, à axe verti-

cal reposant en bas sur une crapaudine en bois dur supportée elle-même par un levier avec tige de rappel. Cette turbine, dont la vitesse correspondant à la meilleure marche de l'appareil a été reconnue être de 45 tours par minute, met en mouvement, au moyen d'engrenages, un arbre horizontal muni d'une poulie qui actionne la courroie de commande de la dynamo génératrice.

Elle n'est pas réglée par un régulateur, et, quand les appareils ont été mis en marche à une vitesse donnée, on peut les abandonner à eux-mêmes; ils continuent à fonctionner à une vitesse toujours égale.

Cependant, pour prévenir tout accident, la turbine est enveloppée d'une vanne cylindrique qui reste constamment levée et qui, lorsque la vitesse dépasse une limite déterminée par expérience, tombe automatiquement à fond au moyen d'un dispositif spécial et arrête la turbine.

La vanne est équilibrée en partie par des contrepoids, de façon à ne pas descendre trop brutalement sur son siège.

La salle des machines est coupée en deux parties par une barrière. Dans la partie où l'on accède par la porte d'entrée, se trouvent les transmissions et le tableau de l'excitatrice dont les fils ne sont parcourus que par du courant à 110 v.

Au delà de cette barrière se trouvent la génératrice triphasée, son tableau et les fils transportant le courant à 2 000 v., c'est-à-dire toutes les parties dont le contact est dangereux.

Sauf quelques passages particuliers, la ligne est aérienne.

La ligne primaire est réunie aux lignes secondaires par des postes de transformateurs qui abaissent le voltage dans le rapport de 18 à 1.

Chaque poste consiste en une guérite triangulaire en menuiserie, dont trois poteaux d'angle forment la carcasse. La ligne primaire arrive par un de ces poteaux, la ligne secondaire par un autre. La transformation se fait par trois transformateurs monophasés. Les couplages, tant pour le primaire que pour le secondaire sont faits en triangle.

Chacune des usines réceptrices se compose d'une chambre maçonnée creusée au-dessous du terre-plein de l'écluse, et cette chambre est partagée en deux par une cloison en tôle. D'un côté se trouve le moteur électrique, de l'autre la pompe centrifuge, l'un et l'autre montés sur le même axe.

Les trois moteurs ne sont pas du même type. Le plus petit est un moteur à induit en cage d'écureuil, toujours fermé sur lui-même; dans les deux plus gros, au contraire, l'induit est bobiné en fils de cuivre relativement fins, dont les enroulements se ferment par l'intermédiaire

d'un rhéostat liquide. Le petit moteur reçoit le courant extérieur dans son bobinage fixe ; au contraire, dans les gros moteurs, le courant arrive dans la partie mobile au moyen de trois bagues, fixées sur l'arbre.

Voici les éléments des divers moteurs :

Moteur de 14 chevaux.

Volts, 100 ; a., 80 ; tours-minute, 450 ; pôles, 10 ; enroulement inducteur, 10 bobines en parallèle ; enroulement induit, 2 circuits.

Moteur de 6 chevaux.

Volts, 100 ; a., 40 ; tours, 500 ; pôles, 10 ; enroulement inducteur, 2 groupes de 3 bobines en parallèle ; enroulement induit, 2 circuits.

Moteur de 3 chevaux.

Volts, 100 ; a., 20 ; tours, 800 ; pôles, 6 ; enroulement inducteur, 2 groupes en série de 3 bobines en parallèle ; enroulement induit en cage d'écureuil.

Les essais ont donné, sous charge normale, des rendements de 81, 77 et 74 0/0.

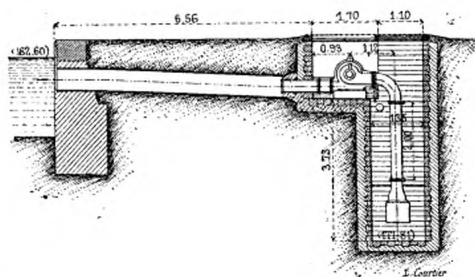


Fig. 20. — Coupe longitudinale et élévation de la pompe.

Les pompes centrifuges sont du type ordinaire, avec tuyau d'aspiration et tuyau de refoulement placés à la partie inférieure. Elles sont posées à une altitude telle, que l'eau du bief d'amont les remplit constamment, de manière qu'elles ne puissent pas se désamorcer.

Le tuyau d'aspiration, terminé par un pot à clapet et une crépine, descend dans un puisard en communication avec l'aqueduc latéral à l'écluse, qui, au canal de Bourgogne, sert à la vidange du sas et communique constamment avec le bief aval.

Le tuyau de refoulement est prolongé par un gros tuyau en ciment

Sa plus grande épaisseur à la base est de $27^m,03$; les fondations forment saillie de $4^m,93$ à l'aval et de $1^m,65$ à l'amont.

Son profil a été établi d'après les méthodes de calculs employées par M. Delocre pour le barrage du Furens. Pour calculer les pressions auxquelles sera soumise la maçonnerie, le profil a été décomposé par tranches horizontales et le maximum de pression a été limité sur les arêtes à 6 kg. par centimètre carré.

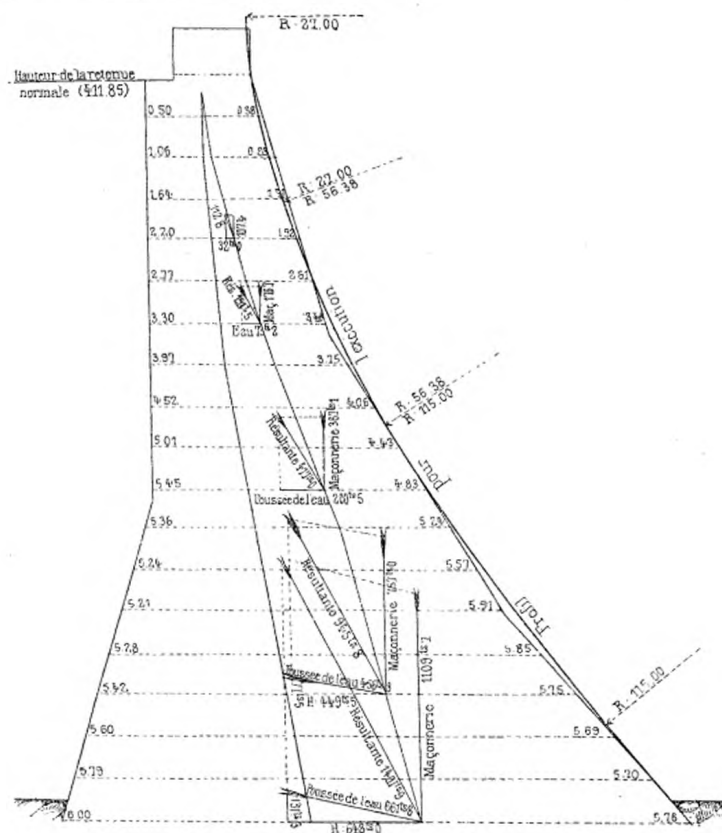


Fig. 24. — Epure de stabilité du mur du réservoir.

L'épure de stabilité du mur et le profil qui en a été déduit sont reproduits à la fig. 24.

La forme du mur en plan se compose d'arcs de cercle et d'une ligne droite. Les arcs de cercle sont convexes vers l'amont, de manière à faire voûte sous la pression.

Le sol à l'emplacement du mur appartient à l'étage géologique du

grès rouge. Les fondations sont assises sur une couche de marne compacte; leur profondeur au-dessous du sol varie de 5 à 11 m, et la plus grande hauteur du mur se trouvera être de 35^m,35 entre le dessus des fondations et la plateforme de couronnement: la plus grande hauteur, y compris les fondations, est de 40^m,85.

Le mur est traversé à la base de la partie où il atteint sa plus grande hauteur par un aqueduc de vidange fermé par une vanne.

Elle ne sera manœuvrée que pour évacuer les vases du fond du réservoir.

Les prises d'eau d'alimentation ont été écartées de cette partie du mur et reportées sur un côté.

Ecran contre le parement amont du mur. — On projette l'établissement d'un écran aussi étanche que possible contre le parement amont, afin d'éviter les infiltrations de l'eau à travers les maçonneries de l'ouvrage, et par suite toute diminution de sa résistance à la charge du volume d'eau contenu dans le réservoir.

L'écran, dont les coupes AB, CD, EF (fig. 23) indiquent les dispositions, serait formé de puits demi-cylindriques qui présenteraient le grand avantage qu'on pourrait se rendre compte à volonté de l'état du parement amont du mur.

Un aqueduc longitudinal reliant les puits serait ménagé au niveau du dessus des fondations du mur pour l'écoulement des eaux qui pourraient pénétrer dans ces puits. De plus, des trous de sonde pratiqués dans chaque puits, en avant des fondations du mur, et descendant en contre-bas des fondations, formeraient appel des eaux qui pourraient produire des sous-pressions.

Canal de la Marne à la Saône.

Ecluses-types des versants Saône et Marne.

Pont-canal de Condes.

Souterrain de Condes. — Souterrain de Balesmes.

Réservoir de la Mouche.

Le canal de la Marne à la Saône ⁽¹⁾ doit combler une lacune importante du réseau des voies navigables françaises en reliant, par un tracé direct, la région du Nord (Dunkerque, Lille, Reims) aux vallées de la Saône et du Rhône (Gray, Chalon-sur-Saône, Lyon, Marseille). Bien que les premières études de ce canal remontent à 1839, son établissement n'a été déclaré d'utilité publique que par une loi du 3 avril 1879.

(1) Voir *Annales des Ponts et Chaussées*, 1899, 4^e trimestre.

Au 1^{er} janvier 1899, le canal était construit sur 119^{km},278 m, savoir : 89^{km},114 m de Rouvroy à Heuilly-Coton et 30^{km},164 m de Pouilly-sur-Vingeanne à la Saône.

Les dépenses faites s'élèvent à 62 400 000 francs, celles restant à faire à 22 600 000 francs.

Les dépenses de premier établissement de ce canal, y compris les frais généraux et l'entretien jusqu'à achèvement complet, atteindront 85 millions de francs, dont 68 213 000 francs pour le canal proprement dit et 16 787 000 francs pour les réservoirs et rigoles d'alimentation.

Le prix de revient kilométrique général, alimentation comprise, sera de 560 073 francs.

Parmi les plus remarquables des nombreux ouvrages d'art construits à ce jour, nous croyons devoir signaler ceux ci-après :

ECLUSE-TYPE DU VERSANT DE LA MARNE.

La disposition caractéristique de l'écluse du versant de la Marne, c'est que le mur de chute est évidé ; il est formé par une voûte surbaissée

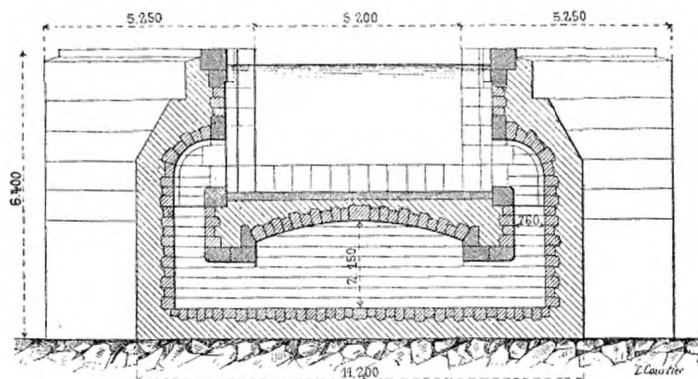


Fig. 25. — Ecluse de 3^m,50 de chute avec pont sur la tête aval.

jetée entre les bajoyers et laissant au-dessous d'elle une vaste chambre remplie d'eau. C'est dans cette chambre que viennent déboucher, l'un en face de l'autre, les aqueducs de remplissage issus de la chambre des portes d'amont. Les remous formés par la rencontre des deux courants se produisent ainsi en dehors du sas où se trouve le bateau.

Les aqueducs de vidange sont horizontaux ; ils prennent naissance dans la chambre des portes d'aval, contournent les chardonnets et débouchent, l'un en face de l'autre, dans la chambre de fuite.

Les têtes amont des aqueducs de remplissage et de vidange sont fermées par des vannes à jalousies en fer glissant sur des cadres dormants d'une seule pièce de fonte. Ces vannes sont manœuvrées par des bornes-crics.

Les portes busquées à deux vantaux sont entièrement en fer galvanisé. Le bordage de 0^m,005 d'épaisseur, dans les portes d'amont, et de 0^m,006 d'épaisseur, dans celles d'aval, est rivé sur la face amont de bâtis en fer Γ profilés formés d'un cadre, d'un montant central et d'une seule entretoise intermédiaire dans les vantaux d'amont, de plusieurs entretoises intermédiaires équidistantes dans ceux d'aval (5 pour la chute de 3^m,50). Les portes d'amont sont généralement manœuvrées au moyen de béquilles en fer. Celles d'aval sont mises en mouvement par une crémaillère circulaire fixée à la partie supérieure du cadre et manœuvrée par un cric.

ECLUSE-TYPE DU VERSANT SAÔNE.

La nouvelle écluse-type à vannes cylindriques du versant Saône est disposée, en ce qui concerne les moyens de remplissage et de vidange du sas, comme les écluses récemment construites sur le canal du Centre. Des aqueducs longitudinaux ovoïdes sont ménagés à l'intérieur des bajoyers; ils communiquent avec le sas par de nombreux larrons circulaires débouchant au-dessous du fond des bateaux.

Les portes sont identiques à celles du versant de la Marne, sauf qu'elles sont en acier galvanisé au lieu d'être en fer galvanisé.

La vallée de la Vingeanne, que suit le versant Saône du canal, étant perméable, toutes les eaux d'alimentation qui proviennent en été de réservoirs voisins du bief de partage, doivent être transmises par le canal. Aussi, les écluses sont-elles pourvues d'appareils de transmission des eaux d'alimentation, à la fois d'un réglage précis et d'une grande puissance de débit. Ces appareils sont au nombre de deux par écluse : le réservoir circulaire et l'alimentateur automatique.

Le déversoir circulaire à niveau variable n'est autre qu'une vanne cylindrique renversée : une virole cylindrique à axe vertical, dont le bord supérieur forme déversoir, coulissé à l'intérieur d'un cylindre fixe couronnant une tour en maçonnerie élevée dans le bief amont, dans l'angle du mur en retour de l'écluse et du talus perreyé du bief. De la base de cette tour part un tuyau en ciment de 1 m de diamètre, qui passe sous le terre-plein de l'écluse et va déboucher dans le bief aval, à 50 m au delà de la tête aval de l'écluse, par quatre orifices de

de sonnette, par un flotteur se mouvant dans un puits vertical en communication avec l'aqueduc de remplissage logé dans le bajoyer.

PONT-CANAL DE CONDES.

Ce pont-canal a 36 m d'ouverture libre en deux travées de 18 m séparées par une pile de 1^m,50.

La bache métallique en fer galvanisé, de 39^m,33 de longueur, est fixée sur la pile centrale et s'appuie sur les culées par l'intermédiaire de deux chariots de dilatation. Deux tronçons de bache, de même section transversale et de 0^m,93 de longueur, sont encastrés sur 0^m,785 dans les culées et reliés par un joint de dilatation à la bache principale.

La bache est formée de deux grandes poutres latérales à âme pleine

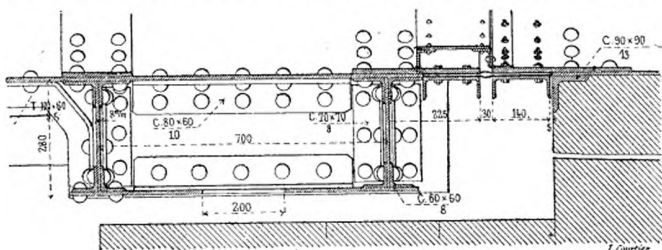


Fig. 27. — Pont-canal de Condes. — Joint étanche.

formant bordage, d'entretoises dont la semelle supérieure se raccorde à ses extrémités par un quart de cercle avec les poutres verticales et de longerons formant avec les entretoises un quadrillage à mailles carrées.

Les chemins de halage reposent sur des vouêtelettes en briques supportées par des consoles et par les poutres de rive en treillis formant garde-corps.

Des intervalles de 0^m,03 sont ménagés entre les abouts de la grande bache et ceux des tronçons fixés sur les culées. Ces intervalles sont obturés par des feuilles de caoutchouc formant joints étanches de 0^m,31 de largeur et de 0^m,012 d'épaisseur courant sur tout le périmètre des baches.

Ces feuilles sont pincées entre l'extérieur du bordage et deux cours de fer \sqsubset fixés par des boulons pourvus de rondelles en caoutchouc. A l'intérieur, la feuille de caoutchouc, laissée à nu sur la largeur du joint, est garantie contre les chocs par une sorte de boîte métallique renversée, boulonnée sur le tronçon fixe et laissant libre la dilatation de la grande bache. L'étanchéité absolue du joint a été ainsi réalisée.

Le pont-canal de Condes a été exécuté du 1^{er} avril 1883 au 26 novembre 1886.

SOUTERRAIN DE CONDES.

Le souterrain de Condes, de 307^m,73 seulement de longueur, est remarquable par sa grande largeur. Il est établi, en effet, pour deux voies de bateaux et deux chemins de halage. Son ouverture est de 16 m, dont 11 m pour la cuvette et 2^m,50 pour chacun des chemins de halage.

L'intrados présente la forme d'une demi-ellipse dont la largeur au fond est de 13^m,74.

Le radier, en forme de voûte renversée, a 0^m,30 de flèche et 0^m,50 d'épaisseur.

La voûte est recouverte d'une chape en mortier de ciment de 0^m,05 d'épaisseur et d'un bourrage en pierres sèches de 0^m,29 d'épaisseur.

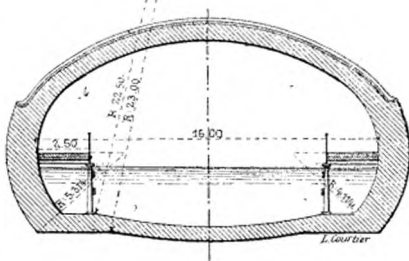


Fig. 28. — Coupe transversale du souterrain de Condes.

Les eaux, rassemblées dans les solins de la voûte, tombent dans le canal par des gargouilles en fonte traversant la maçonnerie.

Les chemins de halage sont en encorbellement de manière à ne pas réduire la section mouillée.

Ils consistent en voûtes en briques portées par une charpente métallique qui est formée d'entretoises scellées dans la maçonnerie à l'une de leurs extrémités et appuyées à leur autre extrémité, sur une poutre longitudinale soutenue par des colonnes en fonte espacées de 7 m. Dans l'intervalle des colonnes, trois fers à L verticaux supportent deux cours de guide-bateaux horizontaux en bois de chêne.

Le souterrain a été ouvert dans le rocher fissuré et perméable du forest-marble par la méthode belge avec galerie d'avancement supérieure. La principale difficulté résultait de l'énorme dimension de la calotte, segment d'ellipse de 17^m,60 de corde, 4^m,35 de flèche et 57 m² de section et des pressions énormes que le ciel de cette calotte exerçait sur les boi-

sages, notamment dans le voisinage des têtes où le terrain, formé d'éboulis rocheux, était particulièrement disloqué.

Ce souterrain, exécuté du 1^{er} avril 1883 au 1^{er} janvier 1886, a coûté 964 273 francs, soit 3 133^f,30 par mètre courant, dont 240^f,05 pour les passerelles métalliques de halage et 1221^f,08 pour les déblais et boisages. Le cube moyen des déblais par mètre courant ayant été de 148 m³, le prix moyen du mètre cube de déblai, boisage compris, est revenu à 8^f,245.

SOUTERRAIN DU BIEF DE PARTAGE OU DE BALESMES.

Description. — Le souterrain du bief de partage du canal de la Marne à la Saône a 4 820^m,45 de longueur. C'est, après celui de Mauvages

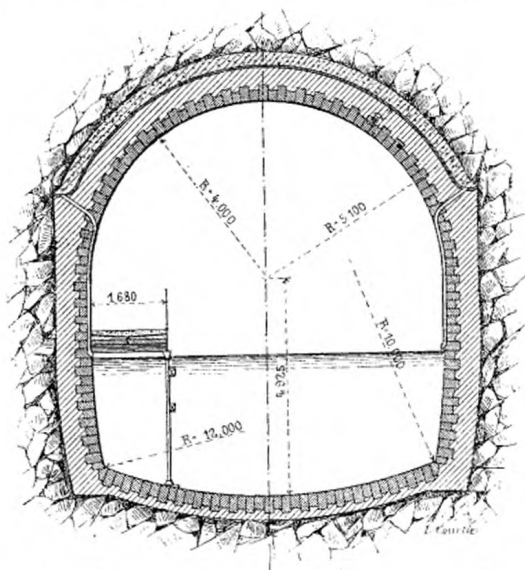


Fig. 29. -- Souterrain du bief de partage. — Profil avec chape.

(4 877 m), le plus long des souterrains situés entièrement en France. Son tracé est rectiligne. Le faite du plateau de Langres s'élève à 119^m,55 au-dessus du sommet de l'intrados. La Marne passe deux fois au-dessus du souterrain : une première fois, près de la tête Marne, à 4^m,23 seulement au-dessus de la clef à l'intrados ; une seconde fois, dans le village de Balesmes, à 14^m,85 au-dessus de la clef. A la première traversée, la rivière est enfermée dans une bache maçonnée. Le souterrain passe également sous le chœur de l'église de Balesmes.

La section transversale mesure 8 m de largeur et 8^m,925 de hauteur sur l'axe. Le revêtement est complet. Il comprend une voûte en plein cintre, de 8 m d'ouverture et de 0^m,80 d'épaisseur uniforme, dont les naissances sont à 1^m,70 au-dessus du plan d'eau, deux piédroits de même épaisseur, incurvés suivant un rayon de 12 m dans la partie située au-dessous du plan, ce qui réduit la largeur au fond à 7^m,473, et un radier en voûte renversée de 0^m,725 de flèche et de 0^m,50 d'épaisseur.

Une passerelle métallique de halage de 1^m,68 de largeur existe d'un seul côté. Elle est supportée par des colonnes en fonte et pourvue de guide-bateaux; elle est identique à celle du souterrain de Condes, sauf que sa largeur est moindre et que des joints de dilatation, espacés de 45 m, ont été ménagés au-dessus de certaines colonnes.

Le mouillage est ainsi de 3^m,225 sur l'axe et de 2^m,50 sur les côtés et la section mouillée, qui s'étend sous la passerelle, de 23^m2,20 : soit plus de deux fois et demie la section immergée d'un bateau chargé au maximum d'enfoncement, qui n'est que de 1^m,80 \times 5 m = 9 m².

Le prix par mètre courant ressort, tout compris, à 2 490^f,05 et, si on en défalque les têtes, les puits et la réparation de l'éboulement, à 2 403^f,42, dont 95^f,15 pour la passerelle métallique de halage. Le prix de revient moyen du mètre cube de déblai a été de 16^f,42.

RÉSERVOIR DE LA MOUCHE OU DE SAINT-CIERGUES.

Description. — Le réservoir, en forme d'Y, a 94 hect. de superficie mouillée au niveau de la retenue normale (102 hect. acquis avec les francs-bords) et 8 169 000 m³ de capacité.

La digue en maçonnerie, de 410^m,25 de longueur, est rectiligne. La hauteur de la retenue est de 22^m,15. Le couronnement du mur de réservoir est à 2^m,55 au-dessus du niveau de la retenue. Il est surmonté d'un parapet de 1^m,05 de hauteur. La largeur du mur en couronne est de 3^m,50; sa plus grande largeur à la base, de 20^m,293. Le parement amont présente un fruit rectiligne de 0^m,02 par mètre; il a été recouvert de 3 couches de coaltar flambé pour assurer son étanchéité, puis blanchi à la chaux pour éviter l'absorption des rayons calorifiques par la couleur noire. Le parement aval est profilé suivant une verticale jusqu'à 4 m au-dessous de la retenue, puis suivant deux arcs de circonférence, se raccordant tangentiellement, de 7 et 55 m de rayon; enfin, à partir du point situé à 20^m,40 au-dessous de la retenue, suivant une ligne droite de 0^m,943 de fruit par mètre. Dans les enracinements, sur 103^m,15 sur la rive droite et 93^m,75 sur la rive gauche, on a, à partir de 10 m au-

par le parement aval du mur de réservoir, qui est composé d'une mosaïque en moellons hexagonaux, parsemée de pierres en saillie pouvant recevoir des échafaudages d'entretien. L'aspect architectural qui résulte de ces dispositions est véritablement grandiose.

La digue est encastrée d'un mètre au moins dans la marne compacte. De plus, trois murs d'ancrage y pénètrent plus profondément. Celui d'amont en mur de garde a 3 m de largeur sur 3 m de profondeur; les deux autres ont 2 m de largeur et 2 m de profondeur.

La profondeur des fondations du mur de garde au-dessous du terrain

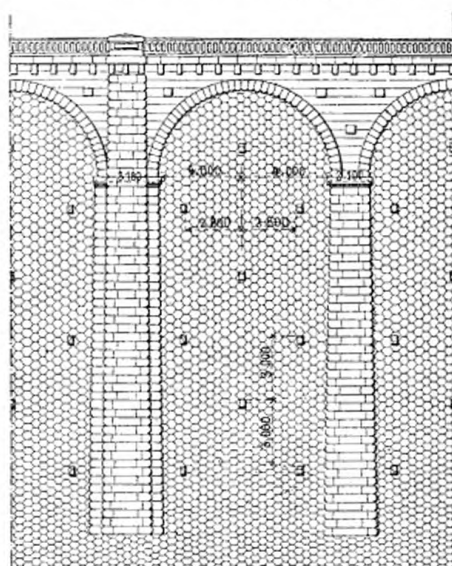


Fig. 34. — Réservoir de la Mouche. — Elévation partielle de la digue vue d'aval.

naturel atteint ainsi au minimum $10^m,26$ dans le thalweg, $15^m,47$ à l'enracinement de rive gauche et au maximum $24^m,01$ à celui de rive droite. Les maçonneries de fondation enfouies dans le sol représentent $56\ 0/0$ du volume total des maçonneries.

Le profil a été déterminé par la méthode de M. Bouvier, perfectionnée par M. Guillemain et vérifiée après coup par celle de M. Maurice Lévy. L'effort à la compression n'atteint pas $6^{kg},5$ par centimètre carré sur le parement amont lorsque le réservoir est vide et ne dépasse pas $7\ kg.$ sur le parement aval lorsque le réservoir est plein. Dans cette dernière hypothèse, aucun point du parement amont ne subit d'effort de tension; mais l'effort à la compression, qui n'est que de $0^{kg},5$ par centimètre carré à $11^m,50$ sous le plan d'eau, y est en ce point inférieur de $0^{kg},65$ à la pression statique de l'eau qui le baigne.

Procédés d'exécution. — La carrière de la Fontaine-au-Bassin, qui avait été reliée par une voie de fer au chantier, a fourni à la fois la pierre de taille, les moellons de toute sorte et le sable de calcaire broyé pour les mortiers.

La fondation fut commencée par la partie centrale. On eut soin, pour éviter l'effritement des marnes, de n'achever la fouille qu'au moment où on était prêt à maçonner. La maçonnerie, dans chaque profil, fut commencée par l'aval et terminée par le mur de garde, dans la fouille duquel toutes les eaux de filtration se rassemblaient. Cette fouille avait 0^m,50 de largeur de plus que le mur à édifier : deux vides latéraux de 0^m,25 pour l'écoulement des eaux ont été conservés jusqu'après la prise des mortiers et bouchés ensuite avec du béton de ciment.

Les maçonneries du massif du mur furent exécutées par levées successives de 0^m,80 à 1 m d'épaisseur. Les joints furent enchevêtrés en tous sens, en évitant les joints continus et les lits horizontaux. De plus, de grandes bornes de liaison en saillie de 0^m,30 à 0^m,50 sur la levée furent posées à raison d'une par mètre cube de maçonnerie. Dans les fondations, le mortier était composé de 390 kg. de chaux de la région par mètre cube de sable ; en élévation, de 350 kg. de chaux de Cruas ou du Theil. Il a été consommé en moyenne 0^m3,42 de mortier par mètre cube de maçonnerie de massif.

Dépenses. — Les dépenses d'établissement du réservoir proprement dit ont été de 3 019 287 francs. Le mètre cube d'eau annuellement emmagasinée revient dans ce réservoir à 0^f,614 en n'ayant égard qu'aux dépenses relatives au réservoir lui-même.

**Usines élévatoires de Valcourt, près Toul,
pour l'alimentation commune du canal de la Marne au Rhin
et du canal de l'Est.**

Sur la rive gauche de la Moselle, on a créé de 1896 à 1899 une usine à vapeur destinée à suppléer dans les périodes de sécheresse, lorsque le débit moteur de la Moselle s'abaisse au-dessous de 6 m³, l'usine hydraulique établie de 1878 à 1879 pour assurer l'alimentation des canaux de la Marne au Rhin et de l'Est quand le débit du Vacon devient insuffisant.

Cette usine nouvelle, dont le produit est refoulé par une conduite spéciale dans la même rigole alimentaire que celui des usines hydrauliques, comprend quatre générateurs, dont un de rechange, et trois machines à vapeur horizontales actionnant chacune deux pompes à

piston plongeur. La hauteur de refoulement est également de 41 m, et le volume d'eau maximum que la nouvelle usine peut élever par jour est d'environ 43 000 m³ (500 lit. par seconde).

La dépense, qui n'est pas encore complètement réglée, s'élèvera approximativement à 690 000 francs, dont 335 000 francs pour la machinerie.

La construction et l'installation des machines, y compris la maçonnerie de la cheminée et des enveloppes des générateurs, ont fait l'objet d'un concours particulier entre spécialistes et d'un marché à forfait à la suite de ce concours.

Installation électrique d'Amfreville-Poses (sur la Seine).

L'installation électrique d'Amfreville-Poses proposée en avril 1894, réalisée successivement et terminée en janvier 1899, est destinée à assurer à la fois l'éclairage et la manœuvre des ouvrages de la retenue de Poses (4^m,18 de chute).

A raison de la longueur de la dérivation d'Amfreville et de la disposition des ouvrages qui la ferment à l'aval, on dispose, en tout état des eaux, en ce point, d'une chute qui ne descend pas au-dessous de 0^m,80. Il était tout naturel, par là même, de profiter de cette circonstance heureuse pour assurer électriquement, non seulement l'éclairage des abords des écluses et du barrage et des maisons du personnel y affecté, mais les mécanismes de ces ouvrages et de divers moteurs accessoires. C'est ce qui a été fait.

L'usine a été construite à l'extrémité aval du bajoyer du large de l'ancienne écluse.

Le massif inférieur du bâtiment comprend :

- 1° Au centre, la chambre d'eau de la turbine ;
- 2° En amont, deux conduites d'amenée de 1^m,20 de diamètre, munies chacune d'un robinet-vanne ;
- 3° En aval, la conduite de fuite de même diamètre et munie également d'un robinet-vanne permettant l'isolement de la turbine pour les visites.

La turbine, à pivot rehaussé du type Fontaine, à chute variable, est munie d'un vannage à rouleau manœuvrable, de la salle des machines, à la main ou au moyen d'un régulateur électrique qui permet d'assurer une vitesse régulière.

La turbine peut fournir douze chevaux sous la chute minima de 0^m,80,

et sa puissance peut aller jusqu'à trente chevaux sous la chute normale de la retenue.

Dynamo génératrice. — Chaque dynamo génératrice est du type Gramme supérieur ; elle est montée en dérivation et débite 40 a. sous une tension de 275 v. avec une vitesse de 900 tours par minute.

Par un simple déplacement de courroie et au moyen d'un tableau spécial, les deux génératrices peuvent être substituées l'une à l'autre ou marcher en parallèle.

Le potentiel est maintenu constant aux bornes de la dynamo au moyen d'un régulateur à main et d'un régulateur automatique.

Mode de distribution. — Le fonctionnement des lampes est assuré par une distribution à trois fils alimentée par une batterie d'accumulateurs que la génératrice charge pendant la journée. Les lampes sont à incandescence du type courant avec un voltage voisin de 110 v., et dont la puissance varie suivant les points à éclairer. La mise en mouvement des appareils de manœuvre et moteurs dans les conditions habituelles est assurée directement par la génératrice. Le voltage de 275 v. a été adopté pour la distribution de force, et, par suite, pour la génératrice.

Eclairage. — L'éclairage est obtenu au moyen de 70 lampes représentant un total de plus de 1 000 bougies. La ligne d'éclairage est formée de fils de cuivre de 0^m,004 de diamètre. Le terre-plein des écluses est éclairé au moyen de lampes de 32 bougies espacées de 30 m, placées à 2^m,50 au-dessus du sol et munies de réflecteurs en tôle émaillée blanche inclinés à 45° sur l'horizon. Elles fonctionnent pendant toute la nuit. Le barrage est éclairé, au moment des manœuvres, par des lampes de 32 bougies placées dans une lanterne sur chaque pile. Les treuils de manœuvre du barrage portent chacun deux lampes de 16 bougies. Dans les bâtiments, les lampes sont de 5, 16 et 20 bougies ; elles ne fonctionnent qu'au moment du besoin.

Distribution de force. — La ligne de distribution de force dessert, sur les écluses, quatre cabestans électriques montés sur les bajoyers, quatre moteurs électriques pour la manœuvre des deux paires de portes et des quatre vannes d'aqueducs de la grande écluse, et, sur le barrage, un treuil de manœuvre des cadres et deux treuils de manœuvre des rideaux, enfin la pompe de l'établissement de pisciculture installée près des écluses, ainsi que les outils de l'atelier du barrage.

Elle a été calculée pour alimenter simultanément deux treuils des rideaux prenant un courant de 30 a. et pouvant se trouver à 800 m de la génératrice. Le câble se compose de 19 fils de cuivre de 1^{mm},4 de diamètre ; la perte de charge, sous 30 a., est de 10 0/0 à l'extrémité de la ligne.

Manœuvre électrique des portes et vannes d'aqueduc. — La

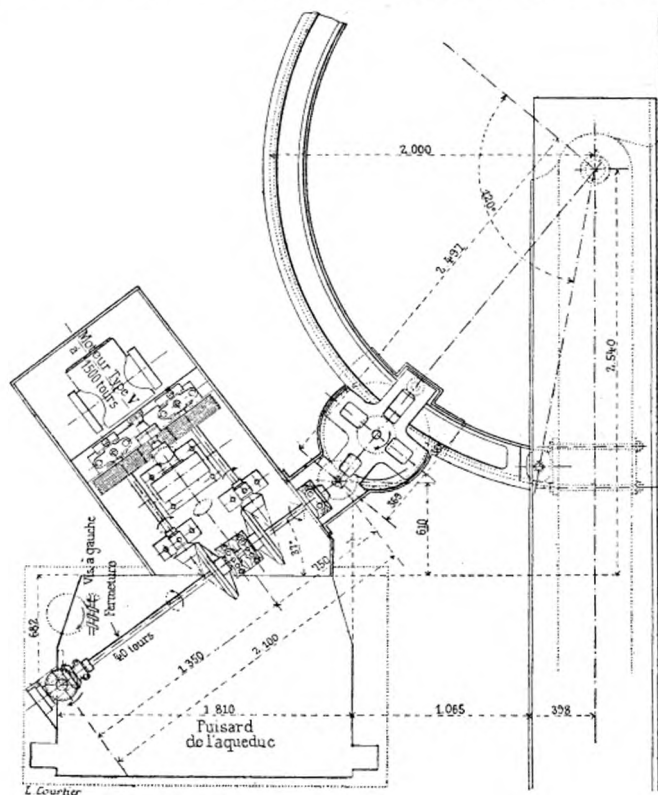


Fig. 32. — Dispositif de la commande électrique des portes et des vannes d'aqueduc.

grande écluse de Poses a un sas de 141 m de longueur et de 17 m de largeur ; les vantaux ont une largeur de 6^m,82 et une hauteur de 7^m,20 à l'amont et de 8^m,85 à l'aval ; par suite de leurs dimensions et de la dénivellation produite dans le sas par la fente ménagée au bas des poteaux busqués pour le passage de la chaîne de touage, la manœuvre d'ouverture est assez dure au démarrage et exige souvent deux hommes par

vantail. Pour les aqueducs de remplissage et de vidange du sas, qui ont une section de 4^m,50 et sont munis de vannes à papillons actionnés par un cric à vis sans fin, la manœuvre d'ouverture exige deux hommes, au départ, lorsque la chute varie de 3 à 4 m.

Les manœuvres sont faites par deux éclusiers et un chef qui ne suffisent pas lorsque la navigation est active. L'emploi de moteurs électriques a simplifié leur tâche et activé les manœuvres.

Les portes sont actionnées par un arc denté de 2 m de rayon, fixé sur l'entretoise supérieure du vantail et logé dans un encuvement à 0^m,25 en contre-bas du terre-plein.

La manœuvre à bras se fait par l'intermédiaire d'une série d'engrenages au moyen d'une manivelle supportée par une borne.

Les vannes d'aqueduc sont manœuvrées à bras, à l'aide d'une béquille actionnant un cric logé dans le puisard de l'aqueduc. On a profité du voisinage immédiat de ces deux organes pour recourir à un moteur commun placé entre eux.

L'embrayage des moteurs électriques avec les organes de manœuvre des portes et des vannes d'aqueduc est réalisé au moyen d'embrayages à friction constitués par des cylindres cannelés, et toute manœuvre automatique a été écartée comme se prêtant mal aux opérations à exécuter, notamment au busquage des portes.

La marche est assurée, dans les deux sens et à toutes les vitesses jusqu'au maximum de 1500 tours, par un rhéostat dont la manivelle est établie sur la boîte du moteur.

Le moteur a une puissance de 3250 w., mais la manœuvre de la porte, sous la chute de 4 m, n'exige que 1700 w. à l'ouverture et 1200 w. à la fermeture. La manœuvre de la vanne d'aqueduc exige de 1100 à 1200 w. à l'ouverture et de 660 à 680 w. à la fermeture.

La durée de la manœuvre d'un vantail est de 83 secondes pour l'ouverture et 78 secondes pour la fermeture. Pour les vannes d'aqueduc, la durée est de 80 secondes à l'ouverture et de 70 secondes à la fermeture.

Cabestans. — Un cabestan électrique, de la puissance de 7 chevaux, a d'abord été établi à titre d'essai sur le bajoyer de rive de la grande écluse. La transmission y est effectuée par une vis sans fin actionnant des engrenages. Le mécanisme trempe constamment dans l'huile ; il est placé dans un encuvement étanche, ne faisant aucune saillie sur le terre-plein. La poupée tourne à 10 tours par minute. Elle a un dia-

mètre minimum de 0^m,40, permettant d'exercer normalement un effort de 2500 kg. avec une vitesse de 0^m,20 par seconde. Au démarrage, cet effort est plus que doublé.

La poupée du cabestan est entraînée par un manchon à dents et peut, au besoin, être actionnée à bras avec des leviers.

Trois autres cabestans ont été placés, un à chaque tête, et le troisième vers le milieu de l'écluse. Ils peuvent servir à toutes les manœuvres

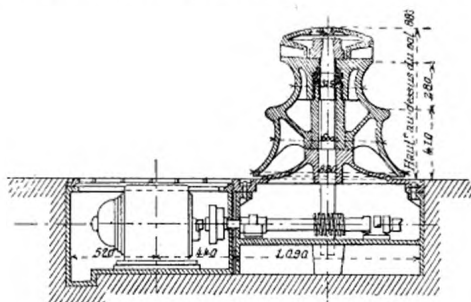


Fig. 33. — Ecluse d'Amfreville-sous-les-Monts. Cabestan électrique.

d'entrée et de sortie, au moyen de poulies de renvoi fixées sur les bajoyers. Les derniers cabestans, de même puissance que le premier, sont à poupée double ; la vitesse de rotation est de 8 tours par minute ; les diamètres sont de 0^m,375 et 0^m,600, de telle sorte que la poupée supérieure donne un effort de 3 300 kg. avec une vitesse linéaire de 0^m,16 et la poupée inférieure donne 2 100 kg. avec vitesse de 0^m,25.

La mise en marche se fait au moyen d'une clef agissant sur le cadran du rhéostat de mise en marche.

Echelles à poissons, à courant ralenti, installées sur la Seine, au barrage de Martot.

La canalisation de la basse Seine entre Paris et Rouen aura un mouillage minimum de 3^m,20, nécessitant l'emploi de barrages à fortes chutes. M. Caméré, qui a pris part à ces travaux à titre d'Ingénieur ordinaire, puis d'Ingénieur en chef, s'est préoccupé de remédier aux inconvénients que pourraient présenter ces barrages au point de vue de la remonte des poissons migrateurs, tels que : saumons, aloses, etc., ainsi que des poissons sédentaires.

Après divers essais, il est arrivé à créer divers types d'échelle basés sur le ralentissement du courant de l'échelle par des cloisons d'arrêt

liquides, et non par des cloisons en maçonnerie, en bois, etc., comme cela est pratiqué dans les échelles à cascade ou à chicane.

Cette disposition, en offrant aux poissons un passage direct, de section constante et sans chutes ou remous accentués, est de nature à diminuer considérablement les frais d'installation des échelles, en permettant de réduire leurs dimensions et d'augmenter notablement leur pente.

D'après les expériences faites pendant ces dernières années, aux barrages de la retenue de Saint-Aubin-Martot, sur la Seine, près d'Elbeuf, on a pu constater que ces échelles étaient franchies non seulement par les poissons indigènes, mais par les poissons voyageurs, tels que saumons, truites de mer, aloses communes, aloses fines, avec des chutes qui atteignaient, à marée basse, jusqu'à 2^m,83 (maximum de la chute possible).

D'après d'autres expériences faites au barrage de Poses, situé également sur la Seine, immédiatement en amont, et qui présente, en basse eau, une chute de 4^m,18, il a été constaté que, malgré cette différence de niveau, la vitesse du courant, dans une échelle de ce genre, n'atteignait pas une vitesse incompatible avec la remonte du poisson.

Toutes ces échelles sont munies de dispositifs simples pour en assurer le réglage et le nettoyage.

Type n° 1. — Echelle à courant ralenti par des cloisons d'arrêt liquides, produites au moyen d'ajutages latéraux alimentés par le courant même de l'échelle

Type n° 2. — Echelle à courant ralenti par des cloisons d'arrêt liquides, produites au moyen d'ajutages alimentés par une conduite inférieure.

Type n° 3. — Echelle à courant ralenti par des cloisons d'arrêt liquides, produites directement par le bief supérieur.

Type n° 4. — Echelle à courant ralenti par des cloisons d'arrêt produites au moyen d'ajutages alimentés par deux conduites latérales.

Le modèle exposé donne la disposition de l'échelle installée près de la culée gauche du barrage de Martot, type n° 3.

L'échelle a été construite en tôle et fers profilés; le bois n'a été employé que pour fermer les vides des parois latérales.

Le plafond de la bêche qui la constitue est incliné suivant une pente

de 4 de base pour 1 de hauteur; les parois latérales s'élèvent horizontalement à 10 cm au-dessus du niveau normal de la retenue d'amont.

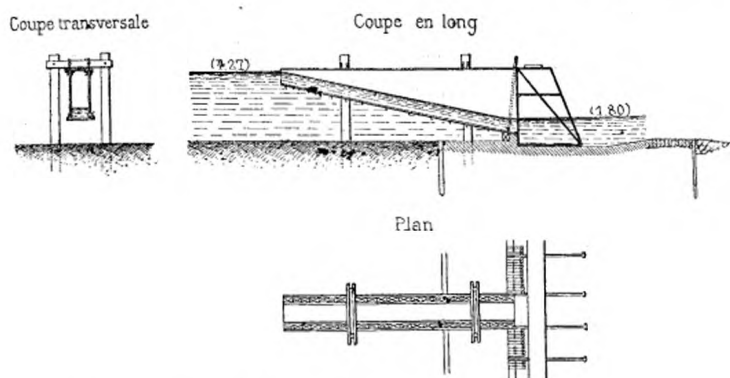


Fig. 34. — Echelle à poisson.

La bêche occupe l'intervalle des deux fermettes entre lesquelles elle débouche et se trouve entièrement plongée dans le bief supérieur. Elle est maintenue en place au moyen de quatre pieux latéraux reliés deux à deux par des traverses.

Le plafond de l'échelle est percé de rainures transversales qui peuvent être plus ou moins masquées par des plaques de tôle glissant sous des vis de serrage.

C'est par ces rainures, disposées en forme d'ajutage et qui communiquent directement avec le bief supérieur, que se produisent les veines jaillissantes destinées à provoquer le ralentissement du courant. L'espacement des rainures va en croissant de l'amont vers l'aval, suivant la même loi que les profondeurs d'eau au-dessous du niveau de la retenue.

Les ouvertures des ajutages ayant été réglées au début, le courant reste très régulier et ne présente aucune agitation tumultueuse.

L'échelle a une longueur de 10 m et une largeur libre de 90 cm. La chute rachetée au moment des plus basses mers est de 2^m,83.

Le courant d'eau a une épaisseur moyenne de 33 cm et une vitesse superficielle d'environ 2^m,50. Le débit par seconde, avec la retenue normale, peut être évalué à 600 lit.

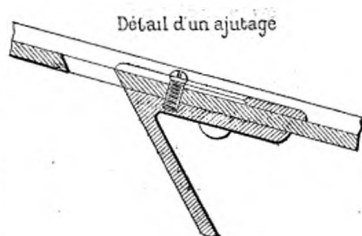


Fig. 55.

L'échelle a été mise en service au mois de novembre 1893 ; depuis cette époque, elle a fonctionné d'une façon complètement satisfaisante.

Recherches expérimentales sur le matériel de la batellerie.

Si l'on suppose un bateau flottant sur une nappe d'eau douce indéfinie dans tous les sens, la résistance totale à la traction de ce bateau dépend d'éléments multiples : de ses dimensions, de ses formes, de la nature et de l'état de sa surface, de sa vitesse relativement à l'eau ; mais tous ces éléments appartiennent, en propre, au bateau lui-même, Si, sur une autre nappe d'eau douce, également indéfinie en tous sens, le même bateau se retrouve dans des conditions identiques, la résistance totale se retrouvera la même ; elle constitue donc à vrai dire la résistance propre du bateau.

Si, au contraire, ce bateau s'engage dans une voie navigable, de dimensions limitées, comme un canal, sa résistance à la traction se modifie ; elle augmente, mais elle devient fonction à la fois d'éléments qui sont propres à l'embarcation et d'éléments qui dépendent de la voie particulière dans laquelle celle-ci se trouve. Pour apprécier les résultats constatés dans ce dernier cas, on est naturellement conduit à les comparer avec ceux obtenus en eau indéfinie, à considérer la résistance du bateau dans une voie de dimensions limitées comme égale à sa résistance propre multipliée par un coefficient qui représente l'influence spéciale de la voie qui constitue le coefficient de résistance particulier à cette voie.

Les recherches qui ont été faites, en exécution d'une décision ministérielle du 19 novembre 1889, ont porté successivement sur la résistance propre des bateaux des types les plus répandus [bateaux en bois susceptibles de circuler sur les canaux aussi bien que sur les rivières, ayant, par conséquent, au plus les dimensions inscrites dans la loi du 5 août 1879 ⁽¹⁾] et sur le coefficient de résistance d'un certain nombre de canaux. Il en a été rendu compte dans un ouvrage publié sous le titre de : *Recherches expérimentales sur le matériel de la batellerie*.

Les personnes que le sujet intéresse étant à même de consulter cet ouvrage, la présente notice pourra être très succincte.

Les expériences ont été faites sur les bateaux eux-mêmes par voie

(1) Soit, au plus, 38^m,50 de longueur, 5 m de largeur et 4^m,80 d'enfoncement.

de remorquage direct, en employant des instruments combinés pour donner à chaque instant : d'une part, l'effort de traction exercé sur le bateau remorqué, d'autre part, la vitesse relative réelle du bateau et de l'eau.

L'effort de traction est exercé par l'intermédiaire d'un dynamomètre hydraulique ; la pression de l'eau et, par conséquent, l'effort sont mesurés avec un manomètre enregistreur.

Le dispositif employé pour mesurer la vitesse de l'eau par rapport au bateau comporte un moulinet relié électriquement avec un enregistreur de vitesses (cinémographe), sur lequel s'inscrivent immédiatement les vitesses réelles.

Manomètre et cinémographe enregistrent simultanément toutes les variations de l'effort et de la vitesse. Lorsque, pendant un temps suffisamment long, l'un et l'autre sont restés constants, ce qui se manifeste par l'horizontalité des lignes tracées sur les enregistreurs, on peut conclure que l'effort est bien celui qui correspond à la vitesse. On a donc les coordonnées d'un point de la courbe de résistance totale, courbe construite avec les vitesses comme abscisses et les efforts de traction comme ordonnées.

La comparaison des courbes de résistance totale obtenues permet de constater immédiatement comment la résistance varie suivant les circonstances.

Résistance propre des bateaux.

Les expériences ont été faites sur la Seine, en amont du barrage de Port-à-l'Anglais, dans une partie du fleuve où le rapport de la section mouillée à la surface de la portion immergée du maître-couple des bateaux ⁽¹⁾ est toujours resté très considérable (de 70 à 120), et où la profondeur est importante (plus de 5 m en moyenne dans le chenal) ; elles ont permis de constater :

1° Que la nature et l'état de la surface de la coque, non moins que les dimensions et les formes de cette coque, influent sur la résistance propre du bateau ; la résistance totale apparaît donc comme étant la somme de la résistance de forme et de la résistance de surface ;

2° Que la résistance propre reste indépendante de la longueur du bateau, toutes choses égales d'ailleurs, dans les limites où cette longueur a varié dans les expériences ;

(1) D'après une notation généralement adoptée, ce rapport est désigné par la lettre *n*.

3° Que la résistance propre peut être modifiée dans une large mesure par des changements, en apparence peu importants, apportés aux formes de la proue et de la poupe.

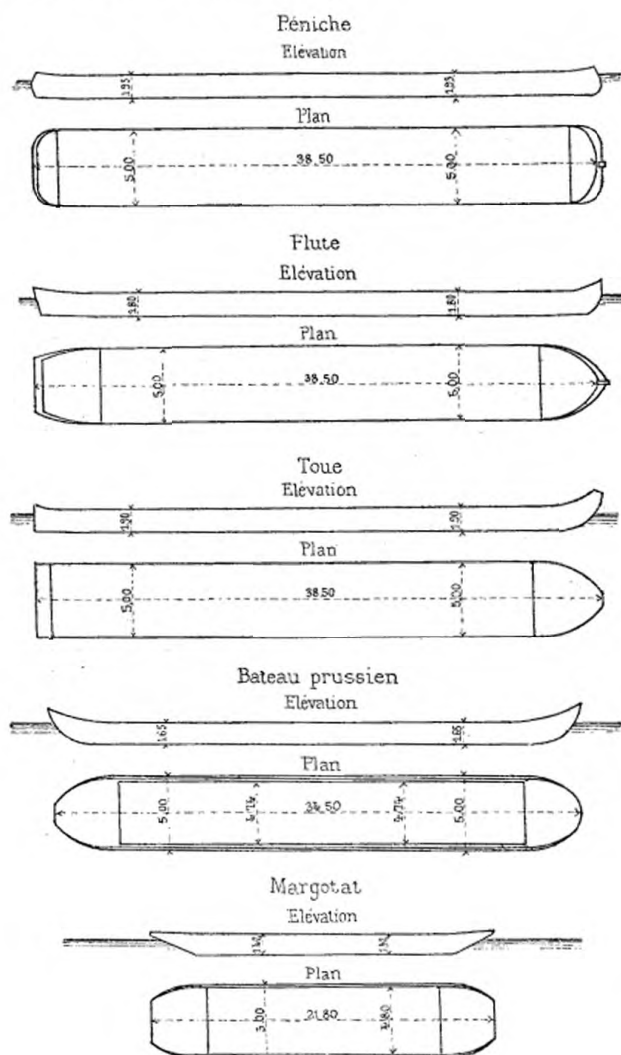


Fig. 36.

Ce dernier point a une importance toute particulière dans la pratique :

La figure ci-dessus donne des croquis schématiques des différents types de bateaux qui ont été expérimentés et qui sont dénommés : péniche, flûte, toue, bateau prussien et margotat.

La figure ci-dessous montre groupées, d'une part : les courbes de

résistance totale de la péniche, de la flûte et de la toue à l'enfoncement de $1^m,60$ pour des vitesses inférieures ou au plus égales à $2^m,50$; d'autre part, et pour les mêmes vitesses, les courbes de résistance totale de la flûte, du bateau prussien et du margotat à l'enfoncement de $1^m,30$, enfoncement maximum possible avec les deux derniers bateaux.

Considérons en particulier la vitesse de $1^m,50$ par seconde ($5^m,400$ à l'heure) qui est une vitesse très convenable et très couramment pratiquée dans les eaux calmes des rivières canalisées. La première courbe montre que, si la résistance de la flûte est prise pour unité, celle de la péniche s'élève à $1,96$ et celle de la toue tombe à $0,75$; la seconde courbe fait voir que la résistance du bateau prussien et du margotat sont respectivement $0,59$ et $0,44$ de celle de la flûte.

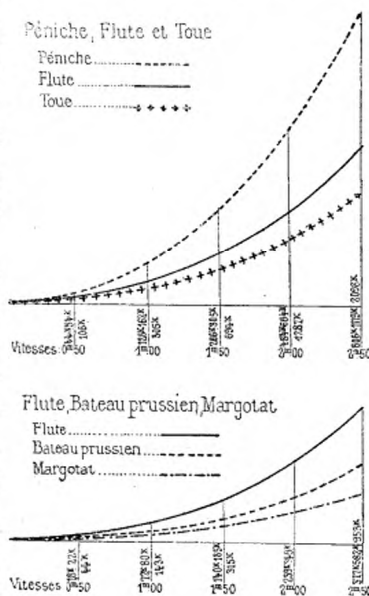


Fig. 37.

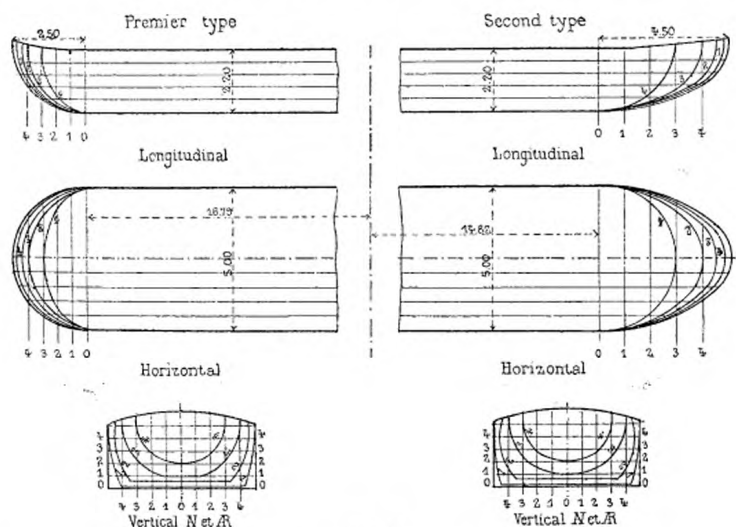


Fig. 38.

L'heureux effet du relèvement du fond aux extrémités est manifeste.

Cette considération et la nécessité de ne pas réduire outre mesure la capacité des bateaux dont les dimensions sont limitées par celles des écluses des canaux induit à conseiller de donner aux extrémités de ces bateaux la forme de cuiller.

La fig. 38 représente deux types de bateaux établis suivant ce principe ; ils ne diffèrent l'un de l'autre que par l'élançement plus ou moins grand donné aux extrémités.

A un autre point de vue, on a été amené à penser que la résistance propre des bateaux pouvait être convenablement représentée par l'expression :

$$r = (a + bt) V^{2,25}$$

dans laquelle a et b seraient des constantes caractéristiques de chaque bateau ou de chaque type de bateau, si tous les bateaux d'un même type présentent exactement même état de la surface et mêmes formes.

La vitesse V (vitesse relative) étant exprimée en mètres par seconde et l'enfoncement t en mètres, les valeurs des coefficients a et b ont été trouvées :

Pour une péniche : $a = 21,3$ $b = 123,6$

Pour une flûte : $a = 21,5$ $b = 78,1$

Pour une toue : $a = 14,2$ $b = 52,4$

Coefficient de résistance de la voie.

Une première série d'expériences a été faite en vue de vérifier si les formes favorables pour la navigation sur une nappe d'eau indéfinie conservent leurs avantages dans les voies navigables de dimensions restreintes. A cet effet, on a expérimenté sur le canal de Bourgogne les différents types de bateaux énumérés ci-dessus, et constaté qu'au point de vue de la résistance à la traction, ils conservaient l'ordre dans lequel ils avaient été classés en eau indéfinie. Toutefois, les différences d'un type à l'autre sont moins accusées ; le bénéfice des formes est moindre dans le premier cas que dans le second ; le coefficient de résistance de la voie est d'autant plus grand que la résistance propre du bateau est plus faible, toutes choses égales d'ailleurs bien entendu.

Le coefficient de résistance croît aussi, rapidement, avec la vitesse.

D'autres séries d'expériences ont été faites en faisant circuler un même bateau, une flûte, dans des canaux ou portions de canaux de section différente.

C'est un fait bien connu depuis longtemps que la résistance à la traction augmente quand le rapport n de la section mouillée de la voie Ω , à la surface ω de la partie immergée du maître-couple du bateau diminue. Les expériences ont pleinement confirmé ce fait, mais elles ont démontré en même temps, d'une manière irréfutable, que cette résistance dépend aussi de la forme de profil mouillé ou plus exactement de la relation qui existe entre la forme du profil et celle du maître-couple du bateau.

En somme les expériences faites se sont trouvées d'accord avec les considérations ci-après :

Lorsqu'un bateau se meut dans une voie navigable de dimensions restreintes, le volume d'eau correspondant au déplacement du bateau doit s'écouler, de l'avant à l'arrière, par le canal à section rétrécie qui se trouve compris entre la coque et les parois de la voie navigable. Si on désire que l'effort nécessaire soit, autant que possible, atténué, une première condition s'impose.

Il est indispensable que les modifications de section, résultant du passage du bateau, ne soient pas brusques, qu'elles s'opèrent au moyen de surfaces courbes continues et suffisamment prolongées. Assurément, la forme de cuiller préconisée pour les extrémités des bateaux satisfait complètement à cette condition.

L'effort nécessaire augmente rapidement avec la vitesse du bateau et avec l'importance de la réduction de la surface mouillée due à son passage. Il est également influencé par la nature et l'état de la surface des parois de la voie navigable. Toutes choses égales d'ailleurs, par exemple, la résistance à la traction sera moindre dans une voie dont les berges sont protégées par un revêtement bien lisse que dans une autre où ces mêmes berges seront couvertes d'une végétation plus ou moins touffue de joncs et de roseaux.

Enfin, pour que l'eau puisse passer avec la plus grande facilité possible dans le canal à section rétrécie qui se trouve compris entre la coque du bateau et les parois de la voie navigable, il importe que cette section ne présente nulle part d'étranglement ou de partie difficilement accessible à l'eau. De là l'influence de la forme du profil en travers et du mouillage.

Les expériences résumées ci-dessus permettent donc de concevoir une idée générale très nette des circonstances qui peuvent avoir une influence sur la résistance à la traction des bateaux dans les voies de dimensions restreintes.

Elles permettent même, au moyen de rapprochements et de comparaisons, de calculer approximativement la valeur numérique du coefficient de résistance de voies établies dans certaines conditions.

Elles ne suffisent pas encore pour laisser voir les relations précises qui peuvent exister entre les éléments ou quelques-uns au moins des éléments multiples dont dépend ce coefficient, à savoir : la résistance propre du bateau, sa vitesse, les dimensions de la section mouillée de la voie, la forme de cette section, la nature et l'état de la surface de ses parois. Pour arriver à dégager ces relations, si tant est que la chose soit possible, de nombreuses expériences sont, sans doute, encore indispensables.

Les expériences ont été faites, de 1890 à 1893, par M. de Mas, ingénieur en chef des ponts et chaussées, avec le concours de MM. Noïrot, ingénieur des ponts et chaussées, et Bertrand, conducteur des ponts et chaussées.

EXPOSITION DE LA HOLLANDE

Travaux d'amélioration sur le Wahal, le Rhin inférieur et le Lek.

I. — Exposé.

Les Ingénieurs néerlandais exposent des cartes du Wahal, du Rhin inférieur et du Lek, qui montrent d'une façon très nette les travaux exécutés dans le cours du siècle pour améliorer l'écoulement des eaux de ces grands fleuves et plus particulièrement pour réaliser un chenal stable et aussi profond que possible.

Pour le Wahal, les cartes montrent la situation à quatre époques successives, en 1830, en 1872, en 1892 et en 1899 ; pour le Rhin inférieur et le Lek, on a surtout voulu montrer les résultats réalisés pendant ces dix dernières années en mettant en regard, sur des cartes à grande échelle de ce fleuve, l'état de 1891 et celui de 1900.

Grâce aux indications qu'ont bien voulu nous fournir M. Tutein-Nolthénus et M. Kemper, tous deux Ingénieurs en chef du Waterstaat, nous indiquons ci-après les travaux exécutés et les résultats obtenus sur ces grands fleuves de la Hollande.

II. — *Division du Rhin en plusieurs bras dans les Pays-Bas.*

Presque aussitôt après son entrée dans les Pays-Bas, à Pansterdam, le Rhin se partage en deux bras : le Wahal et le Rhin inférieur ou canal de Pansterdam. Ce dernier se divise en deux parties vis-à-vis de Huissen ; la branche la plus importante conserve le nom de Rhin inférieur qu'elle quitte à Dordrecht pour prendre celui de Lek ; l'autre branche forme l'Yssel.

C'est le Wahal qui est de beaucoup le plus important tant au point de vue du débit qu'à celui de la navigation ; son débit est, en effet, en eaux moyennes, de 1400 m³ à la seconde ; celui du canal de Pansterdam est au même moment de 620 m³ et celui du Rhin inférieur près d'Arnhem de 410 m³.

III. — *Nécessité de l'amélioration des rivières. Programme des travaux d'amélioration.*

Au siècle dernier, les rivières des Pays-Bas étaient dans un état déplorable ; leur lit était encombré par des dépôts et des entreprises particulières de toute sorte, et la navigation était presque nulle.

Ce n'est guère qu'à partir de 1850 que l'on s'occupa sérieusement de l'amélioration de ces rivières.

À la suite des rapports des Inspecteurs du Waterstaat de 1850 et 1861, on décida :

1° De donner aux cours d'eau une largeur déterminée, augmentant de l'amont à l'aval ;

2° D'exhausser les digues pour préserver les polders des inondations ;

3° De veiller à ce que le lit majeur des rivières ne soit pas obstrué par des dépôts dépassant une hauteur fixée ;

4° De régulariser le lit mineur par la suppression des îlots et hauts fonds ;

5° De rectifier, par des coupures, quelques courbes trop fortes ;

6° De former dans l'amas d'îlots connus sous le nom de Biesbosch une nouvelle rivière, la nouvelle Merwède, destinée à écouler une forte partie des eaux du Wahal et de la Meuse supérieure, afin de soulager les digues d'inondation en abaissant le niveau des crues ;

7° De supprimer la communication permanente existant entre le Wahal et la Meuse supérieure, près de Heerenwaarden en y construisant une écluse, tout en n'entravant pas le déversement des eaux de crues d'une rivière dans l'autre.

IV. — *Travaux d'amélioration du lit mineur du Wahal, du Rhin inférieur et du Lek de 1850 à 1888.*

Nous nous occuperons spécialement, dans cette note, des travaux d'amélioration du lit mineur effectués sur le Wahal, le Rhin inférieur et le Lek.

1° *Wahal.* — De 1850 à 1875, les travaux exécutés sur le Wahal eurent principalement pour but de chercher à donner au lit mineur une largeur régulière en rattachant les îlots et les bancs de sable à l'une des rives, en faisant disparaître les entreprises en saillie sur les berges et en réduisant les largeurs exagérées.

Les largeurs à adopter pour le lit normal d'été furent arrêtées par des décisions ministérielles de 1861 et 1867; on admit 360 m pour la partie du Wahal comprise entre Pannerden et Zalt-Boemel; à l'aval, la largeur allait en augmentant jusqu'à 400 m.

A partir de 1875, on continua à former le lit normal d'été par la construction d'épis perpendiculaires à la direction du courant ou encore de digues longitudinales dont le sommet s'élevait au-dessus de l'étiage moyen.

Ces travaux furent terminés en 1888.

2° *Rhin inférieur et Lek.* — On régularisa le lit du Rhin inférieur et du Lek d'après les mêmes méthodes.

Les largeurs adoptées en 1867 furent : de 170 m pour le canal de Pannerden; de 150 à 200 m pour le Rhin inférieur et le Lek. Deux coupures furent, en outre, pratiquées à Roodvoet et au Horde en vue de supprimer des coudes trop brusques.

V. — *Nécessité d'une nouvelle amélioration, notamment au point de vue de la navigation.*

Les travaux exécutés jusqu'alors avaient eu surtout pour but d'assurer l'écoulement rapide des crues et l'évacuation des glaces; on s'était moins préoccupé des intérêts de la navigation.

Dans les courbes, le long des rives concaves, la profondeur du chenal était plus que suffisante; mais dans les parties droites et aux points d'inflexion où le courant ne se portait pas d'un seul côté, les rivières n'offraient qu'un mouillage insuffisant.

Enfin, quelques courbes trop brusques rendaient encore le chenal peu praticable, surtout aux bateaux remorqués.

VI. — *Travaux exécutés sur le Wahal (après 1888).*

On se livra à un sérieux examen de la question. On reconnut que, sur le Wahal, une profondeur de 3 m à la cote de 1^m,50 à l'échelle de Cologne, était nécessaire pour la navigation. En 1888, cette profondeur n'était pas atteinte sur le Wahal à vingt-six endroits, dont l'ensemble représentait 14 0/0 de la longueur de la rivière.

Un projet d'amélioration, dans lequel on se proposait de réaliser tout d'abord une profondeur continue de 2^m,70 seulement, fut approuvé par une loi du 28 octobre 1889 ; la dépense prévue était de 2500 000 florins. On s'était inspiré, dans la rédaction de ce projet, des théories de M. l'Inspecteur général Fargue.

La largeur normale fut ramenée à 310 m pour les parties rectilignes ; on employa des lemniscates pour les courbes, sauf dans les parties à peu près droites où l'on adopta des arcs de cercle d'un rayon minimum de 3000 m ; autant que possible, on maintint la largeur existante au sommet des courbes.

En aval de Hurwenen où les marées commencent à se faire sentir, la largeur du Wahal fut augmentée progressivement jusqu'à 400 m dans les parties droites et jusqu'à 426 m dans les courbes.

Le rétrécissement du lit fut obtenu par le prolongement des épis existants normalement à la direction du courant ; à leur extrémité dans la rivière, on leur donna une inclinaison de quatre de base pour un de hauteur.

Lorsque l'on jugea l'écartement des épis trop grand, on construisit des épis intermédiaires.

C'est ainsi que de 1889 à 1893, on établit :

99 épis nouveaux d'une longueur de	6 588 m
et trois digues longitudinales d'une long ^r totale de	876 m
et que l'on allongea 318 épis sur une longueur de	10 661 m
Soit au total	18 125 m

d'épis ou de digues.

Depuis 1893, on s'est borné à construire des épis là où l'expérience en démontrait la nécessité.

L'amélioration fut complétée par des dragages ; depuis 1889, on a extrait du lit du Wahal 11 millions 1/2 de mètres cubes de sable. Ce sable servit à remblayer jusqu'au niveau des eaux moyennes les surfaces comprises entre les épis ; on a ainsi conquis sur le fleuve 230 hect. de terrains. En outre, on a défendu les rives contre l'action des eaux par

des clayonnages ou des fascinages et des enrochements. Ces travaux de défense ont été exécutés sur une longueur de 21 km. de rives.

En 1897, on a commencé à placer dans le fond du lit des épis noyés aux endroits, situés en dehors du chenal, où la profondeur est excessive, ainsi que dans certaines courbes où le thalweg se trouve du côté de la rive convexe.

VII. — Travaux exécutés sur le Rhin inférieur et le Lek (après 1888).

Des travaux analogues à ceux que nous venons d'indiquer furent entrepris en 1892 sur le Rhin inférieur et le Lek. On désirait obtenir une profondeur de 2 m à la cote de 1^m,50 à l'échelle de Cologne. Dans ce but, dans les parties droites ou peu curvilignes, les largeurs furent réduites ; à l'aval, le débouché fut augmenté. On adopta les largeurs suivantes : 200 m pour le canal de Pannerden, 130 à 225 m pour le Rhin inférieur et le Lek.

Dans ces dix dernières années, on a construit 17 000 m d'épis ou de digues longitudinales.

VIII. — Dépenses des travaux d'amélioration.

Nous indiquons ci-dessous le résumé des dépenses faites de 1852 à 1900 pour l'amélioration du Wahal et du Rhin inférieur et du Lek.

	Wahal	Rhin inférieur et Lek
de 1852 à 1860 . . .	1 068 800 florins	338 000 florins
1861 à 1870 . . .	1 485 000 —	617 000 —
1871 à 1880 . . .	3 632 700 —	598 000 —
1881 à 1890 . . .	4 629 300 —	503 000 —
1891 à 1900 . . .	3 605 200 —	960 000 —
de 1852 à 1900 . . .	14 421 000 florins	3 016 000 florins

IX. — Résultats des travaux.

Sur le Wahal, le chenal s'est beaucoup amélioré ; les changements de direction sont devenus moins brusques et plus faciles à suivre par les bateaux. Dans certaines parties, le chenal ne longe pas encore partout la rive concave ; on espère y porter remède à l'aide des épis noyés dont nous avons parlé plus haut.

En 1899, le chenal présentait une largeur minimum de 100 m avec un mouillage d'au moins 2^m,70 à la cote de 1^m,50 à l'échelle de Cologne.

Cette amélioration des conditions de navigabilité a entraîné une augmentation de la capacité des bateaux.

En 1889, les plus grands bateaux du Rhin avaient 79 m de longueur, 10^m,10 de largeur et 2^m,40 de tirant d'eau ; leur tonnage était de 1 400 t^x. En 1898, on a construit pour la navigation du Rhin un bateau ayant 100 m de longueur, 12^m,03 de largeur et 2^m,75 de tirant d'eau, avec un tonnage de 2340 t^x. On estime que ces dimensions seront encore dépassées.

Sur le Lek et le Rhin inférieur, on a obtenu presque partout la profondeur de 2 m cherchée ; il n'y a plus guère que près de Pannerden qu'on rencontre de temps à autre des hauts-fonds d'au moins 1^m,60 à la cote de 1^m,50 à l'échelle de Cologne. Moyennant quelques dragages, on conserve facilement au chenal sa profondeur normale.

EXPOSITION DE L'ALLEMAGNE

Canalisation de l'Oder supérieur entre Cosel et Breslau.

Le trafic sur l'Oder en aval de Breslau se faisant en grande partie avec des bateaux de 400 t^x, il y avait un gros intérêt à assurer la circulation des mêmes bateaux dans toute la région industrielle située en amont, et notamment pour l'exploitation économique des richesses minières et houillères de la Silésie supérieure.

Les travaux de canalisation de l'Oder supérieur dans la partie comprise entre Breslau et Cosel furent autorisés par la loi du 6 juin 1888 qui prévoyait une dépense de 23 128 000 marks ; le but à réaliser était d'assurer aux bateaux de 55 m de longueur et de 8^m,20 de largeur un tirant d'eau de 2 m en eaux moyennes et de 1^m,50 en basses eaux (lesdits bateaux pouvant porter un tonnage de 400 t avec un tirant d'eau de 1^m,40).

Les travaux ont été commencés dès le début de l'année 1891 et terminés en septembre 1897. La rivière, dans le parcours à canaliser, avait une longueur de 84^{km},5 en chiffres ronds ; mais, grâce à des coupures, cette longueur a été réduite à 78 km.

L'Oder, à l'aval de Breslau, avait pu être aménagé au moyen d'épis de façon à réaliser le tirant minimum de 1^m,40 ; mais, à l'amont, cette méthode n'étant pas applicable, pas plus d'ailleurs que l'établissement d'un canal latéral qui aurait entraîné à de trop grosses dépenses, on décida de réaliser la canalisation par barrages.

Le nombre des biefs et leur position ont été choisis d'après l'élévation possible du niveau de l'eau, en tenant compte de la hauteur des rives et des bas-fonds voisins.

Pour des raisons techniques au point de vue de l'exploitation, la hauteur de 2^m,60 ne devait pas être dépassée, et, en réalité, les hauteurs des eaux barrées varient de 2^m,60 à 1^m,75, suivant les biefs, et pour des longueurs correspondantes variant de 8^k,5 à 4^k,3.

Chaque bief comprend en substance un barrage avec passe aux poissons et passe navigable, une écluse et une maison pour l'éclusier. Comme la traction par chemin de halage n'est pas en usage sur l'Oder supérieur, la disposition générale des ouvrages fut réglée d'après la position du courant à leur emplacement.

Les écluses, qui ont une longueur utile de 15 m, une largeur de 9^m,60 et une profondeur minimum de 2 m sur les buses, se trouvent tantôt à droite, tantôt à gauche du fleuve, mais, dans les courbes, toujours sur la rive convexe. Les barrages traversent le fleuve perpendiculairement à l'écluse. A l'extrémité du barrage adjacente à l'écluse, se trouve la passe pour les poissons. Les passes navigables sont situées du côté du courant principal du fleuve; dans les parties courbes, elles se trouvent donc à l'extrémité du barrage opposée à l'écluse, tandis que, pour les quatre biefs en ligne droite, sans thalweg prononcé, elles sont à côté de l'écluse. La distance entre l'écluse et la maison éclusière est calculée de façon à permettre dans l'avenir l'établissement d'une nouvelle écluse plus longue pour le trafic des trains de remorque.

Les barrages devaient être installés mobiles. A cause des débâcles de glaces ou des grandes crues d'été, qui, souvent, se produisent très rapidement, il fallait à un moment donné rendre libre, dans un délai très court, toute la largeur du fleuve. On choisit, à cet effet, des barrages à aiguilles; leur ouverture est fixée de façon que, pour des niveaux d'eau moyens et élevés, le barrage entièrement ouvert ne provoque pas de retenue. Le barrage près de Januschkowitz a la plus petite ouverture, celle de 52^m,8, celui de Gross-Döbern la plus grande, avec deux ouvertures, d'une largeur totale de 101^m,25.

Dans la traverse de Breslau, la hauteur défavorable des ponts et le resserrement des constructions amenèrent à établir un canal latéral. Celui-ci bifurque de l'Oder en amont de la ville, et suit d'abord le cours d'un vieux bras qui n'était traversé par le courant qu'aux époques des grandes crues. Ensuite, il entre comme canal creusé dans la région endiguée du faubourg qu'il quitte de nouveau par l'écluse Gröschel peu avant

son embouchure dans l'Oder. La longueur du canal est, en chiffre rond, de 7 km. Deux écluses sont établies pour racheter la pente. La retenue de l'eau sur cette partie est effectuée par un barrage à aiguilles dans le Vieil Oder.

A l'entrée, dans la banlieue de la ville, le canal creusé peut être fermé contre les hautes eaux extérieures par la porte de garde de 10 m de largeur que nous décrirons plus loin. A la sortie de la ville, — à l'écluse Gröschel, — il y a également une autre porte de garde, et c'est entre ces deux portes que le canal a reçu une largeur plus grande pour constituer des débarcadères et embarcadères pour le trafic local.

Si, à la fin de la saison de la navigation, le barrage à aiguilles doit être baissé, les deux portes de garde sont fermées. Cette partie du bief intermédiaire, ainsi isolée, est destinée à servir de port d'hivernage à plusieurs centaines de bateaux, et, comme le niveau de l'eau du canal est au-dessus de l'eau souterraine, on a étanché le plafond du canal en jetant une mince couche de terre grasse. D'ailleurs, pour rétablir les pertes d'eau inévitables, une pompe est installée à l'écluse de Gröschel.

La disposition essentielle de la porte de garde du canal de Breslau consiste en ce que cette porte métallique, suspendue à des galets placés dans le haut, est mobile à la fois perpendiculairement à la voie navigable et dans le sens de la voie. Comme elle est destinée à barrer l'eau des deux côtés, on a placé des poutres en bois à l'amont et à l'aval. Elle imite, en substance, les modèles d'Eiffel pour les portes éclusières du canal de Panama.

Les travaux de construction de cette porte ont duré du mois d'août 1896 au mois de juin 1897 ; la dépense s'est élevée à 130 000 marks en chiffres ronds.

La canalisation a exercé une influence sur la catégorie des bateaux employés dans la navigation. Tandis qu'en 1896, 300 vapeurs ont remonté le fleuve avec 1 920 bateaux remorqués ainsi que 290 voiliers, en 1898, il y eut 660 vapeurs avec 4 520 bateaux remorqués et 100 voiliers environ seulement.

Canal de Dortmund à l'Ems.

Le canal a, en chiffres ronds, une longueur de 252 km. ; les frais de construction se sont élevés à 79 430 000 marks, soit une dépense moyenne de 316 000 marks par kilomètre, chiffre dans lequel sont toutefois comprises les dépenses pour les grands ponts de Emden, Dortmund, Papenburg et Münster.

Les travaux furent commencés en 1892 et achevés en 1899.

Dimensions du canal. — Le profil normal du canal a 18 m de largeur au plafond et un tirant d'eau minimum de 2^m,50 ; les ponts ont un tirant d'air de 4 m au-dessus du niveau normal et, dans les biefs assez longs de Dortmund et de Herne, jusqu'à l'écluse 3, on a conservé la possibilité de surélever le niveau de l'eau de 0^m,50, afin de réaliser une réserve d'eau. L'élargissement du plafond dans les courbes est de 0^m,50 pour les rayons de 2 000 m, de 1 m pour ceux de 1 000 m, de 1^m,50 pour ceux de 500 m et de 3 m pour ceux de 400 m.

La largeur du canal aux portes de garde et à tous les ouvrages d'art, qui franchissent des fleuves un peu importants et des grandes routes, est de 18 m.

Les écluses de Münster jusqu'à l'Ems ont une longueur utile de 67 m, une largeur de 8^m,60 aux portes et une profondeur de 3 m au-dessus des buscs. A partir de l'écluse de Haneken, des écluses pour trains remorqués sont construites avec une longueur de 165 m et une largeur de 10 m aux portes. Jusqu'à l'écluse de Meppen inclusivement, ces écluses ont une profondeur d'eau de 3 m au-dessus du busc d'amont et de 2^m,50 au-dessus du busc d'aval. Pour les cinq écluses suivantes de la canalisation de l'Ems, le busc d'aval se trouve à une profondeur de 2^m,50 sous le niveau de la retenue du bief d'aval, et le busc d'amont est situé à la même hauteur. Les écluses pour la fermeture du canal latéral d'Oldersum-Emden ont une longueur de 100 m et une largeur aux portes de 10 m.

Les plus grandes dimensions admissibles pour les bateaux sont 65 m de longueur et 8^m,20 de largeur. On tolère, pour un tirant d'eau maximum de 1^m,75, de marcher avec une vitesse allant jusqu'à 5 km. à l'heure, et, pour un tirant d'eau de 2 m, avec une vitesse maximum de 4 km. à l'heure.

Pour établir ces chiffres, de nombreuses expériences ont été faites, pendant l'été de 1898, sur une partie achevée du canal près de Lingén. Ces essais et les résultats des constatations faites relativement à la résistance de l'eau à la marche des bateaux, aux mouvements d'eau provoqués et aux effets exercés sur le plafond et les berges du canal, ont été, par ordre et aux frais du Ministère des Travaux publics, réunis, traités scientifiquement et publiés dans un ouvrage par l'Ingénieur civil et Conseiller Royal M. Haack (Editeurs : Asher et C^{ie}, Berlin, 1900).

Primitivement, un tirant d'eau maximum de 1^m,75 avait été fixé pour les bateaux trafiquant sur le canal.

A la requête des personnes intéressées à la navigation de cette contrée, les questions suivantes furent soumises à une commission nommée par le Ministre des Travaux publics ;

1° Quelle est la plus grande vitesse admissible pour bateaux d'un tirant d'eau jusqu'à 1^m,75 sur le canal Dortmund-Ems, tant pour les bateaux remorqués que pour ceux actionnés par leur propre force motrice ?

2° Y a-t-il lieu de fixer un plus grand tirant d'eau ? Eventuellement, dans quelle proportion et jusqu'à quel point, la vitesse maximum peut-elle être déterminée pour ces bateaux ?

A cet effet, des essais de marche furent faits sur la partie achevée du canal, et les réponses aux questions soumises furent déduites des résultats obtenus.

Dans l'ouvrage cité plus haut, M. Haack expose, en un avant-propos et sept chapitres, l'origine des essais ainsi que les travaux préparatoires de MM. de Fronde et de Mas, etc .., les préparatifs pour les essais, l'acquisition des instruments et des bâtiments servant aux essais, la réalisation des essais, les constatations auxquelles ils ont donné lieu, la réunion des résultats en tableaux et courbes, les conclusions à tirer de ces résultats au point de vue pratique et scientifique, des propositions pour l'amélioration des formes, construction et disposition des bateaux, et des propositions pour le renouvellement de semblables essais à l'avenir.

OUVRAGES D'ART. — *L'écluse à flotteurs près de Heinrichenbourg* est la construction la plus importante du canal. Le projet est le résultat d'un concours restreint auquel cinq constructeurs de machines avaient été conviés par l'Administration. Le projet de Hamel et Lueg à Düsseldorf-Grafenberg, qui proposaient une écluse à flotteurs avec régularisation du mouvement obtenue au moyen de vis sans fin, d'après le système Jebens, obtint la préférence.

Dans cinq puits remplis d'eau situés l'un à côté de l'autre et ayant chacun 9^m,20 de diamètre et 30 m de profondeur, plongent cinq flotteurs en tôle de 8^m,30 de diamètre et de 10 m de hauteur. Par la poussée de l'eau, ces flotteurs fournissent la force portante nécessaire pour soulever le poids du sas rempli d'eau avec sa substructure qui est de 3 000 t.

Le sas est suspendu par de larges attaches verticales en fer dans un

pont qui est posé, au moyen de superstructures en treillis, sur les cinq flotteurs avec lesquels il est relié.

L'ensemble du pont et du sas est donc porté par les flotteurs, et toute la construction flottante se trouve à peu près en équilibre de sorte qu'une petite augmentation de la quantité d'eau dans le sas provoque la descente, une diminution, l'ascension. Pour rester maître des deux mouvements, c'est-à-dire pour les provoquer en temps utile, les arrêter en un point quelconque et dans la position finale voulue, quatre grandes vis sans fin, placées verticalement, sont disposées de côté et semblent, par leur mouvement de rotation, faire monter ou descendre le pont avec le sas ; en réalité, les vis sans fin n'ont pour but que de régler le mouvement et la conduite parallèle. Le sas a une longueur de 70m et une largeur de 8^m,6 ; il est fermé à ses extrémités par des vannes. Les têtes de jonction des biefs d'amont et d'aval sont fermées de la même manière. En avant de chacune des portes d'amont et d'aval du canal, se trouve une fermeture à coins, déplaçable, selon les niveaux d'eau, qui est garnie sur les deux faces de bourrelets en caoutchouc et qui, par le fait de l'arrivée du sas dans sa position finale, est serrée de façon étanche contre les extrémités respectives du canal et du sas. La porte du sas et celle du canal sont ensuite accouplées, et, après que l'espace entre les deux a été rempli d'eau, ces portes sont levées simultanément par un cric qui, placé sur la tête du canal, les saisit au moyen de crémaillères : leur poids est équilibré par des contrepoids. Si la communication du sas a lieu avec le canal d'aval, le bateau s'avance du bief dans le sas, et l'eau servant d'excédent de poids s'échappe en même temps du sas dont le niveau d'eau, au moment de l'entrée du bateau, était un peu plus élevé que celui du canal d'aval, et coule dans le canal ; les portes, une fois baissées, l'eau contenue dans l'espace intermédiaire est enlevée, et les portes sont désaccouplées. Le sas fait son ascension aussitôt que la rotation des vis sans fin autorise le mouvement. Arrivé en haut à la hauteur du canal d'amont, le mouvement est arrêté de façon que le niveau d'eau dans le sas soit un peu plus bas que celui du canal, et qu'à l'ouverture des portes un excédent d'eau entre du canal dans le sas. Les mouvements des portes et des fermetures sont les mêmes que ceux exécutés au canal d'aval. Après l'ouverture des portes, le bateau s'avance du sas dans le canal d'amont.

Les quatre vis sans fin, dont le mouvement est accouplé, sont mises en marche au moyen d'une transmission se composant d'arbres et d'engrenages, et située sur une plateforme surélevée entre les quatre

tourillons du guide. Le mouvement se fait à l'aide de moteurs électriques, également employés pour la manœuvre des portes. La force est produite par deux dynamos à vapeur, chacune de 220 chevaux, installées dans un bâtiment à côté de l'ascenseur ; l'une de ces dynamos sert de machine de réserve. Elles fournissent également la force motrice pour deux pompes à force centrifuge qui élèvent l'eau nécessaire pour alimenter le bief d'amont.

L'installation complète de l'élévateur a coûté en chiffres ronds 2 millions et demi de marks.

Portes de garde. — Au moyen de sept portes de garde dont deux sont situées dans le bief de Dortmund, trois dans le bief principal et deux dans le bief en aval de Münster ainsi qu'à l'aide des portes des écluses, le canal peut être sectionné en différentes fractions.

La porte de garde exposée sous le modèle N° 12 consiste en une vanne segmentaire qui, ouverte, est maintenue à 4 m au-dessus du niveau d'eau ; la tôle cintrée formant paroi étanche est maintenue par deux poutres longitudinales. Cette tôle est renforcée par des nervures, et les poutres s'appuient sur les bras des portes qui transmettent sur les axes de rotation la force de torsion se produisant à chaque manœuvre et aussi la pression de l'eau. Des contrepoids sont disposés pour équilibrer approximativement le poids de la vanne segmentaire.

La porte fermée s'applique, par une tringle en bois, contre un seuil en granit disposé dans le plafond du canal.

L'étanchéité latérale est obtenue, de chaque côté, par un rouleau qui vient se placer contre des parties métalliques lisses dans la muraille ou s'adapter dans des rainures en fonte, disposées au corps de la porte, selon que la pression d'eau vient de l'extérieur ou de l'intérieur.

A cause de la variabilité du poids du corps de la porte et des contrepoids eux-mêmes, l'effet des contrepoids doit être différent pour les diverses positions de la porte.

Pour atteindre ce but, les contrepoids sont suspendus à des balanciers articulés.

Pendant la première période du mouvement, le contrepoids se balance de toute la longueur du balancier ; puis, le point articulé se pose contre un taquet, de sorte que pour la suite du mouvement jusqu'à sa position finale, le contrepoids ne tourne plus qu'autour de la partie raccourcie du balancier. De cette manière, on obtient, à peu près, un changement de la position du centre de gravité du contrepoids, tel

qu'il est théoriquement nécessaire si, à un niveau d'eau normal, on veut avoir équilibre de poids dans chaque position de la porte.

Les contrepoids plongent dans une entaille pratiquée dans la muraille, dans laquelle l'eau peut pénétrer.

Les dépenses pour la superstructure en fer se sont élevées, en chiffres ronds, à 50 000 marks et, pour les travaux de maçonnerie et pour le revêtement de la berge adjacente, à environ 30 000 marks.

La porte de garde peut être manœuvrée par un seul homme ; il faut en général neuf minutes pour fermer et vingt minutes pour ouvrir la porte.

Pompes d'alimentation. — L'eau nécessaire pour alimenter le canal doit en partie être pompée de la Lippe. L'installation des pompes éleveuses est située à côté du pont canal sur la Lippe, près d'Olfen. Trois pompes à vapeur, chacune de 400 chevaux et d'une production moyenne de 0^m^c₃₈ par seconde, élèvent l'eau à une hauteur de 16 m, en cas de niveau moyen de la Lippe.

En dix endroits du canal, des déversoirs de fond ont été établis pour pouvoir mettre à sec les différents biefs du canal.

Ecluses et maisons des agents. — La première écluse de la descente du bief principal vers l'Ems, près de Münster, et la dernière, près de Gleesen, ont chacune une chute de 6^m₂₀ et sont installées comme écluses à bassins d'épargne, avec moteurs électriques. Entre ces deux écluses sont situées six écluses ordinaires avec des chutes moindres. Les aqueducs de remplissage et de vidange sont fermés par des vannes roullantes. Les portes sont construites en fer, avec plaques de tôle cintrées, renforcées en diagonales ; leur mouvement se fait par des crémaillères.

Le remplissage et la vidange du sas exigent 5 minutes pour chaque opération ; une éclusée, environ 15 minutes. Les écluses de Münster jusqu'à l'Ems, près de Gleesen, ne peuvent recevoir qu'un seul grand bateau ; mais, à partir de Hanckenfähr, les écluses sont disposées pour recevoir tout un train de remorque. L'écluse d'arrêt au Hancken ne fonctionne qu'en cas de niveaux d'eau élevés de l'Ems ; elle reste donc ouverte la plupart du temps. Pour les écluses de l'Ems canalisé, la chute varie de 2^m₉₀ à 1^m₅₀. Pour les alimenter, on a, à sa disposition, l'Ems, renforcé par la Hase, et on a donc pu construire les sas avec des parois talutées. Des aqueducs de 3^m₂₀, carrés de section, permettent de faire une éclusée en 25 minutes.

Pour les surveillants de navigation, ainsi que pour les maîtres

d'écluses et de barrages, des maisons d'habitation et de service ont été construites le long du canal; chaque maison, avec écurie, a une superficie bâtie de 143 m².

Téléphone. — Tout le long du canal de Dortmund, c'est-à-dire de Herne jusqu'à Emden, un téléphone est installé avec deux fils, l'un pour le service des stations principales entre elles, et l'autre pour le service local des surveillants et pour le service des écluses, barrages et autres installations.

Ports; taxes perçues. — Le stationnement des bateaux en plein canal est limité aux cas de nécessité et l'accostage, pour charger et décharger à d'autres endroits qu'aux places désignées, n'est autorisé qu'exceptionnellement.

Pour le chargement et le déchargement dans les ports publics, il est perçu une taxe de 2, 4 et 6 pfennigs par tonne, selon les trois classes de marchandises.

La perception des taxes du canal est prévue à quatorze endroits (écluses et ports). On applique le tarif du 1^{er} mars 1898, décrété par le Ministre des Finances et le Ministre des Travaux publics; ce tarif prévoit pour une tonne de marchandises de la III^e classe (combustibles, terres, matériel de construction, engrais, etc...) une taxe de 30 pfennigs; pour les marchandises de la II^e classe (fers, bois, pommes de terre, etc.) 50 pfennigs, et, pour toutes les autres marchandises faisant partie de la I^{re} classe, 70 pfennigs de taxe sont prévus pour tout le parcours, depuis l'écluse de Herbrun jusqu'à Dortmund; provisoirement et jusqu'à l'expiration d'une période transitoire de cinq ans après l'achèvement complet du canal, les tarifs réduits de 10, 25 et de 50 pfennigs par tonne sont appliqués. Les bateaux chargés de limon ne payent aucune taxe; il en est de même des petits bateaux dont la capacité ne dépasse pas trois tonnes.

Il existe trois bureaux de jaugeage des bateaux à Dortmund, Meppen et Emden.

Canal Elbe-Trave.

Jusqu'à présent le canal de Stecknitz, le plus ancien canal d'Allemagne, construit de 1391 à 1398 par la ville de Lübeck, tête de la Hansa, avec l'aide d'Eric III, duc de Saxe, d'Engern et de Westphalie, formait une communication par voie navigable entre l'Elbe et la mer Baltique. Le canal suivait la Delvenau depuis Lauenbourg jusqu'au bief

de partage au Sud de Mölln et plus loin, la Stecknitz jusqu'à la Trave. Il avait dix-sept écluses et était navigable, vers l'année 1527, pour des bateaux d'une capacité maximum de 250 quintaux. Néanmoins, cette voie navigable formait, aux XV^e et XVI^e siècles, la route principale pour le trafic et le transport des marchandises entre l'Allemagne centrale et méridionale et la mer Baltique.

Quand Lübeck perdit de son importance au profit de Hambourg et de Brême, le trafic sur le canal diminua et finalement couvrit à peine les frais d'entretien.

Aucune modification sensible n'avait été faite aux dispositions de ce canal pendant 500 ans, de telle sorte que le trajet d'environ 100 km. de Lauenbourg jusqu'à Lübeck prenait, dans ces derniers temps, de huit à dix jours.

La construction du canal de la mer du Nord à la Baltique, qui fit craindre un nouveau recul du trafic de la ville de Lübeck, fit faire un pas à la réalisation de la question, si longtemps débattue, d'une amélioration de la voie navigable en question.

Le projet qui vient d'être exécuté, a été établi par le gouvernement de Lübeck d'accord avec la Prusse.

La longueur totale de la voie navigable, y compris les ports terminus de Lübeck et de Lauenbourg, est de 67 km., dont 5^k,6 pour le port du canal, à Lübeck, 59^k,9 pour le canal proprement dit et 1^k,3 pour le port du canal à Lauenbourg.

La section transversale du canal reçoit provisoirement une largeur de 22 m au plafond et une profondeur minimum de 2 m. A quelques endroits, des évitements sont aménagés, avec une largeur au plafond de 27^m,3. Toutes les constructions ont été élevées de façon à permettre, à un moment quelconque, d'élargir le plafond jusqu'à 27^m,3 et d'augmenter la profondeur jusqu'à 2^m,5. En avant des têtes d'écluses, sur une longueur de 100 à 300 m, on réalise immédiatement un élargissement du profil pour le porter à 36 m de largeur au plafond.

Le rayon minimum des courbes est fixé à 600 m et l'on prend soin, dans les courbes, d'élargir le profil du triple de la flèche d'un arc sous-tendu par une corde longue de 74 m, longueur maximum des bateaux.

Les berges du canal sont partout inclinées jusqu'à la retenue normale ; au-dessus, elles sont garnies d'un clayonnage derrière lequel on a planté des roseaux. Dans les tranchées profondes du bief supérieur, où l'établissement de la berme à roseaux sur la largeur nécessaire aurait occasionné des travaux de terrassements très coûteux, les berges ont

été revêtues d'un léger et bas mur de béton, consolidé par des poteaux en fer à double T enfoncés dans le sol.

Lors de l'élaboration du projet, des précautions ont été prises pour pouvoir appliquer l'électricité à l'exploitation du canal, au moyen de tracteurs installés sur les chemins de halage. Pour cette raison, tous les ponts ont été construits avec une passe de 27 m de largeur suffisante pour deux bateaux. La hauteur des ponts au-dessus du niveau normal du canal a également pu être élevée de 4^m,20 à 4^m,50 sans occasionner de dépenses supplémentaires appréciables.

La longueur utile des écluses est de 80 m, la largeur du sas est de 17 m et la largeur des portes est de 12 m. Deux bateaux de chacun 65 m de longueur et 8 m de largeur, plus un remorqueur à hélice de dimensions proportionnelles, ou un bateau de l'Elbe d'environ 78 m de longueur et 11^m,5 de largeur, avec plusieurs petits bateaux de canal et un remorqueur, peuvent simultanément trouver place dans la chambre du sas. La profondeur d'eau au-dessus des buses est de 2^m,50. Le corps de l'écluse est construit en béton avec revêtement en brique hollandaise.

La porte d'aval est à deux vantaux à éperon; celle d'amont est flottante, tournant autour d'un axe horizontal.

Afin d'égaliser pour les différentes écluses les quantités d'eau absorbées par chaque écluse, quatre écluses sont pourvues de bassins d'épargne; l'écluse de Krummesse en a un de 2800 m², l'écluse de Donner en a deux, chacun d'une superficie de 2800 m², l'écluse de Witzeze également deux, chacun de 2730 m² et l'écluse de Lauenbourg trois, chacun de 2280 m². Ces bassins d'épargne sont établis partout en simple forme d'éventail. Avec ces bassins, la quantité d'eau absorbée, exprimée en hauteur de l'écluse, est réduite dans les proportions suivantes :

à l'écluse de Krummesse de	1 ^m ,73
id. Donner de	1 ^m ,69 à 1 ^m ,88
id. Witzeze de	1 ^m ,24 à 1 ^m ,44
id. Lauenbourg de	1 ^m ,54 à 2 ^m ,12

Toutes les portes d'écluses sont manœuvrées au moyen de l'air comprimé.

Le remplissage et la vidange du sas se font par des aqueducs longitudinaux placés dans les bajoyers et en communication avec le sas au moyen de bouches transversales. Pour la fermeture des canaux longitudinaux à l'amont et à l'aval et vers le bassin d'épargne, on n'a pas

employé les vannes glissantes, les vantaux tournants ou les soupapes circulaires à chapeau, etc., généralement en usage, tous systèmes qui, d'après les Ingénieurs de la construction, ne ferment souvent qu'insuffisamment et dont la manœuvre, sans force mécanique, est plus ou moins compliquée et occasionne toujours une perte de temps. Cette fermeture des aqueducs est effectuée au moyen de siphons en fer battu, placés dans les maçonneries et dont les parois internes sont recouvertes d'une couche de ciment. Les déversoirs de ces siphons sont situés au niveau de l'eau d'amont ou à quelques centimètres au-dessus. Le profil en travers des siphons de l'écluse de Krummesse a au sommet une largeur de $1^m,10 \times 1^m,60$. Quant au fonctionnement de ces siphons, il constitue une disposition particulière due à M. l'Ingénieur en chef Hotopp, de Lübeck, et qui a fait l'objet de brevets.

Un seul homme peut, sans déploiement de force sensible, assurer tout le service d'une écluse de la guérite de manœuvre située sur la tête d'amont.

La durée d'une éclusée d'aval en amont (entrée et sortie des bateaux non comprises), s'établit pour l'écluse de Krummesse, comme suit :

Fermeture de la porte à éperon	1 minute
Remplissage de l'écluse	7 —
Ouverture de la porte trappe	1 —
Total	9 minutes

Le même temps est nécessaire pour une éclusée vers l'aval. Si on fait usage du bassin d'épargne, la durée d'une éclusée augmente de trois minutes.

L'exécution des travaux a été commencée en 1896 et la mise en exploitation doit être inaugurée en 1900.

Les frais de construction sont évalués à 23554000 marks, sur lesquels la Prusse participe pour un tiers, sans toutefois dépasser le maximum de 7500000 marks.

Statistique du trafic sur les voies navigables en Allemagne et comparaison avec le trafic des chemins de fer en Allemagne et avec celui des voies navigables et des chemins de fer en France.

D'après les documents exposés, les renseignements statistiques s'appliquent pour l'Allemagne, en dernier lieu, à l'année 1895.

Pour cette année 1895, le trafic des voies navigables allemandes est

resté concentré à peu près entièrement sur les grands fleuves qui ne sont reliés entre eux par des affluents et des canaux navigables que dans une proportion relativement minime.

La longueur des voies navigables intérieures de l'Allemagne ayant quelque peu d'importance au point de vue du trafic de navigation était, en 1875, de 10 000 km. en chiffres ronds. Or, de cette date à l'année 1895, il n'y a, parmi les travaux exécutés, que la canalisation du Mein, de son embouchure à Francfort (36 km), le canal Oder-Sprée (87 km) et la canalisation de la Sprée de Spandau à Berlin (18 km.) qui aient une importance appréciable pour le gros trafic. De telle façon qu'on peut dire qu'entre 1875 et 1895, la longueur des voies de navigation intérieure est restée invariablement de 10 000 km. environ.

1. — *Trafic en 1895.*

En 1895, le trafic total sur les 10 000 km. de voies navigables de l'Allemagne s'est élevé à 25 800 000 t. de marchandises pour les arrivages et à 20 900 000 t. pour les expéditions; d'où, par conséquent, une différence très sensible en faveur des importations dans l'Empire.

Quant au tonnage kilométrique des marchandises, il a atteint le chiffre de 7 500 000 000 t.-km., soit 750 000 t. par kilomètre. La distance moyenne de transport a été de 320 km.

Les 4/5 du trafic, c'est-à-dire 5 920 000 000 t.-km., s'appliquent aux 3 000 km., en chiffres ronds, des sept grands fleuves : Niémen, Vistule, Oder, Elbe, Weser, Rhin et Danube.

C'est le Rhin, avec son parcours navigable de 566 km., depuis la frontière hollandaise près d'Emmerich jusqu'à Strasbourg, qui fournit la plus grande partie du trafic : 3 030 000 000 t.-km., soit environ les 2/5 du mouvement total des voies navigables en Allemagne. L'Elbe vient ensuite avec 1 952 000 000 t.-km., c'est-à-dire un peu plus du quart du mouvement total, pour un parcours de 615 km. entre Hambourg et la frontière autrichienne.

Sur 2 000 km., en chiffres ronds, de voies navigables dont plus de 200 km en nature de canaux ou de fleuves canalisés, le trafic kilométrique a été supérieur à 1 000 000 t.

Les trois grands ports du Rhin et de la Rhur : Rurholt, Duisbourg (sans les quais du Rhin) et Hochfeld, situés à proximité l'un de l'autre, conservent le premier rang au point de vue de l'importance du trafic. Pour l'ensemble de ces trois ports, les arrivages se sont élevés à 1 965 000 t. et les expéditions à 6 451 000 t., soit au total 7 416 000 t.

auquel Rurhort participe pour 4 507 000 t., Duisbourg, à l'exclusion des quais du Rhin, pour 2 282 000 t. et Hochfeld pour 627 000 t.

Les arrivages relatifs à l'ensemble des trois ports susvisés comportent notamment 827 000 t. de minerai de fer, 321 000 t. de blés et 311 000 t. de bois; parmi les expéditions, il faut noter 5 192 000 t. de charbons et de coke et 187 000 t. de fer travaillé.

Berlin vient ensuite avec un trafic total de 5 134 000 t. dont 4 653 000 t. pour les arrivages (matériel de construction et combustible) et 482 000 t. pour les expéditions de natures diverses.

Hambourg figure au troisième rang tout en se rapprochant de Berlin. Il ne s'agit, bien entendu, pour ce port, que du trafic de et vers l'Elbe supérieur et non pas du trafic maritime et du trafic de l'Elbe inférieur. Le tonnage des marchandises arrivées au port de Hambourg a été de 1 638 000 t., celui des marchandises expédiées de 1 942 000 t., soit ensemble 3 580 000 t. Le port en question est toujours très favorablement placé en comparaison des autres ports intérieurs, en ce sens que les chiffres des arrivages et des expéditions sont à peu près égaux. Il s'ensuit que les bâtiments faisant le trafic intérieur dudit port peuvent presque toujours charger dans les deux directions, ce qui permet l'établissement de tarifs de transport relativement bon marché.

Comparaison du trafic entre les années 1875 et 1895.

Pour une longueur de voies navigables restée sensiblement la même (10 000 km), le trafic des marchandises transportées est monté :

de 10 400 000 t (1) en 1875
à 23 400 000 t en 1895

pendant que le tonnage kilométrique augmentait de :

2 900 000 000 tkm. en 1875
à 7 500 000 000 tkm. en 1895

En 20 ans, l'augmentation du tonnage kilométrique est de 159 0/0.

Quant à l'accroissement de ce tonnage kilométrique, on peut le suivre, par période quinquennale, en consultant le tableau ci-après :

Années	Tonnes kilométriques
1875.	2 900 000 000
1880.	3 600 000 000
1885.	4 800 000 000
1890.	6 600 000 000
1895.	7 500 000 000

(1) Moyenne des marchandises arrivées et expédiées.

Pour les années suivantes, l'augmentation du trafic a progressé dans une proportion encore plus forte.

En 1898, le trafic a atteint approximativement le chiffre de 10 700 000 000 t.-km.

II. — *Comparaison du trafic des voies navigables avec celui des chemins de fer en Allemagne.*

Sur les 26 500 km. de chemins de fer, le trafic a atteint, pendant l'année 1873, le chiffre de 10 900 000 000 t.-km., tandis que sur 10 000 km. de voies navigables, il a été de 2 900 000 000 t.-km. Autrement dit, 21 0/0 du trafic total reviennent aux voies navigables et 79 0/0 aux chemins de fer.

Pour les voies navigables, le trafic kilométrique est de 290 000 t ; il est de 410 000 t pour les chemins de fer.

En 1895, les chemins de fer, dont la longueur avait augmenté de 69 0/0 ont fourni sur leurs 44 800 km. un trafic de 26 500 000 000 t.-km., tandis que pour les 10 000 km. de voies navigables, restées invariables dans leur longueur, le trafic a été de 7 500 000 000 t.-km. Il en résulte que 22 0/0 du trafic total s'appliquent aux voies navigables et 78 0/0 aux chemins de fer. Le trafic kilométrique a été de 750 000 t. pour les voies navigables et de 590 000 t. pour les chemins de fer. Le mouvement moyen sur les voies navigables dépasse donc sensiblement celui des chemins de fer, la proportion, en 1895, a été environ de 5 à 4.

Il résulte de la comparaison des années 1873 et 1895 que, malgré la forte augmentation des chemins de fer, la participation des voies navigables au mouvement des marchandises poursuit une marche ascendante. De 21 elle est montée à 22 0/0 et, pendant que le trafic kilométrique des chemins de fer montait de 44 0/0, celui des voies navigables s'élevait de 159 0/0. Il est vrai que les chemins de fer nouvellement construits sont en partie des voies secondaires n'ayant qu'un trafic relativement minime et qu'ils diminuent la moyenne du parcours sur les chemins de fer ; d'autre part, une grande partie des 10 000 km. de voies navigables peuvent à peine être considérées comme des voies de trafic à la hauteur des besoins modernes et n'ont donné, ainsi qu'il a déjà été dit plus haut, qu'une faible augmentation ou même une diminution des quantités transportées.

III. — *Comparaison avec le trafic des voies navigables et des chemins de fer français.*

En France, le développement total du réseau fluvial est actuellement de 16 887 km. parmi lesquels 12 269 km. seulement sont utilisés par le commerce, le surplus, soit 4 418 km. se composant de rivières ou de sections de rivières qui ont un trafic exclusivement maritime ou dont la navigation est purement nominale. Toutefois, on doit remarquer que la longueur des voies navigables offrant en tout temps un mouillage de 2 m et des écluses de 38^m,50 n'est que de 4 715 km. dont 646 km. de canaux ouverts à la navigation depuis 1878. Antérieurement, d'ailleurs, à cette année 1878, on comptait seulement 1 439 km. de rivières et canaux offrant les conditions de navigabilité que nous venons d'indiquer (tirant de 2 m. et écluses de 38^m,50).

Le poids total des marchandises embarquées sur les rivières et canaux qui étaient seulement de 19 740 000 t. au début des travaux d'amélioration avant 1878, a dépassé, en 1898, 32 526 000 t.

Le tonnage kilométrique a progressé au cours de la même période dans une proportion plus élevée ; il est passé de 2 174 000 000 t.-km à 3 250 000 000 t.-km. en 1889, pour atteindre le chiffre de 4 577 000 000 t.-km en 1898. Le parcours moyen d'une tonne s'est élevé de 110 km. à 141 km. en 1898.

L'accroissement du trafic a profité presque exclusivement aux voies principales.

Quant au rapprochement avec les voies navigables allemandes, il résulte, pour le tonnage total ramené au parcours d'un kilomètre, du tableau ci-après :

ANNÉES	EN FRANCE	EN ALLEMAGNE
	EN MILLIONS DE TONNES	
1875	1 950	2 900
1895	3 780	7 500
1898	4 577	10 700

En France, le réseau des chemins de fer qui comptait 21 000 km. en 1875, avait atteint 44 000 km. en 1898, y compris les lignes d'intérêt local et les tramways pour voyageurs et marchandises.

Le parcours des marchandises sur ce réseau ferré avait atteint

en 1898, pour la petite vitesse, le chiffre de 14 900 000 000 t.-km., il s'était doublé en 26 années, et la comparaison de ce trafic avec celui des chemins de fer allemands est donnée par le tableau ci-après pour la période de 1875 à 1895.

ANNÉES	EN FRANCE	EN ALLEMAGNE
	EN MILLIONS DE TONNES	
1875	8 200	10 900
1895	12 800	26 500

Non seulement, par conséquent, l'augmentation du trafic ramené à un kilomètre n'a pas suivi, en France, la proportion énorme du trafic correspondant en Allemagne, mais cette augmentation du trafic des chemins de fer français est restée inférieure à celle des voies navigables françaises. En effet, en 1875, le tonnage ramené à un kilomètre des voies navigables était de 19 0/0 du trafic total, et en 1895, la proportion s'était élevé à 23 0/0. En Allemagne, nous avons vu que cette proportion avait été de 21 0/0 en 1875 et de 22 0/0 en 1895.

Brisement des glaces en Allemagne.

Parmi les objets exposés, mentionnons un ouvrage publié à l'instigation du Ministre des Travaux Publics du Royaume de Prusse par MM. Gorz et Buchheister, lequel traite du brisement des glaces en Allemagne.

Cet ouvrage expose le développement et l'exécution des travaux de brisement des glaces sur la Vistule, le Niémen, le Pregel, l'Oder, la Trave, l'Elbe, le Weser et le Rhin, ainsi que dans les ports de Dantzig, Kiel et Flensburg. Le texte comprend trois chapitres; douze planches coloriées et trente-quatre planches en noir montrent les surfaces d'eau dont il est question pour le brisement des glaces, — les instruments dont on se sert, notamment les vapeurs, — ensuite la formation des glaces, les résultats des travaux de brisement des glaces, etc., etc. Ces planches sont complétées par 32 dessins et reproductions dans le texte.

Mentionnons encore un modèle en plâtre représentant le brisement

des glaces sur la Vistule, au moyen de vapeurs de l'administration des travaux hydrauliques de la Vistule, à Dantzig.

Ce modèle représente la partie inférieure du fleuve et l'embouchure de la Vistule dans la Mer Baltique.

A l'extrémité supérieure du tableau, on voit la Vistule telle qu'elle est en hiver; la couche de glace se compose, sur le côté gauche du fleuve, de glace unie massive et, sur le côté droit, de glaçons fortement accumulés et entassés. Le vapeur brise-glaces à double hélice « Drowenz » vient de monter sur la banquise et, par le choc et par son propre poids, écrase la glace sous lui. Dès que le vapeur recule en arrière, la glace brisée s'écoule avec le courant. Le vapeur à hélice unique « Nogat » prend son élan pour monter sur la couche unie de glace. La vague de proue le devance, imprimant à la couche de glace, déjà avant l'arrivée du navire, un mouvement oscillatoire qui provoque de légères crevasses et augmente l'effet produit par le navire montant sur la couche. Les deux navires brisent la glace sur une largeur d'environ 100 m, et cela — en suivant la passe navigable — près de la rive gauche.

Sur le côté droit, une large couche de glace reste intacte. Le vapeur à double hélice « Schwarzwasser » se charge de la démolition de cette couche en la longeant à toute vapeur. Les vagues produites sur son passage passent sous la couche de glace, la soulèvent, et provoquent la rupture de grands glaçons. Le passage du « Schwarzwasser » répété trois ou quatre fois suffit pour réduire la couche de glace, large de 250 m, en morceaux qui sont ensuite entraînés par le courant.

EXPOSITION DE L'AUTRICHE ET DE LA HONGRIE

Régularisation du Danube en Autriche.

I. — Travaux de régularisation près de Vienne.

Nature du lit du Danube près de Vienne. — Le Danube coule aux environs de Vienne dans une plaine formée d'alluvions à peu près homogènes. Libre de choisir son cours, le fleuve, en évitant les obstacles accidentels, s'est divisé en plusieurs bras dont le lit s'est trouvé continuellement altéré par suite de la formation de bancs de gravier. Aussi, au moment des inondations, les eaux submergent et dévastent des surfaces de plusieurs centaines de kilomètres carrés.

Commission instituée pour la régularisation du Danube. — En vue de régulariser le cours du Danube près de Vienne, de Nussdorf à Fischamend, on institua, en 1868, une commission spéciale qui fut désignée sous le nom de « Commission pour la régularisation du Danube à Vienne ».

Cette Commission avait pour mission de s'occuper de l'exécution des travaux de régularisation aux frais communs de l'Etat, de la Province de la Basse-Autriche et de la Ville de Vienne.

Elle fut composée de députés du gouvernement et des membres de la Commission renforcée de la Diète de la Basse-Autriche et de la Ville de Vienne.

Les résolutions de la Commission sont approuvées par le Ministre de l'Intérieur ou par son représentant.

Programme des travaux. — Les travaux de régularisation ont eu pour but de rassembler les eaux du Danube, lesquelles se divisaient en plusieurs bras, de façon à former un lit unique qui fût aussi rapproché que possible de Vienne, et d'effectuer les divers travaux nécessaires pour la protection contre les inondations.

La régularisation du Danube dans cette partie est achevée aujourd'hui.

Travaux exécutés. — (Lit majeur et lit mineur). — A partir de Kuchelau, près de Nussdorf, jusqu'à Fischamend, c'est-à-dire sur une longueur d'environ 26 km., le cours du fleuve est régularisé d'après la même méthode ; à part le canal du Danube, de Vienne, tous les bras ont été fermés, et les eaux ont été concentrées dans un lit unique.

Ce nouveau lit comporte deux parties : le lit mineur et le lit majeur.

Le lit mineur a une largeur de 284^m,30 ; le lit majeur, pour l'écoulement des grandes crues, a 474^m,17 de largeur.

Entre Nussdorf et Albern, sur une distance de 13^{km},270, la Commission fit creuser deux longues dérivations. La première est comprise entre le Roller près de Vienne et le pont du chemin de fer de Stadlau ; sa longueur est de 6^{km},638 et sa profondeur moyenne est de 3^m,16 au-dessous de l'étiage au milieu du lit. La deuxième part de Steinspornaufen et aboutit à Albern ; sa longueur est de 2 548 m ; on n'a donné à la cunette qu'une profondeur de 2^m,33 au-dessous de l'étiage, laissant ainsi au courant le soin d'achever le creusement du lit du fleuve.

Protection contre les inondations. — Parmi les travaux spéciaux

de protection contre les inondations, il faut citer en premier lieu ceux qui ont été exécutés près de Vienne. La rive droite du fleuve a été exhaussée de façon à constituer une digue grandiose s'étendant sur 14 km. de longueur, de Nussdorf jusqu'à l'embouchure actuelle du canal du Danube, à Alberndorf; cette digue s'élève d'abord jusqu'à 3^m,79 au-dessus de l'étiage pour former la berge du fleuve; puis le remblai augmente ensuite progressivement du côté de Vienne pour atteindre une hauteur de 6^m,32 au-dessus de l'étiage à 189 m du rivage. La digue s'abaisse ensuite vers la Ville avec une pente variable et sur une largeur également variable, mais qui, pour la majeure partie, est supérieure à 379 m.

La Ville de Vienne se trouve ainsi protégée contre les inondations et même contre les plus hautes eaux pouvant survenir lors des débâcles de glaces.

Vienne étant encore menacée par les inondations et les débâcles de glaces du canal du Danube; ce danger a été écarté par la construction d'un appareil mobile de fermeture près de Nussdorf. Nous traiterons dans la sixième partie de cette note la question des travaux exécutés sur le canal du Danube.

En aval de Vienne, rive droite, on a construit près de la Rettungshügel au confluent du canal du Danube (dans les bruyères de Simmering) une grande digue d'inondation, d'une longueur de 7^{km},700, s'étendant jusqu'à la limite des eaux du Ziegler en aval de Mannswörth. Cette digue protège particulièrement les parties basses de Simmering ainsi que Kaiser-Ebersdorf et Mannswörth.

La digue de rive droite ne sera pas continuée au delà de ce dernier point, car, en aval de Mannswörth, les villages sont établis sur un terrain plus élevé et n'ont pas besoin d'être protégés contre les inondations.

Sur la rive gauche du Danube, une grande digue d'inondation s'étend sur une longueur de 24^{km},500 de Jedlesee à Stopfenreith; elle se relie à la digue de Saint-Hubert qui est établie en face du Kahlenbergerdorf.

Cette digue a d'abord été construite entre Saint-Hubert et Mannswörth; c'est, en effet, en ce dernier point, que se termine la régularisation du Danube près de Vienne. L'établissement de digues en aval est poursuivi d'après le programme de la régularisation du Danube en Basse-Autriche (voir la deuxième partie de la présente note).

Constitution des digues. — La digue de la rive gauche a une largeur en couronne de 4^m,74 jusqu'au pont de Stadlau; en aval, cette largeur

est de 5 m ; les talus sont à $1/3$ (1 de hauteur pour 3 de base) du côté du fleuve, et à $1/2$ du côté de la terre.

Jusqu'à Lobau, cette digue est perreyée du côté du fleuve à la traversée des anciens bras ; en aval de Lobau, le talus, côté du fleuve, est perreyé, sur toute sa longueur, jusqu'à une hauteur de 5 m au-dessus de l'étiage.

La digue de rive droite a partout une largeur en couronne de 4 m et ses talus sont à $1/3$ du côté de la terre et à $1/2$ du côté du fleuve ; en outre, la digue est perreyée sur toute sa longueur.

Toutes les digues sont construites en pierre et recouvertes d'humus.

Pour en augmenter l'imperméabilité, elles ont été recouvertes postérieurement d'une couche de terre d'une largeur de 5 à 8 m et jusqu'à une hauteur de 4 m au-dessus de l'étiage.

Dépenses et résultats. — Les travaux de régularisation du Danube près de Vienne ont été commencés en 1869 et terminés en 1882.

Les frais de construction des ouvrages dont nous avons parlé jusqu'ici s'élèvent à 30 millions de florins.

Moyennant l'exécution de ces travaux, la Ville de Vienne a été préservée entièrement de toute inondation malgré les grandes crues qui se sont produites pendant ces vingt dernières années.

II. — Travaux de régularisation en Basse-Autriche.

Ressources financières. — Les bons résultats des travaux de régularisation du Danube près de Vienne firent désirer la régularisation du fleuve dans la partie inférieure comprise entre Fischamend et Theben.

La Commission de régularisation du Danube dressa en 1881 un projet de régularisation du Danube en Basse-Autriche ; le programme des travaux fut approuvé par des lois du 6 juillet 1882 ; il devait être réalisé à la fin de 1901.

La dépense prévue était de 24 millions de florins.

L'État fournit actuellement une somme de 700 000 florins par an pour ces travaux ; la Basse-Autriche y affecte 200 000 florins annuellement. En outre, l'État, la Basse-Autriche et Vienne renoncent chacun à leurs parts d'encaissement sur les fonds de la régularisation du Danube jusqu'à concurrence de 100 000 florins chaque année, soit 300 000 florins. Il est donc alloué à la régularisation du Danube une somme de 1 200 000 florins par an.

But des travaux. — D'après le programme des lois de 1882, le cours du Danube doit être concentré entre deux rives fixes ; les bancs de gravier préjudiciables à la navigation doivent être dragués ; enfin, on écartera autant que possible les dangers d'inondation pour les localités riveraines et cela principalement par la continuation de la digue de rive gauche (dont nous avons parlé lors de la régularisation près de Vienne) jusqu'à Hof, sur la March, et Schlosshof. La sécurité de Vienne contre les dangers d'inondation, doit être augmentée et on s'efforcera d'arriver à une protection efficace du pays de Marchfeld et de ses nombreux villages.

Protection contre les inondations. — La digue de rive gauche du Danube (digue de Marchfeld) a été tracée en plan de façon que le lit majeur du fleuve s'élargisse progressivement. Près de Stopfenreith où commence la plaine de la March, elle a été établie très avant dans l'intérieur afin de protéger le village ; elle est distante de 1720 m de la rive droite supérieure ; cette longueur se décompose ainsi : lit mineur 384 m, lit majeur : 1 336 m ; jusqu'à Theben, le bassin d'inondation est situé sur la rive gauche du Danube.

La digue du Marchfeld est formée de gros cailloux ; elle est perreyée du côté du fleuve et présente des talus de $1/2$ et $1/3$. Son épaisseur au couronnement est de 5 m ; elle s'élève à 6^m,30 au-dessus de l'étiage.

Ainsi que nous l'avons déjà dit, la digue de rive gauche, doit se continuer à travers Stopfenreith et Hof, jusque près de Schlosshof, où la March se jette dans le Danube.

Près de Vienne, toute l'étendue du champ d'inondation est constituée par des prairies sauf au pied de la digue où une bande de 40 m de largeur est en nature de bois et sert de protection contre le choc des vagues et l'effort direct des glaces. En aval de Vienne, où le profil est plus large, le déboisement complet du sol n'a pas été exigé ; toutefois la section transversale d'écoulement doit être au moins égale à celle que les eaux trouvent à Vienne.

Nous indiquerons encore que l'écoulement des eaux de l'intérieur est réalisé par l'établissement, dans toutes les digues, de tuyaux munis de vannes ; les eaux de pluies, les eaux souterraines ou provenant du suintement peuvent ainsi s'écouler et ne pas rendre marécageux le pays protégé.

Amélioration des conditions de navigabilité. — En vue d'améliorer les conditions de navigabilité, le lit mineur fut limité par des digues

dont le couronnement est à 2^m,50 au-dessus de l'étiage, et des bancs de gravier furent dragués.

III. — Régularisation du Danube en basses eaux.

Nécessité de la régularisation du Danube en basses eaux. — Les travaux entrepris jusqu'ici ont eu surtout pour but la protection contre les inondations et la régularisation du fleuve en eaux moyennes, puisque, dans cette régularisation, les couronnements des ouvrages sont situés à 2^m,50 au-dessus de l'étiage.

Aussi, le thalweg serpente dans le lit trop large destiné aux eaux moyennes ; il y a, à certains endroits, de grandes profondeurs d'eau ou bien des gués avec des hauts fonds, ou encore des courants rapides qui gênent d'autant plus la navigation que le grand trafic du Danube se produit après la récolte des blés hongrois, c'est-à-dire de septembre à novembre, au moment où le niveau des eaux du fleuve est le plus bas.

Il en résulte que les bateaux circulent à demi chargés pendant des semaines et même des mois à travers les gués, ce qui occasionne de grands frais de traction ; la navigation est, en outre, interrompue souvent pendant longtemps par suite du manque d'eau.

La régularisation en basses eaux remédiera à ces divers inconvénients.

Dispositions adoptées pour la régularisation en basses eaux. — Aux environs de Vienne, la régularisation du Danube en basses eaux est obtenue en rétrécissant à 160 m sur la rive droite, la largeur du lit mineur au moyen d'une digue longitudinale de façon à permettre les transports à pleine charge par les plus basses eaux. Le couronnement de cette digue est à 2^m,30 au-dessous de l'étiage. La digue est réunie à la rive gauche par des épis transversaux s'élevant de 2^m,30 à 1^m,30 au-dessous de l'étiage et faisant des angles de 75° avec l'axe du lit.

La fixité du lit s'obtient au moyen de seuils de fond posés à 4 m au-dessous de l'étiage près de la rive et à 5 m au milieu du lit ; cela permettra de régulariser le profil longitudinal du fleuve.

On emploie des enrochements à la main pour l'établissement des digues longitudinales et des épis transversaux et de gros blocs de pierre pour les seuils de fond.

En même temps que ces constructions, on a fait des dragages importants ; plus de 800 000 m³ de matériaux ont déjà été retirés du lit.

On adoptera le même système de régularisation pour la partie basse du Danube.

IV. — *Etat des travaux de régularisation. — Travaux projetés.*

Etat des travaux. — Epoque probable de leur achèvement. — Les travaux de régularisation en basses eaux aux environs de Vienne ont été commencés en octobre 1898 et doivent être terminés cette année; le courant est actuellement transféré sur la rive droite sur une longueur de 15 km. de Nussdorf à Alber, et la formation d'un lit normal par l'action propre du fleuve est attendue dans le délai d'un an.

La digue de Marchfeld doit être achevée à la fin de 1902.

Enfin le rehaussement de diverses digues, et la construction de digues d'intérêt local en amont et en aval de Vienne seront probablement terminés vers la fin de 1901.

Dépenses prévues. — D'après le programme des travaux qui doivent être exécutés en Basse-Autriche jusqu'à la fin de 1911, tant pour le complément que pour l'achèvement de la régularisation du Danube, les dépenses prévues se répartissent ainsi :

Etablissement d'ouvrages dans le lit du fleuve et protection des rives	5 320 599 florins
Construction de digues	7 248 465 —
Construction d'un port à Freudenu et à Kuchelau.	3 000 000 —
Régularisation en basses eaux près de Vienne et creusement du « Angl »	1 000 000 —
y compris l'entretien des ouvrages exécutés.	

V. — *Entretien et surveillance des travaux.*

Entretien des travaux ; mesures prises pendant les hautes eaux. — Presque à chaque grande inondation, les digues du Danube subissent des avaries plus ou moins importantes. Cela provient en premier lieu de la perméabilité des matériaux, laquelle augmente d'ailleurs en raison de la hauteur des crues et de leur durée. C'est pendant la baisse des eaux que les digues exigent le plus d'attention.

Lorsque les eaux s'infiltrant à travers une digue, elles peuvent, en raison de la forte pression, produire des excavations dangereuses pour la stabilité ; ces infiltrations que l'on reconnaît lorsque l'eau jaillit trouble et laiteuse du pied de la digue, côté des terres, sont arrêtées au début par l'application de sacs de terre.

Si l'on craint que la digue s'écroule par suite de son imbibition, on a recours au moyen suivant : on place à environ un mètre de distance de la digue, des pilotis contre lesquels on glisse des planches épaisses ; puis on remplit l'espace libre avec des sacs de sable sur lesquels on place des pierres.

Lorsqu'il se produit des éboulements de parties entières, les brèches sont promptement remplies avec des sacs de sable.

Si, enfin, la digue est suffisamment résistante et imperméable mais que les eaux s'élèvent à une hauteur telle que l'on puisse craindre qu'elles submergent et détruisent partiellement la digue, le couronnement de cette dernière est relevé à l'aide de sacs de sable.

C'est la Commission pour la régularisation du Danube qui est chargée de l'entretien des diverses digues qu'elle a établies.

Les deux grandes digues d'inondation des deux rives du Danube sont divisées en quatorze sections, dont chacune est sous la surveillance continue, pendant chaque inondation ou débâcle, d'un Ingénieur de la Commission. Cet Ingénieur doit demeurer sur place pendant toute la durée des hautes eaux et diriger éventuellement les travaux nécessaires pour la protection des digues.

Deux lignes télégraphiques ont été établies le long des digues, le service télégraphique est assuré en cas de besoin, par les bureaux permanents ou par des stations établies pour la durée des hautes eaux, et qui sont alors desservies par des employés de la direction de la police ou par le régiment I. et R. des chemins de fer et télégraphes.

VI. — *Transformation du canal du Danube, à Vienne, en un port de commerce et d'hiver.*

Dispositions actuelles du bateau-porte établi à l'entrée du canal du Danube. — Afin de préserver Vienne du danger d'une inondation par le canal du Danube, il fallait établir un appareil permettant de fermer ce canal au moment des hautes eaux ou des débâcles. On y parvint au moyen d'un barrage mobile, analogue à un bateau-porte, et qui fut construit par Engerth à 170 m en aval de l'origine du canal du Danube près Nussdorf.

Ce bateau-porte se compose d'un corps de bateau d'une longueur de 48^m,50, d'une largeur de 9^m,50 au milieu, et d'une hauteur de 5^m,70 ; ses parois sont verticales ; son fond est plat et contient 3 réservoirs étanches formés par quatre cloisons. Ces réservoirs peuvent être rem-

plis d'eau pour former le lest qui permet de faire descendre le bateau lorsqu'il est mis en place. Le relèvement du bateau-porte s'opère par l'évacuation de l'eau des réservoirs au moyen de pompes à vapeur.

Entre le fond du bateau-porte et le radier, on a posé une grille composée d'aiguilles en fer laminé destinées à désagréger les glaces.

Jusqu'ici, le bateau-porte a parfaitement rempli son office et il est encore utilisé aujourd'hui malgré la transformation du canal du Danube en port de commerce et d'hiver. Mais, n'ayant pas été construit en vue de ce dernier objet, le bateau-porte ne pouvait plus convenir entièrement à la régularisation du niveau de l'eau dans le canal du Danube ; on parvint à ce résultat par l'établissement de barrages et on construisit notamment, près de Nussdorf, un barrage avec pont supérieur.

Dispositions prévues par la transformation du canal du Danube en port de commerce et d'hiver. — Pour transformer le canal du Danube en port de commerce et d'hiver, il importait de prendre certaines dispositions qui ont été définies ainsi qu'il suit à la loi du 18 juillet 1892 :

« Installer à l'origine du canal, près de Nussdorf, un barrage avec « écluse permettant, le cas échéant, d'interdire complètement l'accès « du canal aux eaux du fleuve.

« Etablir sur le parcours du canal (sa longueur est de 16^{km},8) de « manière à avoir la profondeur d'eau nécessaire pour la navigation, « trois et au besoin quatre barrages avec écluses ; se préoccuper égale- « ment de l'établissement, à l'extrémité du canal en aval, d'un barrage « destiné à empêcher le reflux des eaux. »

Viennent ensuite quelques indications relatives à l'ordre à suivre pour l'exécution des travaux ; la dépense est estimée à 10 millions de florins, soit à 21 millions de francs.

Un projet d'ensemble fut dressé, soumis à l'enquête et communiqué à diverses notabilités techniques du pays et de l'étranger. A la suite de cet examen, il fut décidé que les barrages seraient mobiles et qu'il en serait établi quatre avec autant d'écluses.

Description particulière des installations de Nussdorf. — *Barrage.* — Le barrage de Nussdorf est situé à 100 m en aval du bateau-porte ; il y a pour objet de maintenir à 0^m,80 au-dessus de l'étiage le niveau de l'eau dans le canal ; il doit donc commencer à fonctionner dès que ce niveau est atteint dans le fleuve ; il a encore pour but d'arrêter complètement les glaces ; le bateau-porte continuera bien entendu

à être utilisé tant qu'il sera en état de servir, mais le nouveau barrage doit pouvoir se suffire à lui-même.

La hauteur des plus grandes eaux du Danube est évaluée à 6^m,30 au-dessus du zéro de l'étiage ; du côté du canal, le niveau des eaux tombe à 0^m,84 au-dessous de zéro ; la masse d'eau à supporter atteint donc une hauteur de 7^m,14. Mais comme le canal a une pente totale de 6^m,44, le niveau de l'eau à l'aval du barrage peut descendre à plus de 0^m,84, et la hauteur d'eau à supporter peut en réalité atteindre 9^m,34.

Eu égard aux besoins de la navigation, on ne pouvait songer à établir une pile au milieu du canal ; aussi, le barrage doit pouvoir résister à une lame d'eau de 40 m de largeur et 9^m,34 de hauteur. La pression verticale sur chacune des culées s'élève par suite à 500 t. et la poussée horizontale à 280 t, efforts supérieurs à tous ceux supportés jusqu'à présent par des constructions similaires.

L'appareil consiste en un pont en treillis très robuste, formé de trois poutres porteuses verticales et d'une forte poutre horizontale formant le chemin de roulement du pont.

En principe, le barrage de Nussdorf, à l'exception du passage supérieur est assez analogue au barrage de Poses, sur la Seine.

Le rideau de fermeture est constitué par des aiguilles presque verticales distantes de 1^m,25 d'axe en axe et reliées trois à trois par des membrures transversales, pour former ainsi une pièce élémentaire du barrage. L'espace libre de 1^m,03 subsistant entre deux aiguilles consécutives peut être recouvert jusqu'à une hauteur de 9^m,80 au-dessus du fond du canal par des vannes de fer portées par des galets de roulement ; la vanne inférieure de 2^m,76 de hauteur est disposée comme les jalousies ; elle est guidée par des coulisses spéciales et peut être actionnée isolément. Toutes les vannes peuvent être manœuvrées de la partie du pont réservée à cet effet.

Ces dispositions permettent de pratiquer à tout instant dans le rideau soit une grande ouverture, soit une série de petites par lesquelles l'eau peut s'introduire dans le canal sans pour cela modifier l'état de la glace à l'amont.

Pour relever un élément, il faut compter 40 minutes et pour le descendre 22 minutes de travail à bras ; ce temps sera réduit de moitié par l'emploi de l'électricité.

Les fondations de l'ouvrage ont été faites, au moyen de l'air comprimé, dans des caissons en tôle ; il a fallu descendre jusqu'à 20 et 25 m au-dessous de l'étiage.

Les travaux commencèrent en juillet 1894 et furent terminés au commencement d'août 1898.

Ecluse. — L'écluse de Nussdorf n'est point accolée au barrage ; elle est établie sur un canal distinct reliant le Danube au canal du Danube.

Elle a 85 m de longueur sur 15 m de largeur de manière à donner passage aux plus grands bateaux fréquentant le Danube.

Les deux têtes de l'écluse ont été fondées à l'aide de l'air comprimé, à une profondeur de 11 m ; pour le sas, on pratiqua d'abord une fouille de 8 m de profondeur au-dessous de l'étiage ; puis on coula directement du béton sous l'eau de façon à obtenir un radier de 4 m d'épaisseur ; on fit de même pour les bajoyers jusqu'à une hauteur de 2 m au-dessus de l'étiage. Il fut alors relativement facile d'enlever l'eau de la fouille et d'achever le travail complètement à sec.

Les travaux de l'écluse et du canal de dérivation ont été terminés dans le courant de l'année 1898.

Canaux d'alimentation. — Ainsi qu'il a été dit, le relèvement d'un certain nombre de vannes du barrage permet de pratiquer des ouvertures plus ou moins larges, de manière à laisser passer une quantité d'eau déterminée dans le canal, soit pendant le charriage des glaces, soit lors de la prise du fleuve, soit enfin au moment de la débâcle. D'autres dispositions ont encore été prévues pour obtenir le même résultat. Ces dispositions consistent dans l'établissement de canaux s'alimentant directement dans le fleuve, au-dessous du niveau atteint par la congélation, et conduisant l'eau jusqu'au canal ; une grille protège l'orifice ; des regards disposés verticalement de distance en distance permettent de bloquer une section déterminée.

Trois canaux avaient été prévus à l'origine ; un seul a été construit jusqu'à présent.

Cet ouvrage a été exécuté par tronçons de 16 m de longueur et 4^m,50 de largeur que l'on construisait, au moyen de l'air comprimé, dans des conditions analogues à celles adoptées pour les piles du viaduc du pont du chemin de fer à Marmande (chambre de travail en maçonnerie établie sur un cadre) et que l'on descendait à une profondeur de 5^m,50 au-dessous de l'étiage. Comme tout le terrain est très perméable entre le fleuve et le canal de dérivation, le canal d'alimentation a été surmonté d'un mur vertical étanche retenant les eaux d'infiltrations du Danube.

Ces travaux ont été terminés à la fin de 1898.

Dépense des installations de Nussdorf. — Les frais d'établissement

des installations de Nussdorf se sont élevés à la somme de 3 600 000 florins, soit 7 500 000 francs.

Travaux de régularisation et d'endiguement exécutés en Hongrie notamment sur le Danube et la Theiss.

I. — Historique.

Exposé. — L'année 1840 est une date importante dans l'histoire des travaux de régularisation et d'endiguement des cours d'eau de la Hongrie.

C'est en effet à partir de cette époque qu'on a commencé à aménager les rivières d'après des vues d'ensemble et qu'il est devenu possible de dresser des plans de régularisation d'après des bases précises que les auteurs des plans antérieurs n'avaient pas eues à leur disposition.

La Direction nationale des eaux (instituée en 1815) avait commencé en 1818 des levés hydrographiques dans le bassin des Körös. De 1823 à 1830, elle fit relever la topographie du Danube de Deveny à Péservarad; ce travail fut continué les années suivantes avec le concours du Gouvernement ottoman jusqu'au pont de Trajan, en aval des portes de Fer; de 1831 à 1838, les levés hydrotechniques du Danube et de ses affluents furent effectués; enfin, de 1830 à 1844, un travail identique fut exécuté dans la vallée de la Theiss (de Maramas-Sziget au Danube). On se trouvait donc, dès 1840, en possession d'une série de données précieuses permettant d'élaborer, en toute connaissance de cause, les plans de régularisation.

Dispositions législatives. — L'opinion publique s'était fortement émue à la suite de la catastrophe de 1838 qui ravagea Budapest.

Une loi IV de 1840 ordonna la formation d'une Commission appelée à discuter et à proposer les mesures propres à empêcher le retour de semblables calamités.

Au cours de ses travaux, cette Commission posa le principe de la répartition des dépenses nécessitées par l'exécution des travaux, principe qui prévalut surtout après 1850 et dont s'inspirèrent toutes les lois ultérieures.

D'après ce principe, on mettait à la charge du fisc les dépenses effectuées pour les travaux intéressant la navigation, et on laissait à la charge des intéressés devant profiter des travaux, les dépenses afférentes aux travaux de défense contre les inondations.

Cette base de répartition fut toutefois ultérieurement modifiée (loi XXIII de 1885). Ladite loi stipula, en effet, « que l'entretien du lit » et des berges incombait aux propriétaires riverains, mais que l'État » y contribuerait également en raison des intérêts qui se rattachent à » cet entretien au point de vue de la navigation et du flottage. »

Parmi les textes législatifs ayant trait à la régularisation des rivières, nous citerons également l'article 49 de la même loi XXIII de 1885 aux termes duquel « les terrains qui s'étendent entre les digues insubmer- » sibles et les cours d'eau endigués ne pourront — dans la largeur » normale établie par le Ministre de l'Agriculture — recevoir que des » cultures désignées par le même Ministre. »

II. — *Considérations générales sur les cours d'eau de la Hongrie et sur les travaux exécutés.*

Les cours d'eau navigables de la Hongrie ont une longueur totale de plus de 4 000 km.

Leur caractéristique, à peu près générale, est de ne présenter qu'une pente extrêmement faible et de ne charrier que relativement peu de matières solides.

Étant donnée la faiblesse de la pente, les crues inondaient de vastes étendues de terrains et les eaux séjournaient longtemps sur les plaines ainsi submergées et également de pente faible.

Disons immédiatement que ces vastes étendues de terrains sont maintenant, du moins en majeure partie, protégées par des digues : c'est ainsi que la superficie mise à l'abri des inondations est de 3 200 000 hect. et qu'il ne reste plus que 170 000 hect. environ à endiguer.

Ces indications montrent que la régularisation des cours d'eau a été effectuée non pas tant en vue de la navigation, mais bien plutôt en raison des intérêts agricoles. Ce sont toujours ces derniers qui continuent à prévaloir.

L'objectif principal à atteindre était surtout d'augmenter la pente des rivières; on a cherché à atteindre ce but en réduisant le parcours des eaux au moyen de coupures. Et sur ce point, nous aurons donné une idée générale de l'importance des travaux exécutés, quand nous aurons dit que certaines rivières ont leur parcours réduit de moitié et même des $\frac{2}{3}$ du parcours primitif. On a donc, en réalité, transformé la plupart des rivières de la Hongrie en de véritables canaux.

Bien que des travaux importants aient été exécutés dès le dernier

siècle (rectification du lit de la Béga jusqu'à Temesvár et construction d'un canal en amont de cette localité, construction du canal François reliant le Danube à la Theiss entre Bezadan et Tisza-Foldávar), les débuts de l'œuvre de régularisation ne remontent, en général, qu'à la première partie du XIX^e siècle.

Nous avons relaté, au commencement de cette notice, la marche des opérations effectuées pour reconnaître la pente des cours d'eau, établir les profils transversaux des rivières et l'altitude des terrains inondés, opérations qui ont été complétées par l'établissement d'échelles fluviales.

Mais, la situation politique et diverses circonstances ayant ralenti l'exécution du travail de régularisation durant la période de 1850 à 1879 ⁽¹⁾, ce ne fut qu'après la catastrophe de Szegedin (1879) qu'on recommença à apporter au régime des eaux la sollicitude que réclamaient les intérêts du pays. De cette époque datent, en effet, la réorganisation du service technique en vue d'un développement considérable, l'augmentation des crédits affectés aux travaux de l'État, l'établissement, pour la régularisation des principales rivières, de plans d'ensemble conformes aux exigences de la science moderne.

Ces plans, en cours d'exécution, seront complètement réalisés dans un délai d'une dizaine d'années.

Au début, on ne se préoccupait que des digues qui furent construites aux frais des Sociétés des eaux (avec une dépense totale de 356 000 000 fr.), l'État ne prenant à sa charge que le creusement des coupures. Celles-ci ne furent pas creusées en profil plein, on se borna à établir des canaux plus ou moins grands en laissant à la rivière le soin de s'y pratiquer un lit principal.

Cette prévision ne se réalisa que pour une partie seulement des coupures ; pour les autres, où le creusement du lit n'avancait que fort lentement, ou elles finissaient par s'envaser.

Le Gouvernement s'est donc trouvé amené à reprendre, avec toute l'énergie nécessaire, la régularisation de toutes les principales rivières, d'établir les coupures en plein profil, d'en activer le creusement au moyen de déblais et de dragages. La largeur normale des diverses rivières et de leurs principales sections a été arrêtée, et la régularisation sera effectuée en vue d'obtenir cette largeur.

De 1867 à 1898, l'État hongrois a dépensé pour tous ces travaux un

(1) Nous verrons, en effet, plus loin, qu'avant 1879 on s'est borné à très peu près à exécuter les travaux de défense de Budapest.

total de 172 000 000 de francs ; pour les travaux à effectuer de 1899 à 1907, le Parlement a déjà voté un crédit de 87 500 000 francs.

Nous allons maintenant entrer dans quelques développements au sujet des travaux exécutés sur les deux principaux cours d'eau de la Hongrie : le *Danube* et la *Theiss*.

III. — Travaux de régularisation sur le Danube.

Le Danube, qui prend sa source dans le Grand-Duché de Bade, franchit la frontière hongroise au pied des ruines pittoresques du château de Deveny et, décrivant une sorte de gigantesque Z, quitte le pays à Orsova.

Son parcours à travers la Hongrie est de 973 kilomètres et sa pente totale de 92^m,80. Cette déclivité est loin d'être régulière ; elle varie dans les différentes sections du fleuve, suivant la constitution géologique des contrées traversées, ainsi qu'on peut s'en rendre compte par le tableau suivant :

DÉSIGNATION DES SECTIONS	LONGUEUR	PENTE par kilomètre	OBSERVATIONS
de Pozsony à Esztergom.	162 ^k	0 ^m , 216	C'est dans cette section que le Danube perce les montagnes de la Hongrie centrale.
d'Esztergom à Vacz	40	0 , 072	
de Vacz à Bazias	651	0 , 053	
de Bazias à Orsova	120	0 , 165	

La superficie du bassin du Danube est de 170 000 km² en Hongrie.

Dans sa traversée du territoire hongrois, ce fleuve reçoit comme affluents principaux :

Sur la rive droite

- La Raba, près de Győr.
- La Sárviz à Szegzard.
- La Drave, à Apantin.
- La Save, près de Zunony.
- La Morava, à Semendria.

Sur la rive gauche

- La Vag, à Komaron.
- La Garam, à Esztergom.
- L'Ipoly, un peu en aval d'Esztergom.
- La Theiss, près du village de Szlankamen.
- La Temes, à Pancsova.
- La Káras, à Bazias.

Le débit du Danube, en différents points, est donné ci-dessous, à l'étiage et en hautes eaux :

DÉSIGNATION DES POINTS	ÉTIAGE (m ³)	HAUTES EAUX (m ³)	OBSERVATIONS
à Pozsony	700 m ³	11 000 m ³	
à Budapest.	1 000 »	10 000 »	
en aval du confluent de la Drave.	1 500 »	10 000 »	
id. de la Theiss.	1 700 »	13 000 »	
id. de la Save .	1 100 »	16 000 »	

Au point de vue de l'écoulement des eaux et des crues, nous n'avons rien à ajouter aux indications données à propos des cours d'eau de la Hongrie, en général.

En ce qui concerne le charriage des glaces, on peut diviser le Danube en deux sections : l'une allant de Deveny à l'embouchure de la Drave, l'autre de ce dernier point à la frontière. Cette dernière section, dans laquelle les crues de la Drave et de la Save arrivent plus rapidement que celles du Danube, est déjà dégagée de glaces alors que la section d'amont est encore prise. Or, entre Deveny et la Drave, la situation s'aggrave en raison de ce fait qu'en Bavière et en Autriche — où les courants atmosphériques chauds dominant — la débâcle commence plus tôt qu'en aval; par suite, le courant est forcé de briser la glace et de pousser les glaçons jusqu'à l'embouchure de la Drave où il trouve enfin une voie libre d'obstacles. Les débâcles de glaces créent donc une situation critique qui se trouve accentuée encore lorsqu'il vient à se produire des banquises sur les hauts fonds et les îles.

Nous indiquons, dans le tableau ci-après, le niveau qu'atteignent les hautes eaux en différents points, selon que la crue est normale ou qu'elle se complique d'embâcles.

DÉSIGNATION DES POINTS	NIVEAUX DES HAUTES EAUX		ÉCART
	sans banquises	avec banquises	
Pozsony	7 ^m ,70	9 ^m ,82	2 ^m ,12
Komáron	6 ,86	7 ,58	0 ,72
Estztergom	7 ,22	8 ,92	1 ,70
Budapest	7 ,27	9 ,36	2 ,09
Paks	6 ,52	8 ,06	1 ,54

Dans son parcours en Hongrie, le Danube a une tendance très marquée à former des bancs, des îles et des bras ; de plus, en maints endroits, ses berges présentent des courbes de faible rayon ; toutes ces conditions font que la production des banquises se trouvait singulièrement facilitée et que les localités riveraines étaient chaque année menacées de véritables catastrophes.

Pour remédier à cette situation, les ingénieurs ont donc cherché à donner au fleuve un lit mineur régulier, convenablement approfondi, dans lequel les glaces ne peuvent plus s'appuyer que sur les berges, où il leur est impossible de se concentrer autour des îles et des bancs et de descendre jusqu'au fond pour barrer, dans toute sa largeur, le profil du fleuve.

Ils ont commencé et continuent à réaliser ce projet par la délimitation du lit mineur au moyen de digues longitudinales submersibles donnant au fleuve une section déterminée, par le barrage des bras secondaires, par l'approfondissement du lit au moyen de dragages et enfin par l'exécution de coupures ayant pour double résultat de supprimer les courbes de faible rayon et d'augmenter, en réduisant la longueur du cours d'eau, la pente très faible qu'il présentait naturellement.

Ce qui va suivre est destiné à donner quelques détails sur la marche adoptée pour l'exécution des travaux.

Protection de Budapest. — Les Ingénieurs estimaient que la capitale était menacée du fait de l'existence des bras formés par l'île Marguerite, puis par l'île Csepel.

En fait, dans la section dite de la Capitale, le Danube, divisé en deux bras par l'île Marguerite, présentait une largeur totale de 779 m (418 m du côté de Bude, 361 m du côté de Pest) avec une profondeur moyenne de 1 à 2 m ; son lit se resserrait ensuite jusqu'à 289 m avec une profondeur de 6^m,50 ; puis il s'élargissait de nouveau jusqu'à 1045 m, la profondeur étant alors ramenée à 2^m,50.

Les travaux de régularisation consistèrent dans l'établissement d'une digue de partage en tête de l'île Marguerite pour donner aux deux bras une largeur égale de 237 m, puis dans la construction en aval (banc de Kopatz-Zatony) de digues parallèles resserrant le lit du fleuve jusqu'à 380 m et dans l'exécution de dragages pour l'approfondissement du lit. On ferma ensuite, en aval de la capitale, le bras gauche dit de Soroksar au moyen d'un barrage établi à 3^k,5 de l'entrée du bras, lequel fut alimenté par une écluse ; on construisit des digues parallèles dans le

sens de la ligne de régularisation au point de départ de ce bras, en laissant une trouée entre l'extrémité méridionale de ces digues et la tête de l'île Csepel; enfin, on établit un barrage en tête de l'île d'Ujpest pour fermer la courbe entre cette île et la rive gauche.

Ces travaux commencés en 1871 furent achevés en 1873.

A la suite de l'inondation de l'année suivante, on jugea utile de surélever les quais de Budapest de la cote 7^m,586 à celle de 8^m,21⁽¹⁾, les digues parallèles du banc de Kopatz-Zatony de 3^m,79 à 8^m,52, enfin d'augmenter la profondeur du lit par de nouveaux dragages.

La dépense totale des travaux de régularisation dont il vient d'être parlé s'éleva à 8 154 307^{fl},32^{kr} dont 4 103 706^{fl},51^{kr} pour les travaux de régularisation proprement dits, le reste étant affecté à la construction des quais.

Section de Promontor à Fajsz. — Au cours de la débâcle de 1876, des banquises s'étant formées sur la section se développant à l'aval de Promontor, on procéda à la régularisation du fleuve de Promontor à Fajsz, d'après le système général que nous avons indiqué ci-dessus, la largeur entre digues variant de 450 à 500 m.

Un crédit de 5 330 000 florins demandé pour l'exécution des travaux aux frais de l'État fut voté par la Chambre.

Les travaux commencés immédiatement étaient terminés en grande partie en 1885.

Danube supérieur. — Dès 1881, les plans avaient été dressés pour la régularisation du Danube supérieur de Deveny à Duna-Radvány (commune en aval de Komaron). Dans cette partie, le fleuve forme en aval de Pozsony deux bras principaux en dehors du lit proprement dit, lequel se partage entre Oroszvar et Szap en de nombreux petits bras dont l'ensemble a pour effet d'entraver souvent la navigation en temps de basses eaux.

Le projet de régularisation dressé d'après le plan général déjà décrit comportait les principales données techniques suivantes :

Le lit rectifié, limité par les digues submersibles, devait avoir une largeur variant de 340 à 470 m ;

Les digues devaient être établies en pierres, offrir une hauteur de 2^m,50 au-dessus de l'étiage conventionnel, présenter une largeur de

(1) Notons en passant que les quais de la capitale furent de nouveau surélevés en 1891 et leur hauteur portée à 9 m.

2 m en couronne, les talus étant réglés suivant une pente de $\frac{2}{3}$ du côté de l'eau et $\frac{1}{1}$ du côté opposé ;

Les barrages devaient être construits en pierres et arasés, comme les digues submersibles, à la hauteur de 2^m,50 au-dessus de l'étiage conventionnel ; ils devaient présenter une largeur de 3 m en couronne, leurs talus ayant une inclinaison de $\frac{2}{3}$ du côté de l'eau et $\frac{1}{2}$ du côté opposé. En outre, ce dernier côté devait avoir une banquette en pierre large de 8 m et d'une épaisseur de 0^m,70, sinon le talus aurait à partir de 1^m,50 au-dessous du couronnement une pente de $\frac{1}{4}$.

En cours d'exécution, on fut amené à modifier ces premières données ; c'est ainsi que la largeur à réserver entre les digues submersibles fut réduite et ses variations limitées entre 300 et 420 m. Par contre, dans les parties les plus exposées au courant, les digues submersibles et les barrages furent établis avec des dimensions supérieures à celles ci-dessus indiquées.

Le crédit requis pour l'ensemble des travaux de régularisation dont il s'agit, soit 17 000 000 florins, fut inscrit dans la loi VIII de 1883.

Les travaux, commencés en 1886, ont été achevés en 1896.

La correction de l'embouchure du petit bras d'Ersekujvar à l'aide d'une digue de partage et la construction du port d'hivernage de Pozsony sont en cours d'exécution.

Section comprise entre le Danube supérieur et Budapest. — Le plan de régularisation dans cette section devra nécessairement tenir compte des résultats donnés par les travaux exécutés sur le Danube supérieur.

Déjà, on a coupé le banc de sable qui s'étend entre O'Szöny et la puszta de Harcas, et réduit à l'aide de digues submersibles la largeur excessive du lit. Ces travaux, qui comportaient une dépense de 521 000 florins, ont été commencés en 1881 et seront bientôt terminés.

Section de Fasz à O'Moldova. — Dans cette section, toutes les parties accidentées du cours du fleuve ont été rectifiées. Dans la grande courbe de Baja, on a travaillé près de douze ans pour protéger les berges, et l'exécution de ces travaux de défense a occasionné une dépense de près de 900 000 florins. Aux environs de Fasz, on a exécuté les dragages et les coupures prescrits par une loi XVI de 1894 ; enfin, on a barré plusieurs bras, régularisé le confluent du Danube et de la Theiss et renforcé les berges sur de nombreux points.

Régularisation des cataractes du Bas-Danube (Portes de Fer) (1).

— La dénomination de « Portes de Fer » s'applique spécialement à la section rocheuse située en aval d'Orsova; toutefois la navigation était encore entravée par les rapides de Stenka, Kozla, Dojke, Islas-Tachtalia et Incz, ainsi que par la pointe de Greben qui resserrait le Danube en un étroit défilé immédiatement suivi d'un lit démesurément large.

Bien que les études détaillées pour la régularisation des cataractes aient été commencées en 1873, le plan définitif des travaux ne fut arrêté qu'en 1884; il est résumé dans le tableau suivant :

EMPLACEMENT DES TRAVAUX	NATURE DES TRAVAUX
Rapides de Stenka (19 km. en aval de O'Moldava).	Creusement d'un chenal de 825 m de longueur, 60 m de largeur au plafond, 2 m de profondeur au-dessous de l'étage conventionnel.
Hauts-fonds rocheux de Kozla et Dojke (14 km,8 en aval de Stenka).	Creusement d'un chenal de mêmes largeur et profondeur mais d'une longueur de 2 100 m.
Obstacles connus sous les noms d'Islas-Tachtalia et Greben (9 km. en aval de Dojke).	Creusement d'un chenal de mêmes largeur et profondeur que ci-dessus franchissant les rapides d'Islas-Tachtalia. Construction depuis la pointe de Greben jusqu'au village de Milanovac d'une digue de resserrement longeant la rive serbe à une distance de 350 m pour augmenter le tirant d'eau du chenal de navigation.
Cataracte de Jucz (7 km,8 plus en aval).	Creusement d'un chenal. Construction d'un barrage partant en aval de Jucz et touchant la rive droite à Columbia.
Portes de fer proprement dites (au delà de la frontière hongroise).	Etablissement d'un canal ouvert, long de 2 200 m.

La dépense totale étant évaluée à 9 000 000 de florins, cette somme fut mise à la disposition du Gouvernement par la loi XXVI de 1888.

Les travaux commencèrent en 1889.

(1) Un traité signé à Londres le 13 mars 1871 avait autorisé les Puissances riveraines à procéder aux travaux de régularisation dont il s'agit. Le traité de Berlin (13 juillet 1878) confia l'exécution de ces travaux à l'Autriche-Hongrie. Enfin, les négociations entre les deux pays aboutirent à charger la Hongrie desdits travaux, moyennant le droit, conféré par le traité de Londres et confirmé par celui de Berlin, de percevoir des taxes de péage jusqu'à concurrence de la somme dépensée.

Des modifications et additions furent apportées au projet primitif, au cours de l'exécution des travaux. Leur approbation fit l'objet de la loi XXXII de 1892.

L'ensemble des travaux de la régularisation des Portes de fer fut achevé en 1898. La dépense totale a atteint la somme de 18 600 000 florins.

Travaux complémentaires sur la partie comprise entre Duna-Radvany et O'Moldova. — Malgré les travaux importants et d'un coût élevé exécutés sur le Danube, on n'avait pas réussi à mettre la navigation à l'abri de toute difficulté. Il se présentait toujours des banquises sur le parcours de Radvany à Moldova. Or, la navigation ayant été rendue possible, même en temps de basses eaux, sur le Danube supérieur et sur le Bas-Danube, il était tout indiqué d'élaborer un plan d'ensemble des travaux de nature à assurer la navigation et le charriage des glaces dans la partie du fleuve réunissant ces deux sections.

Ce plan, dressé d'après les études faites de 1880 à 1890 par les Bureaux fluviaux et la Section hydrographique de la direction du Service des Eaux fut approuvé par la loi XLVIII de 1893. Il comporte en substance :

(a). — Fixation du lit du fleuve : la largeur du lit a été déterminée en admettant qu'après régularisation, le fleuve devait offrir à la navigation une profondeur d'eau minimum de 3 m en moyenne, et qu'au moment du niveau moyen des eaux, cette largeur devait être de :

450 m de Duna-Radvany à l'embouchure de la Theiss,

600 m de l'embouchure de la Theiss à celle de la Save,

et 700 m de la Save à O'Moldova.

Nous ferons remarquer cependant que dans le tracé du lit non seulement on tenait compte de la largeur normale requise, mais qu'on s'attachait aussi à éviter les profondeurs trop grandes pour ne pas augmenter le coût des digues submersibles;

(b). — Etablissement de coupures pour la suppression des courbes brusques ;

(c). — Désignation de 19 points sur lesquels seront établis successivement des ports et des refuges pour la navigation.

Le plan en question prévoit encore que pour la sécurité de la capitale et la protection de l'île de Csepel et du bras de Soroksar, la digue insubmersible de l'île de Csepel devra être construite tout le long du bras

de Promontor afin que les crues — quelle que soit la hauteur des eaux — ne puissent déborder de ce bras et que l'évacuation des glaces se fasse également de ce côté. Toutefois la dépense afférente à ce travail n'incombant pas à l'État, n'entre pas dans le montant du devis du projet d'ensemble dont nous nous occupons.

Les coupures, dragages, barrages, digues submersibles et travaux de protection des berges portaient sur le plan général des numéros d'ordre de 1 à 136. L'exécution de ces travaux, qui devait entraîner une dépense de 28 000 000 florins, était répartie sur 10 années.

Ce plan fut approuvé par le Ministre de l'Agriculture à qui les crédits nécessaires pour la mise à exécution furent accordés par la loi XLVIII de 1893.

L'article 1^{er} de cette loi prévoit pour les travaux de régularisation à exécuter jusqu'en 1907 sur le Danube entre Duna-Radvány et Bazias la somme de 20 000 000 de florins.

L'article 2 alloue un crédit de 31 000 000 de florins pour les travaux urgents de régularisation et les constructions de ports à terminer jusqu'en 1907 sur la section du Danube entre Deveny et Duna-Radvány, ainsi que sur divers affluents, dont la Theiss.

Les travaux de régularisation du Danube central sont en cours d'exécution. L'amélioration du cours du fleuve depuis Deveny jusqu'à Bazias est en partie réalisée.

Jusqu'à la fin de 1898, l'État a dépensé, pour les travaux de régularisation du Danube, la somme de 42 181 000 florins (non compris la dépense afférente à la régularisation des Portes de Fer). Les crédits votés par la loi XLVIII ci-dessus ne figurent dans cette somme que jusqu'à concurrence des dépenses réellement faites avant la fin de l'année 1898.

IV. — *Travaux de régularisation sur la Theiss.*

La Theiss, bien qu'étant un affluent du Danube, forme avec ses propres tributaires un bassin tout à fait indépendant d'une superficie de 137 000 km², presque égale à celle (170 000 km²) du bassin du Danube en Hongrie.

Le parcours de la Theiss jusqu'au Danube se développe sur 1211 km. avec une pente de 0^m,0368 par kilomètre.

Sa grande profondeur et sa faible pente permettent d'assimiler la Theiss à un immense réservoir dans lequel les crues de la Haute Theiss et de ses affluents viennent s'accumuler en une seule crue.

Les débits de ce cours d'eau sont indiqués ci-dessous :

POINTS CONSIDÉRÉS	DÉBITS en m ³ par seconde.	
	A L'ÉTIAGE	AUX HAUTES EAUX
Vásaros Namény	60	3 600
Tokaj	100	4 200
Sloznok	100	3 300
Szegedin	200	3 800

L'impulsion à la mise en œuvre de la régularisation fut donnée par l'inondation de 1843.

Les travaux commencèrent en 1846; ils ont consisté (en ce qui concerne le lit mineur) dans l'exécution de coupures — au nombre de 112 — qui ont réduit le parcours de la rivière de 433 km., soit de plus d'un tiers du parcours total et qui ont eu pour effet de relever la pente de l'étiage ainsi qu'il est indiqué au tableau ci-après :

POINTS CONSIDÉRÉS	PENTE PAR KILOMÈTRE	
	AVANT LA RÉGULARISATION	APRÈS LA RÉGULARISATION
de Tioza Ujlak à Tokaj	0,078	0,123
de Tokaj à Csongrad	0,025	0,046
de Csongrad au Danube	0,021	0,027

Au début, les coupures furent pratiquées avec de faibles dimensions : profondeur variant de 3^m,40 à 1^m,58 au-dessus de l'étiage avec une largeur au plafond de 7^m,59 à 15^m,70; on laissa à la force du courant le soin de les développer dans la mesure convenable.

Ce résultat fut atteint, surtout dans la section supérieure du cours d'eau; il n'en fut pas de même dans la partie inférieure : un certain nombre de coupures s'élargissaient fort lentement, quelques-unes même s'envasaient; aussi, le Gouvernement qui avait pris à sa charge les dépenses de régularisation du lit (1) prit-il le parti, en 1880, d'affecter

(1) Depuis la promulgation du décret du 16 juin 1850. Antérieurement à ce décret lesdites dépenses incombait aux intéressés.

des sommes de plus en plus considérables au déblaiement et au dragage des coupures et de porter à 43 m la largeur de celles creusées en aval de Csongrad.

Nous aurons donné une idée de l'importance des travaux exécutés pour le creusement et l'élargissement des coupures quand nous aurons dit qu'on a dépensé pour cet objet :

de 1846 à 1880.	8 435 345 florins
— 1880 à 1890.	2 963 772 —

Travaux complémentaires proposés par la Direction des Eaux et en cours d'exécution. — En 1891, dans un rapport où il était rendu compte des résultats fournis par les travaux déjà exécutés, la Direction des Eaux, partant de ce principe que l'écoulement des crues dépend du développement des coupures et de leur transformation en lit principal, insista pour l'élargissement de 90 coupures par des procédés mécaniques. Ce travail eût occasionné une dépense de 29 000 000 de florins.

Toutefois, tenant compte de ce fait que la force érosive du courant prend à sa charge une partie de l'effort à faire pourvu que la coupure soit esquissée dans une certaine mesure ⁽¹⁾, la Direction proposa de ne procéder que successivement à l'élargissement des coupures et dans un délai de 10 à 12 ans. Ce mode de procéder réduisait la dépense à 11 651 385 florins.

Des opérations effectuées en 1886 par la section hydrographique avaient permis de constater ce fait très important que la ligne de fond de la Theiss s'est abaissée sur plus de la moitié du parcours de la rivière et que la section du lit a augmenté sur plus des 3/4 de ce parcours; en résumé, que depuis la régularisation, la Theiss a approfondi et creusé son lit toute seule. Cette constatation que l'état actuel du lit ne peut être considéré comme permanent et parfaitement équilibré amena d'autre part la Direction des Eaux à conclure que le moment de consolider les berges n'est pas encore arrivé. Toutefois, on a admis la nécessité d'une correction définitive dans les cas suivants :

1° Lorsque la correction est susceptible d'activer l'écoulement des hautes eaux;

2° Lorsqu'elle est exigée par les intérêts de la navigation;

(1) Des expériences ont en effet montré que sur la section en amont de Csongrad, le courant entre en action si la coupure a été creusée par des moyens artificiels jusqu'à concurrence de 50 0/0 des dimensions du lit principal, et qu'en aval de Csongrad, on n'obtient ce même effet que si les coupures sont établies dans la proportion de 75 0/0 du lit principal.

3° Lorsqu'une calamité ne compromettant ni l'écoulement des hautes eaux ni la navigabilité de la rivière a cependant un caractère local assez grave pour rendre la correction inévitable.

Les travaux jugés nécessaires d'après ces considérations et les études faites de Tisza Ujlak à Titel comportent un devis de 6 071 034 florins.

Dans la section supérieure de la rivière, ils ont pour but de s'opposer à la formation de nouvelles courbes dans les berges du fait de la force érosive des eaux; sur les sections moyennes et inférieures, ils tendent plutôt à améliorer la navigation.

Une loi III de 1894, intervenue sur l'initiative du Ministre de l'Agriculture qui avait adopté les propositions ci-dessus mentionnées, a alloué pour les nouveaux travaux de régularisation à exécuter sur la Theiss, un crédit de 17 000 000 de florins.

Les travaux sont en cours d'exécution.

Jusqu'à la fin de 1898, l'Etat avait dépensé pour la correction du lit de la Theiss une somme de 26 083 000 florins.

Le crédit de 17 000 000 accordé par la loi de 1894 n'entre dans ce total que jusqu'à concurrence des sommes réellement dépensées avant la fin de l'année 1898.

V. — Travaux d'endiguement en Hongrie.

Jusqu'ici, ainsi qu'on a pu le voir, nous nous sommes borné à mentionner ce qui avait été fait pour la régularisation et la correction du lit mineur; nous allons maintenant donner quelques indications sur les travaux exécutés dans le lit majeur pour la limitation du champ d'inondation dans les vallées du Danube et de la Theiss et pour la protection de certaines localités, les plus importantes ou les plus menacées.

La législation hongroise contemporaine (loi XIV de 1884 concernant spécialement la Theiss, loi XXIII de 1885 ou Code des eaux) a confié aux Sociétés des riverains intéressés l'exécution des travaux se rattachant à la défense contre les inondations. Elle a conféré toutefois à l'Etat la faculté de diriger ces travaux suivant des vues d'ensemble et l'a mis ainsi à même d'appliquer la méthode la plus convenable pour atteindre le but cherché.

Les Sociétés des riverains ne se bornent pas à protéger leurs territoires contre les inondations; elles s'appliquent également à l'évacuation des eaux riveraines. Aussi, ont-elles construit non seulement des digues, mais encore des rigoles de dérivation, des écluses et des établissements éleveurs pour déverser ces eaux en cas de crue. Elles disposent, pour

la majeure partie, d'un réseau téléphonique qui facilite le service des renseignements et la transmission des ordres.

Le cadre restreint de cette notice ne nous permet pas d'entrer dans les détails pourtant fort intéressants de l'organisation et du fonctionnement des Sociétés. Nous nous bornerons à dire que les règlements de défense précisent d'une façon rigoureuse les fonctions de tous (Directeur, Ingénieur en chef, Ingénieurs de section, Membres du comité de défense, Fonctionnaires de l'administration, Gardiens de digues, etc.) et que le moment du danger trouve chacun à sa place.

D'autre part, le service de la prévision des crues a été organisé avec un soin parfait par la section hydrographique de la Direction nationale des Eaux : les sociétés des sections inférieures des rivières sont donc avisées plusieurs jours à l'avance de la hauteur présumée de la crue.

Cette savante organisation de la défense, les puissantes dimensions adoptées pour la construction des digues ne constituent toujours pas une garantie absolue contre les ruptures de digues, ruptures qui pourraient amener la submersion d'une partie de la plaine, sinon de sa superficie entière. Aussi, pour prévenir les catastrophes qui seraient la conséquence de cette éventualité, un certain nombre de grandes villes et communes riveraines du Danube et de la Theiss ont-elles été entourées de véritables ceintures de digues.

VI. — *Travaux d'endiguement sur le Danube.*

Dans le bassin du Danube, les riverains ont formé jusqu'à ce jour, 23 sociétés d'endiguement.

Ainsi que nous l'avons déjà exposé, ce sont les crues causées par les banquettes qui sont les plus importantes au point de vue du niveau atteint par les eaux. C'est donc d'après la hauteur de ces crues qu'ont été déterminées les dimensions des digues de protection. Les données principales des profils de ces digues sont indiquées dans le tableau ci-après.

DÉSIGNATION des sections	CRUE d'après laquelle est déterminée la hauteur de la digue	HAUTEUR au-dessus du niveau maximum de la crue	LARGEUR du couronnement	TALUS		OBSERVATIONS
				du côté de l'eau	du côté intérieur	
De Devény jusqu'à Zebégny (petite commune près de Vacz).	1897	(a) 1 m	4 m	1/3	(b) 1/2	(a) A la suite des hautes eaux de 1899 la hauteur de la digue a été portée de 4 m à 4 m,50.
De Zebégny à Baja	1897	1 m	4 m	1/3	(c) 1/2	
De Baja à Ujvidek	1897	1 m	5 m	1/3	(d) 1/2	(f) Cette hauteur est commandée par ce fait que dans cette section il y a encore de vastes plaines non endiguées.
D'Ujvidek à O'Moldova.	1897	(f) 1,40 à 2 m	6 m	1/3	(g) 1/2	

(b) Du côté de l'intérieur il est établi une banquettes de renforcement ayant :

Pour les digues de plus de 2 m et jusqu'à 1 m en dessous du niveau maximum :
4 m d'épaisseur.

Pour les digues de plus de 3 m et jusqu'à 2 m en dessous du niveau maximum :
4 m d'épaisseur.

Pour chaque mètre de hauteur de digues on plus on établit une banquettes de mêmes dimensions.

(c) L'épaisseur de la banquettes de renforcement a été réduite de 4 à 3 m.

(d) — — — — — est de 4 m.

(g) — — — — — est de 4 m avec une pente de 1/3 du côté intérieur.

L'importance des travaux exécutés par les vingt-trois sociétés de la vallée du Danube est indiquée ci-après :

Longueur totale des digues	2 136 km.
Superficie des terrains d'inondation (en arpents cadastraux) (1).	1 838 165 arpents cadastraux
Longueur totale des rigoles de dérivation	1 092 km.
Nombre et importance des établissements éleveurs construits le long des digues : 27 évacuant par seconde	39 055 litres d'eau
Dépenses faites jusqu'à la fin de 1898	44 912 374 florins
Contribution annuelle de l'Etat aux frais d'administration et d'entretien des ouvrages de défense	726 916 „,94

Enfin, des ceintures spéciales de digues ont été établies pour la protection des villes de Budapest, Győr, Komárom, Esztergom, Baja et Mohács.

(1) L'arpent cadastral équivaut à 0^h,575.

VII. — *Travaux d'endiguement sur la Theiss.*

Dans le bassin de la Theiss, on compte à ce jour 41 sociétés d'endiguement.

Les dimensions adoptées pour les profils normaux des digues sont sensiblement les mêmes que celles que nous avons indiquées ci-dessus pour la vallée du Danube.

On a ici (ce qui n'a pas été fait pour le Danube) fixé une distance normale à observer entre les digues des deux rives. Cette distance est de 760 m en amont de Csongrad et de 800 m en aval de cette ville; toutefois, cet écart a été considérablement modifié selon les conditions locales tant en amont qu'en aval, en sorte qu'on rencontre dans les endiguements toute une série de defilés et de baies.

On a de plus (loi III de 1894) fixé la largeur de la partie du lit majeur sur laquelle ne doivent être tolérés ni arbres, ni arbustes; cette largeur varie de 170 m à Tisza Ujlak pour arriver à 500 m au confluent avec le Danube, savoir :

De Tisza-Ujlak au confluent de la Szamos	170 m.
du confluent de la Szamos à Csap	250 —
de Csap à Tokaj	270 —
de Tokaj au confluent de la Sajó	300 —
de l'embouchure de la Sajó à Tisza Fured	350 —
de Tisza Fivied à Csongrad	380 —
de Csongrad à Szegedin	400 —
de Szegedin au Danube	500 —

L'importance des travaux exécutés par les sociétés est résumée ci-dessous :

Longueur totale des digues	3 077 km.
Superficie des terrains d'inondation (en arpents cadastraux)	3 566 894 arpents cadastraux
Longueur totale des rigoles de dérivation	5 265 km.
Nombre et importance des établissements éleveurs construits le long des digues; 49 évacuant par seconde	63 146 litres d'eau.
Dépenses faites jusqu'à la fin de 1898	106 576 928 florins
Contribution annuelle de l'Etat aux frais d'administration et d'entretien des ouvrages de défense	1 591 035 ^{fl.} 73

Comme travaux spéciaux à la défense des villes, nous mentionnerons d'abord ceux très importants exécutés pour la protection de la ville de Szegedin, bouleversée par la catastrophe de 1879.

Nous trouvons d'abord un quai de 1500 m bordant la Theiss et une

digue de ceinture enserrant la ville. Cette digue se développe sur 10^{km},369 ; elle est élevée de 1^m,50 au-dessus du niveau maximum de la crue de 1881 et son couronnement a une largeur de 6 m ; ses talus ont une inclinaison de 1/4 du côté de l'eau et de 1/2 du côté de la ville ; enfin, une digue de renforcement de 4 m d'épaisseur élevée jusqu'à 1^m,50 en contre-bas du point culminant des eaux est établie de ce dernier côté.

Outre cette digue de ceinture, on a encore construit deux digues du côté d'Algyô. En aval d'Algyô, c'est la digue longitudinale d'une des sociétés qui protège la ville.

Enfin des digues particulières protègent encore les villes de Hodmezo-Vasarhely, Csongrad, Bekès-Csaba et en partie les villes ou bourgs de Bekès-Gyula, Bekès, Dobos, Koros Tarsa, Menzo-Bereny, Koros Ladany, Szarvas, Gyoma, Rekas, Szolnok, Martonos, Poroszlo, Arad et Mikelaka.

VIII. — Résultats des travaux.

Pour terminer, nous indiquerons en quelques mots les résultats fournis par les travaux qui viennent d'être mentionnés.

A. — Comme nous l'avons dit, les travaux ont été surtout exécutés dans l'intérêt de l'agriculture. On peut estimer à 6 millions d'arpents cadastraux l'étendue des terres protégées sur le territoire hongrois au moyen de digues insubmersibles et qui, avant les travaux, étaient, sinon complètement inutilisables, du moins ne pouvaient servir que comme prairies ou paturages.

B. — La correction systématique du lit mineur du Danube a exercé une influence extrêmement favorable sur le régime de l'écoulement des eaux, en empêchant la formation des banquises et en facilitant le charriage des glaçons. Nous avons précisé toute l'importance de ce résultat en mettant en regard dans un des tableaux qui précèdent la hauteur des crues selon qu'elles se produisent avec ou sans banquise.

C. — Les régularisations systématiques ont amené l'augmentation de la profondeur des basses eaux, ce qui a amélioré sérieusement les conditions de la navigation.

D. — Les nombreuses coupures pratiquées, en augmentant la pente des cours d'eau, ont eu pour conséquence le creusement du lit et la baisse du niveau des basses eaux.

E. — Malgré les importantes coupures exécutées, le niveau des hautes eaux s'est relevé sensiblement par suite de l'établissement de digues insubmersibles dans le lit majeur.

Ce phénomène s'est surtout manifesté dans le système de la Theiss, où, en 1895, à Szegedin, on a constaté, avec une crue dont le niveau atteignit 8^m,84, une hausse de 2^m,70 par rapport à la crue extraordinaire de 1830 et de 1^m,93 par rapport à la crue de 1855.

Cet exhaussement du niveau des hautes eaux a pour effet, en raison de la faible pente des terrains, de menacer, en cas de rupture des digues, des terrains qui n'étaient pas précédemment menacés par les hautes eaux.

F. — La durée des crues de la Theiss, s'est trouvée notablement réduite, et ce fait est important si l'on considère que, sur la section inférieure du cours d'eau, les hautes eaux mettaient souvent des mois entiers à s'écouler.

Ajoutons encore que la grande réduction du cours des principales rivières hongroises n'a pas favorisé l'encombrement des cours d'eau par des matières solides, aucun des affluents du Danube et de la Theiss, (exception faite du Maros, qui amène à la Theiss des quantités considérables de sable à gros grain) n'apportant à son récipient ni graviers, ni cailloux.

Cette particularité s'explique par ce fait que la sévérité de la loi forestière hongroise a préservé dans leur ensemble les forêts des hautes montagnes et assuré leur conservation.

On exécute, d'ailleurs, dans les régions de collines, des travaux de consolidation des pentes déboisées et d'extinction de torrents.

Canalisation de la Moldau et de l'Elbe en Bohême.

La Commission pour la canalisation de la Moldau et de l'Elbe en Bohême a pris une part très importante à l'Exposition universelle, en mettant sous les yeux des Ingénieurs, par des modèles nombreux et par des dessins très nets et présentés avec beaucoup d'art, les travaux grandioses et instructifs à tous points de vue qui s'exécutent ou sont projetés pour améliorer les conditions de la navigation sur la Moldau et l'Elbe dans la partie comprise entre Prague et Aussig.

L'œuvre entreprise par les Ingénieurs de la Bohême est intéressante

DÉSIGNATION DU COURS D'EAU	PARCOURS	Longueur du parcours	PENTE PAR KILOMÈTRE	SUPERFICIE DU BASSIN jusqu'à la limite du parcours	DÉBIT EN M ³		
					minimum	moyen	maximum
Petit Elbe. . .	De la source à Melnik . . .	378	0,40 à 0,39	13 741	1 à 19	2 à 35	250 à 1 100
Grand Elbe . .	De Melnik à la frontière . .	106	0,27 à 0,39	51 361	43 à 49	114 à 136	4 700 à 5 600
Moldau supérieure	De la source à Budweis. . .	189	0,22 à 2,80	2 858	3	26	1 300
Moldau moyenne.	De Budweis à Prague . . .	192	1,10 à 0,30	26 637	17 à 20	40 à 68	2 500 à 3 970
—	De Prague à Karolinenthal (faubourg de Prague) . . .	4	1,50	»	21,5	69	3 970
Moldau inférieure.	De Karolinenthal à Melnik. .	51	0,50	28 068	21,5	69	3 970

à signaler non seulement à cause des dispositions nouvelles que la technique moderne a permis d'adopter, mais aussi parce qu'il est possible que ce travail constitue la première étape du projet, plusieurs fois séculaire, du canal du Danube à l'Elbe, lequel intéresse deux grands États de l'Europe centrale : l'Autriche et l'Allemagne.

I. — *Hydrographie de la Bohême.*

La Bohême, sous le rapport hydrographique, forme un ensemble complet et approprié tel qu'on n'en trouve pas d'autre exemple.

Le cercle de hautes montagnes coïncidant presque avec les limites de ce pays, forme un bassin occupé par un réseau de cours d'eau à mailles serrées s'évacuant vers le Nord par une seule sortie.

L'artère principale est l'Elbe, venant de l'Est, et qui, à Melnik (50 km. en aval de Prague) reçoit la Moldau. Toutefois, cet affluent a plus d'importance que l'Elbe avant Melnik et l'on serait tenté de prendre la Moldau au lieu de l'Elbe comme artère principale, non seulement au point de vue du développement du parcours et de l'importance des cours d'eau, mais aussi au point de vue de l'allure concourante de la Moldau vers l'Elbe.

En amont de Melnik, l'Elbe est appelé « Petit Elbe » et en aval de cette ville « Grand Elbe. »

Le tableau ci-contre donne les divers renseignements hydrographiques sur les deux cours d'eau importants de la Bohême.

De ces cours d'eau, le Petit Elbe et la Moldau supérieure sont flottables, tandis que le Grand Elbe et la Moldau moyenne et inférieure sont navigables.

Plusieurs affluents de la Moldau (la Malsch, la Lüznn, la Wottawa et la Sazawa), sont flottables.

II. — *Historique du développement du flottage et de la navigation sur la Moldau et sur l'Elbe en Bohême.*

L'utilisation des deux voies navigables de Bohême remonte à une époque très reculée. Les matières transportées consistaient en bois des forêts bohémiennes et en différents produits importés, notamment le sel importé de la Saxe par l'Elbe ou provenant des salines autrichiennes et embarqué sur la Moldau pour l'intérieur du pays.

Le transport du sel sur la Moldau, de Budweis ou de Moldautein,

eut lieu d'abord par radeaux; vers l'an 1595, le sel parvint par bateau jusqu'à Prague.

En 1631, quelques bateaux saxons remontèrent jusqu'à Prague, et établirent ainsi un trafic direct, par voie fluviale, entre Prague et Hambourg. Sur la Moldau supérieure, par suite des droits excessifs qui frappaient le sel étranger et en interdisaient même le trafic par l'Elbe et le Danube, le trafic du sel indigène alla toujours croissant; le transport de cet article s'effectuait comme surcharge des radeaux de flottage jusqu'à Moldautein où il était transbordé dans des bateaux. Sur la Moldau moyenne, la navigation prit un plus grand essor en 1829, grâce à l'achèvement, à cette époque, du chemin de fer, à traction de chevaux, de Linz à Budweis.

Les travaux de régularisation du parcours Stèchowic-Prague entrepris sur une grande échelle de 1850 à 1860 avaient eu pour résultat de faire faire un essai de navigation à vapeur sur cette partie du fleuve. Après les derniers dragages de 1865, un service régulier fut installé et l'on compta, sur l'itinéraire précité de 28 km. de longueur, jusqu'à 16 bateaux à vapeur transportant annuellement, tant à la descente qu'à la remonte, plus d'un million de voyageurs.

Dans la banlieue de Prague, sur 5 km. environ, le fleuve est interrompu par cinq barrages que franchissent les radeaux, mais qui contrarient le trafic des voyageurs et des marchandises.

Sur la Moldau inférieure et l'Elbe bohémien à l'aval de Melnik, le trafic par eau fut beaucoup plus lent à se développer. Il acquit plus d'importance vers 1816, lorsque les États riverains de l'Elbe signèrent la charte de navigation de l'Elbe qui affranchissait la batellerie de la presque totalité des droits, sauf ceux de douane; c'est à cette époque que la Compagnie des bateaux à voile de Prague établit le trafic entre Prague et Hambourg.

Jusqu'en 1822, la remonte de l'Elbe depuis Hambourg jusqu'à la Bohême se faisait à bras d'homme, l'aménagement des rives ne permettait pas la remorque par chevaux. Cette remonte durait six semaines.

En 1844, la navigation à vapeur débuta sur la Moldau (par hautes eaux), et un service de voyageurs fut installé entre Dresde et Prague; mais par suite de la création des chemins de fer Austro-Hongrois, ce service resta limité entre Dresde et Leitmeritz; depuis lors, des bateaux à vapeur parcourent l'Elbe pour la remorque.

Les années suivantes furent consacrées à de grands travaux de rectification de l'Elbe ; cette voie fut approfondie, endiguée et débarrassée de ses barrages ; il en résulta un développement considérable du trafic (voir le tableau ci-après). Ce développement s'accrut encore après 1872, à la suite de l'abolition des derniers péages.

Comme corollaire de ce développement, la capacité des embarcations a suivi une progression toujours croissante. En 1842, les bateaux de l'Elbe mesuraient 40 m de long et 5 m de large et jaugeaient 150 t ; aujourd'hui, ils jaugeant de 750 à 800 t, et l'on construit des bateaux de plus de 70 m de longueur, d'une largeur de 11 m et d'un tirant d'eau de 2 m.

Les embarcadères et les entrepôts ont dû être agrandis. L'embarcadère construit à Aussig, en 1839, mesure une longueur de 6 km., celui de Schoenpriesen, 870 m, celui de Rosawitz, 1200 m, et celui de Laube, près de Tetschen, mesurant 3 km., doit être agrandi.

L'on se fera une idée du mouvement à Aussig, si l'on considère, qu'en 1896, ce port a été fréquenté par 6121 bateaux en chargement jaugeant 1 990 690 t ; en tenant compte des bateaux de passage chargés sur d'autres points et des vapeurs qui touchent à Aussig, on peut assurer que le mouvement du port se chiffre annuellement par 15 000 bateaux.

Il va de soi que les installations des Compagnies de chemins de fer ont suivi l'essor du trafic par eau. La gare fluviale d'Aussig, de la ligne Aussig-Treplitz, couvre un espace de 51 hect. ; elle a 2 km, 100 de longueur et possède 47 voies d'un développement total de 57 500 m.

Notons aussi que les travaux de rectification de l'Elbe exécutés en 1886, permirent de prolonger jusqu'à Melnik le touage par chaîne qui se faisait déjà jusqu'à Aussig depuis 1812.

Sur la Moldau, par suite des conditions défavorables, la batellerie n'a pu atteindre des résultats comparables à ceux obtenus sur l'Elbe ; par contre, le flottage sur la Moldau et ses affluents a conservé sa prépondérance.

Le tableau ci-après donne un aperçu du mouvement de la batellerie (flottage exclu) sur la Moldau inférieure, et montre l'expansion de la navigation et du flottage sur l'Elbe, à partir de l'année 1822.

DÉSIGNATION DU COURS D'EAU	SENS DE LA NAVIGATION	1882	1890	1894	1896	1897
Moldau	Descente.	23 189 ^t	26 219 ^t	55 224 ^t	86 513 ^t	35 871 ^t
En aval de Prague.	Remonte.	6 828	10 702	16 116	19 267	21 520
TOTAUX		30 017	36 921	71 340	105 780	57 391

NOTA : Le flottage sur ce parcours a été de 254 000^t en 1897.

DÉSIGNATION DU COURS D'EAU	ANNÉES	TRANSPORTS PAR BATEAUX			FLOTTAGE	TOTAUX
		descente	remonte	ensemble		
Elbe	1822	12 278 ^t	1 918 ^t	14 196 ^t	5 514 ^t	19 710 ^t
	1855	170 245	17 451	187 696	113 328	301 024
	1870	448 402	48 293	496 695	126 200	622 895
	1880	1 208 995	49 125	1 258 120	157 203	1 415 323
	1890	2 496 652	267 534	2 764 186	246 493	3 010 679
	1899	2 890 574	429 031	3 319 605	»	»

III. — Travaux d'amélioration de la Moldau inférieure et de l'Elbe, antérieurement aux travaux de canalisation actuels.

Dès 1838, l'on entreprit un travail d'ensemble de régularisation de la Moldau de Prague à Melnik afin de permettre à la navigation à vapeur de s'établir jusqu'à Prague. Il s'agissait de faire disparaître quelques moulins, d'adoucir quelques rapides et d'amener un tirant d'eau continu de 0^m,96 sous le plan d'eau normal.

Sur l'Elbe, la Commission formée en exécution des décisions du Congrès de Vienne (9 juin 1815), des délégués de tous les États riverains de l'Elbe, avait ordonné, lors de sa seconde réunion en 1842, l'exécution des travaux nécessaires pour donner à ce fleuve, en aval de Melnik, une profondeur de 0^m,937.

En 1873, il fut décidé, pour l'Elbe et la Moldau, des travaux de concentration réduisant le chenal à une largeur de 76 m.

Les travaux d'amélioration exécutés dans les dernières années précédant la période des travaux en cours d'exécution ont donc consisté en

régularisation des rives et resserrement du lit mineur au moyen de digues submersibles parallèles, ainsi qu'en dragage et dérochement de la passe navigable.

Les digues ont été exécutées en terre et gravier et revêtues d'un blocage en moellons bruts présentant une inclinaison de 3/2 du côté du fleuve et de 2/1 à 3/1 de l'autre côté; leur hauteur dépasse de 0^m,30 à 0^m,60 le niveau d'eau normal. Entre Prague et Melnik, la largeur du plafond varie de 57 m à 66^m,50.

Les rives furent consolidées par des perrés reposant sur pilotis ou sur blocs de grès, et des chemins de halage d'une largeur de 2^m,50 à 3 m, surélevés de 2 m à 2^m,50 au-dessus du plan d'eau normal, furent établis.

Les dragages creusèrent une cunette de 40 m avec une hauteur d'eau de 1^m,50.

Comme complément de ces travaux, il faut citer le rachat des moulins, la démolition des barrages, la disparition des usines flottantes et la création ou l'agrandissement de ports, rivages, embarcadères et haltes ainsi que de bassins d'hiver.

IV. — *Canalisation de la Moldau inférieure et de l'Elbe.*

Malgré les travaux de régularisation et de concentration, le régime des cours d'eau ne permit pas d'assurer un trafic constant, tant à cause des inégalités de pente dans le profil en long et de la configuration du lit en profil en travers qu'à cause du manque d'eau intermittent.

En temps d'étiage, sur la Moldau, les petits bateaux de 200 à 300 t. ne peuvent charger qu'une minime partie de leur jaugeage, et l'accès des grands bateaux de l'Elbe de 500 à 600 t. est impossible.

C'est ainsi qu'en 1893, la période du trafic des bateaux de 280 t. ayant duré 267 jours, la navigation eut lieu :

à pleine charge pendant	20 jours
à 3/4 charge pendant	14 —
à 1/2 charge pendant	14 —
à 1/4 charge pendant	68 —
à 1/8 charge pendant	113 —
les transports ont été suspendus pour fortes eaux pendant.	3 —
et pour basses eaux, pendant.	35 —
Total.	267 jours

Les bateaux de l'Elbe de 400 à 500 t. ne purent naviguer à pleine charge que pendant 17 jours.

Il était donc évident que la méthode adoptée donnait un résultat insuffisant, car un service de transports par eau ne peut prendre de l'expansion que si le régime du fleuve permet de naviguer, sinon à pleine charge, du moins avec la plus grande partie. C'est à cette condition que la batellerie peut vivre et que le frêt peut se réduire, et là où cette condition manque, le trafic en grand ne peut s'établir.

Si on voulait permettre à la navigation de prendre, sur les rivières de Bohême, le développement qu'elle avait pris sur l'Elbe inférieur, on devait abandonner la méthode suivie et recourir à une canalisation bien étudiée.

Pourtant une certaine discordance de vues et des circonstances particulières qui empêchaient de pouvoir apprécier la notable influence sur le pays de posséder des voies navigables rationnelles firent qu'un projet présenté à la Chambre des députés fut rejeté en 1891.

Mais les Chambres de commerce de Dresde, de Prague et de Reichenberg s'emparèrent de la question et lui firent faire un pas décisif.

Un Comité, constitué par ces Chambres, ouvrit un concours, dans le courant de 1893, pour la présentation d'un projet général de canal du Danube à la Moldau et à l'Elbe. Plusieurs projets furent présentés parmi lesquels celui de la Société A. Launa, de Prague, réunit les suffrages. Cette Société ne se bornait pas à l'élaboration d'un projet général d'un canal du Danube à Budweis, mais présentait, en même temps, un projet de canalisation de la partie Budweis-Prague-Melnik et Melnik-Aussig. Il résultait de là que la canalisation de la Moldau inférieure et de l'Elbe était le point de départ du projet.

Porté devant la Chambre des députés, le projet de la Société A. Launa donna lieu à une violente discussion, et finalement la Chambre décida la continuation des études en prenant pour base l'avant-projet de ladite Société.

Par dépêche du ministère de l'Intérieur en date du 12 août 1893, il fut ordonné de fixer définitivement les bases de la canalisation pour la partie comprise entre Prague et Aussig et de poursuivre les études du parcours au delà.

Nous donnons ci-dessous un extrait du mémoire à l'appui de l'avant-projet A. Launa en ce qui concerne la partie Prague-Aussig.

V. — *Projet général de la Société A. Launa,*
entrepreneur de travaux hydrauliques à Prague.

A. — *Section de la Moldau-Prague-Melnik.*

Longueur.—Pente.—Débit.—Durée annuelle de la navigation.—

La section de la Moldau entre Prague et Melnik a une longueur de 51^{km},390 avec une différence de niveau totale de 28^m,50 donnant une pente moyenne de 0^m,50 environ par kilomètre.

(La banlieue de Prague n'est pas comprise dans ce parcours: la canalisation dans cette partie fait l'objet d'un projet spécial émanant de la Ville et de l'État).

Le parcours Karolinenthal-Melnik est endigué sur une largeur normale de 60 m; les digues servent à la fois de chemin de halage et d'ouvrages de concentration des eaux; la digue de halage est surélevée de 2^m,20 à 2^m,50 au-dessus du plan d'eau normal.

Le débit d'étiage (— 0,70 au repère de Karolinenthal) est de 22 m³.

En admettant que la navigation soit encore praticable avec une hauteur d'eau de + 1,70 au repère de Karolinenthal, on peut compter sur 250 jours de navigation en tenant compte des gelées et des hautes eaux estivales.

La passe serait donc praticable en établissant les barrages jusqu'au niveau + 1,70 au repère de Karolinenthal.

A ce niveau, le débit du cours d'eau est de 567 m³.

Base des Améliorations. — 1°

2° Le cours d'eau sera partagé en biefs aussi longs que possible, l'emplacement des barrages étant choisi en tenant compte du niveau des terrains riverains et en sauvegardant les intérêts de l'agriculture. Pour cela, on adoptera pour principe de ne surélever le plan de la nappe d'infiltration souterraine que jusqu'à 0,80 ou 1 m dans les champs emblavés de céréales, et de 0,50 dans ceux couverts de prairies.

3° Pour l'installation du chenal navigable, l'on devra, en principe, si la longueur de la section et le niveau d'eau s'y prêtent, utiliser les dérivations et les îles existantes ou nouvellement créées.

.

5° Le choix des barrages répondra aux nécessités des parcours et ils seront agencés de façon à n'apporter aucune entrave au débit du cours d'eau et à retenir les atterrissements formés par les hautes eaux.

6° Des dispositions seront prises en vue de ne pas gêner le flottage. A cet effet, on établira des descenderies ayant une pente minimum de 1/200 et une largeur de 9 m; elles seront libres ou fermées par des poutrelles. On convient que dans le cas de fortes chutes, ces ouvrages ne sont guère pratiques, et on offre, dans ce cas, de construire, au lieu de longues descenderies, des installations mieux étudiées.

7° En vue de la pisciculture et principalement pour la conservation du saumon, des passes pour poissons seront aménagées dans les barrages.

8° Pour le parcours Prague-Melnik, les écluses seront à deux sas et auront une longueur totale de 220 m ⁽¹⁾, elles devront pouvoir contenir quatre bateaux de 580 t. et leur remorqueur.

La durée d'une écluse est évaluée comme suit :

Entrée, arrêt et arrimage	20 min. 00 secondes
Fermeture des portes	0 . 30 »
Remplissage du sas (le volume d'eau étant de 27 264 m ³ à 15 m ³ par seconde) il durera	30 . 00 »
Ouverture des portes	0 . 30 »
Démarrage et sortie du train	15 . 00 »
Total pour un éclusage sans croisement . . .	<u>66 min. 00 »</u>

Soit 90 minutes afin de permettre toutes les manipulations.

D'après cela et en admettant une vacation journalière de 15 heures, dans le cas le plus défavorable (celui où tous les bateaux vont dans le même sens), il pourra se faire 10 éclusages par jour représentant un rendement quotidien de 13 920 t., si on suppose que les bateaux n'utilisent que les 60 0/0 de leur tonnage.

$$10 \times 4 \times 580 \times 0,60 = 13\,920 \text{ t.},$$

soit pour une année de 250 jours :

$$250 \times 13\,920 = 3\,480\,000 \text{ t.}$$

En admettant le cas de croisement de trains, d'économie de temps pour le remplissage et d'une plus longue vacation journalière, les écluses prévues pourront suffire amplement à un trafic annuel de :

$$5\,000\,000 \text{ t.}$$

(1) En supposant les deux sas placés bout à bout.

Quant au volume d'eau que doit débiter la rivière pour permettre les éclusages, il peut s'évaluer ainsi qu'il suit :

Le volume d'une éclusée qui est de 27 264 m³ doit se renouveler pendant les 66 minutes de l'opération d'éclusage même et les 30 minutes de manipulations diverses, donc en 96 minutes ou 5 760 secondes ;

le fleuve doit fournir $\frac{27\,264}{5\,760} = \dots\dots\dots 4^{\text{m}^3},73$ par seconde,

les fuites d'eau dans les barrages à aiguilles sont

évaluées à 10 0/0 du débit, donc pour un débit

d'étiage de 22 m³. $\dots\dots\dots 2, \quad 20$

Total. $\dots\dots 6^{\text{m}^3},93$ par seconde.

On voit donc qu'il reste encore 13 m³ qui suffisent et au delà pour les pertes d'eau dues au flottage, aux infiltrations et à l'évaporation.

Choix des barrages. — La pratique démontre que, pour les chutes moyennes, les barrages à aiguilles conviennent particulièrement. Ils se prêtent par les variations de leur construction aux changements de régime du fleuve, de même qu'aux éventualités de passages de glaces et des dépôts limoneux.

Les barrages à installer dans la section Prague-Melnik devant avoir une hauteur de retenue de 1^m,70 à 2^m,68, il n'y avait pas lieu d'adopter un autre système que le système à aiguilles. Toutefois le seuil d'un pertuis doit être abaissé de telle sorte que la navigation soit encore possible lorsque le barrage est abattu, afin qu'on revienne à ce moment à l'ancienne situation, avant la canalisation.

Chenal navigable. — Il est recommandé d'utiliser les dérivations et bras de la Moldau pour l'installation du chenal canalisé.

Le profil du chenal permettra le croisement des bateaux.

Des rives artificielles étanches seront construites partout où existe une différence de niveau entre le plan d'eau et le sol.

Ports de refuge et d'abri. — Il existe deux ports de refuge à Karolinenthal et un port de refuge et de commerce à Holeschowitz. L'étendue de ces ports atteint 105 260 m². et ils sont capables de contenir 180 grands bateaux.

Habitations des éclusiers. — Le terrain ne permet pas de soustraire les écluses aux hautes eaux, mais on choisira, aux abords, un espace

libre à l'abri de ces inconvénients pour y établir les habitations des éclusiers et les locaux de service.

Ces locaux seront reliés par des lignes télégraphiques et téléphoniques.

B — Section de l'Elbe, Melnik-Aussig.

Longueur, pente, débit. — La section de l'Elbe de Melnik à Aussig a une longueur de 70^{km},790 et présente une dénivellation totale de 22^m,23, d'où une pente moyenne de 0^m,314 par kilomètre.

La section normale d'une largeur uniforme de 100 m, serait bordée de digues, surélevées de 2^m,50 à 2^m,60 au-dessus du plan d'eau normal actuel et qui serviraient de chemin de halage.

Le plus faible débit est de 47 m³, il suffit à la dépense d'eau nécessaire; le débit en hautes eaux navigables est de 2 677 m³. Ces débits correspondent aux cotes (—) 0,84 et (+) 3,50 du repère de Tetschen.

Base des améliorations techniques. — A l'exception d'une pente plus faible, d'un débit plus considérable, d'une largeur plus grande, les conditions naturelles de la section de Melnik-Aussig sont les mêmes ou semblables à celles de la section Prague-Melnik.

Par suite de cette similitude, le même système de canalisation peut être appliqué.

Le système d'écluses et de barrages, adopté pour la Moldau, sera maintenu pour l'Elbe.

Pour le flottage, des descenseurs sont projetés.

Des dispositions spéciales seront prises à Aussig, au débouché du canal dans le fleuve libre.

Des ports d'embarquement seront installés aux approches de Wannow et un port de refuge sera créé entre Melnik et Weisskirche.

VI. — Dispositions adoptées par le Ministère de l'Intérieur.

A la suite de l'examen de l'avant-projet par le Chef du service hydrographique, les prescriptions suivantes ont été adoptées pour l'étude définitive par le Ministère de l'Intérieur.

Dans les barrages, la passe navigable aura au moins une largeur de	30 m, 00
Les écluses de navigation seront à deux sas, leurs dimensions seront les suivantes :	
Longueur totale utile de l'écluse	225 , 00
Longueur utile du sas simple	78 , 00

Largeur des entrées	11 ,00
Largeur du plafond de l'écluse pour train de bateaux et du canal en alignement droit	20 ,00
Mouillage	2 ,50
Mouillage minimum dans le fleuve canalisé	2 ,10
Inclinaison des talus immergés	1/2
id. hors d'eau	2/3
La largeur de l'écluse et du canal au niveau normal de la retenue sera de	28 ,40
La crête des ouvrages, lorsque ceux-ci, par suite de circonstances locales, ne devront pas dépasser le niveau des hautes eaux, s'élèvera au-dessus du plafond d'au moins	3 ,00
Dans les talus de déblai ou dans les endiguements, on aménagera une berme sur le côté intérieur du canal.	
Les piles des ponts dépasseront le niveau normal, d'au moins	4 ,50
L'installation de passes pour le flottage dans les retenues est signalée comme avantagieuse sur le cours de l'Elbe.	
Sur la Moldau, l'utilité de tels ouvrages est laissée à l'appréciation de la Commission de la canalisation.	
Des passes spéciales pour le poisson seront réservées aux barrages.	
Les écluses seront installées de préférence aux endroits qui sont à l'abri des hautes eaux, ou, tout au moins, il y aura à proximité un terrain semblable pour y construire les habitations d'éclusiers, magasins, etc.	

Ces conclusions ministérielles servirent de base aux études que les Ingénieurs du Département technique de la Statthalterei entreprirent en 1895.

L'ensemble de ces études fut accepté par le Ministère et par les délégués des communes riveraines, et le projet général fut définitivement adopté.

VII. — *Formation et constitution de la Commission pour la canalisation de la Moldau et de l'Elbe, en Bohême.*

Le Gouvernement ayant donné son appui à cette grande entreprise, il s'agissait de réunir les fonds nécessaires pour couvrir la dépense de 12 950 000 florins d'Autriche. Après quelques négociations entre le Gouvernement et le Conseil du royaume de Bohême, le Langtag de Bohême, dans sa séance du 8 février 1896, décida de prélever le tiers de la dépense sur les fonds du royaume, tandis que le Ministère de l'Intérieur, sur le vote du Parlement autrichien, en date du 5 juillet 1896, prit les deux tiers restants de la dépense à sa charge, et sur le compte des fonds de l'État. Le capital était ainsi réalisé.

Pour assurer l'exécution prompte et les négociations du projet, le Gouvernement, de concert avec le Conseil du royaume de Bohême,

COURS D'EAU		DÉSIGNATION	BARRAGES						ÉCLUSES		
			Emplacement	Longueur des toises de barrage en barrage	COTES		RELEVÉ du plan d'eau au barrage	SYSTÈME du barrage	EMPLACEMENT de la tête amont	LONGUEUR du chenal d'amont	CHUTE
					de la retenue	du niveau normal actuel					
MOLDAU	I	Troja	200 ^k , 2	5 ^k , 2	180 ^m , 50	177 ^m , 70	2 ^m , 80	Barrage à aiguilles	202 ^k , 9	2 ^k , 85	5 ^m , 40
	II	Klecan	208 , 9	8 , 7	175 , 10	172 , 40	2 , 70	id.	209 , 8	1 , 00	3 , 10
	III	Libschitz	218 , 6	9 , 7	172 , 00	168 , 40	3 , 60	Barrage à vannes et à aiguilles	218 , 9	0 , 45	3 , 90
	IV	Mirowie	227 , 8	9 , 2	168 , 10	164 , 40	3 , 70	Pont-barrage et barrage à aiguilles	227 , 70	0 , 15	3 , 90
	V	Canal latéral de Wrānan à Horin	234 , 7	6 , 9	164 , 20	160 , 60	3 , 60	Barrage à vannes et à aiguilles	243 , 4	8 , 80	8 , 90

ELBE	NOM du cours d'eau	NUMÉROS ET DÉSIGNATION DES SECTIONS	LONGUEUR	HAUTEUR	CHUTE	COTES de la retenue
			des sections de barrage à barrage	de retenue du barrage	aux écluses	
		7. Embouchure de la Moldau à Bèrkowic	6 ^k , 55	2 ^m , 32	2 ^m , 76	155 ^m , 27
		8. Bèrkowic à Zálüz	12, 55	2, 80	3, 30	152, 57
		9. Zálüz à Raudnitz	8, 20	1, 66	2, 80	149, 27
		10. Raudnitz à Trébautitz	13, 00	2, 16	2, 90	146, 47
		11. Trébautitz à Czalositz	6, 65	1, 47	2, 50	143, 57
		12. Czalositz à Czernosek	3, 93	1, 48	1, 90	141, 07
		13. Czernosek à Sebusein	12, 27	2, 63	2, 78	139, 17
		14. Sebusein à Wannow.	5, 85	»	2, 68	136, 39
		Cette dernière section n'a pas de barrage, mais seulement une écluse servant d'entrée dans le fleuve libre.				

La dépense du projet en question est évaluée à 12 950 000 florins d'Autriche ; ce qui donne, la longueur de Prague à Aussig étant de 120 km., un prix de revient kilométrique de 108 000 florins ou 270 000 francs.

Les travaux débutèrent par la construction du barrage de Klecan, à cause de sa situation favorable par rapport à la navigation et le peu de difficultés que présentait son établissement.

D'après l'avancement des études, le barrage à attaquer ensuite était celui de Wrànan, mais, par suite de diverses complications, il parut préférable de se reporter à celui de Libschitz et de faire les études de celui de Troja ; ce fut l'ordre suivi en exécution.

IX. — *Ouvrages de la retenue de Klecan (barrage, dérivation, écluse).*

1° *Barrage.* — Le système adopté est le barrage « Poirée » avec aiguilles amovibles du système Kummer.

Il consiste en un puissant massif de maçonnerie dans lequel les fermettes sont ancrées solidement, reliées dans le haut par un support amovible et des tôles formant la passerelle de service. Des aiguilles en bois qui reposent par le bas dans une encoche et s'appuient contre le support supérieur, ferment le barrage.

Le niveau normal est relevé par le barrage de 2^m,65. La crue de 1890 atteignait en cet endroit la cote (182,10), soit une hauteur de 9^m,65 au-dessus du plan d'eau normal, ce qui montre qu'on ne pouvait pas exécuter les barrages en vue des hautes eaux.

Le barrage est à trois pertuis, dont deux de 38^m,90, et une passe marinière de 40^m,15 qui est située près de la rive droite et dont le seuil est descendu assez bas pour que, par le régime de + 1,50 au repère de Karolinenthal, la passe présente un mouillage de 2^m,10. Le seuil de cette passe se trouve ainsi à la cote (171,70), tandis que le seuil de la baie du milieu se trouve à la cote (172,00) et celui de la baie de rive gauche à la cote (172,40).

Les piles mesurent 3^m,70 et 4 m d'épaisseur et dépassent le plan d'eau de 0^m,75 lors des plus hautes eaux navigables (+ 2,50 au repère de Karolinenthal).

Les fermettes ont 3^m,70, 4^m,10 et 4^m,70 de hauteur et consistent en un cadre métallique de forme trapézoïdale, entretoisé par deux traverses horizontales et par une diagonale travaillant à la compression ; elles sont espacées l'une de l'autre de 1^m,25.

Dans la position couchée, elles sont protégées par un redan de 0,60 de hauteur ménagé dans le corps du barrage.

On couche le barrage au moyen d'un treuil sur roues, transportable d'une fermette à l'autre, ou, ce qui est préférable, en fixant un treuil à une pile et couchant les fermettes par le moyen d'un câble pouvant se dérouler sur toute l'ouverture et auquel on arrime successivement la chaîne de retenue de chaque fermette. Dans ce dernier cas, on adapte à l'avant-dernière fermette un rouleau porteur tellement agencé que lors de l'arrimage du câble à la chaîne supportant le pont-levis, la fermette s'incline d'elle-même et accélère l'opération du rabattement. Les dessins de la *Pl. 14* montrent bien les détails de cette disposition.

Cette façon d'abaisser le barrage est simple et sans aucun danger pour l'ouvrier qui n'a qu'un léger rouleau à déplacer de fermette en fermette, tandis que le déplacement du treuil d'une fermette à l'autre exige deux ou trois hommes qui ont de la peine à travailler sur la passerelle étroite, boueuse, mouillée et rendue glissante par la pluie ou la gelée.

Le relèvement ou l'abaissement du barrage dans l'ouverture de 40 m de la passe navigable, d'après cette méthode, peut être aisément fait en moins de deux heures.

Les aiguilles sont en bois de mélèze et sont munies à la tête d'un crochet en fer servant à les manier.

Les aiguilles des diverses ouvertures ont, avec le crochet, 3^m,28, 3^m,67, 3^m,96 de long et un équarrissage de 95×100, 95×100, 95×120 mm. Elles pèsent, étant sèches, par pièce 19 kg., 23 kg. 27 kg. ; étant mouillées, 21 kg., 25 kg., 33 kg.

Entre deux fermettes, on loge 13 aiguilles qui, réunies par un câble, forment un jeu d'aiguilles pouvant être, par le système Kummer, manœuvré d'un seul coup.

La passe de flottage consiste en une déclivité à pente faible sur laquelle coule une certaine tranche d'eau qui entraîne les radeaux ; elle a 12 m de largeur permettant, comme c'est l'usage à l'aval de Prague, l'accouplement des radeaux.

La pente relative est de 1/24. La tranche d'eau est de 1 m et à l'extrémité inférieure de la descenderie, à l'entrée dans le bief d'aval, on installe un plancher quelque peu mobile (plancher flottant) qui annule les remous. La longueur de la descenderie est de 41 m avec six gradins dont les pentes sont de 1/40 et de 0^m,13 de chute pour modérer la vitesse de l'eau.

La partie supérieure de la passe est en pierre et la partie inférieure en bois formée par des madriers de 0^m,13 d'épaisseur reposant sur des traverses en bois fixées à des pieux métalliques.

La fermeture de la passe se fait par des aiguilles s'appuyant sur une passerelle roulante dont la disposition et les engins de manœuvre sont représentés par les dessins de la *Pl. 14*.

La fermeture n'est nécessaire que pour la saison des basses eaux, de sorte que la manœuvre ne se fera que rarement, et que la passe restera ouverte une grande partie de l'année.

Les parois de la passe s'élèvent à 2^m,50 au-dessus du plan d'eau normal et offrent l'aspect d'un caisson ouvert reposant sur pilotis avec assise de béton.

La passe à poissons consiste en un escalier de 1^m,40 de largeur, logé sous le fond de la passe de flottage et portant un cloisonnement de 1^m,60 à 2^m,10 au voisinage du sol, avec des intervalles de 0^m,48 de haut et de 0^m,40 — 0^m,35 de large.

L'habitation du barragiste est sur la rive droite, à l'abri des hautes eaux; elle consiste en un corps de logis avec salle pour les aides et un atelier. On trouvera les dispositions de ce bâtiment dans les dessins de la *Pl. 15* représentant les types des maisons des agents (barragistes et éclusiers).

Or, nous ne pouvons omettre de signaler le caractère architectural et varié qu'on a donné à ces bâtiments.

2° *Dérivation*. — La dérivation éclusée commence à 130 m en amont du barrage, sur la rive gauche du fleuve; son profil en travers répond aux prescriptions énumérées plus haut. A la hauteur du plan d'eau, des berms de 0^m,75 règnent de chaque côté. Dans les parties courbes, le plafond s'élargit.

Les berges du canal sont défendues hors d'eau par un perré de 0^m,32 d'épaisseur et sous l'eau par un blocage.

A l'entrée de l'écluse, le plafond du canal est porté à 30 m de largeur sur une longueur de 225 m, créant ainsi un avant-port pour les bateaux qui attendent.

Le chemin de halage, d'une largeur de 3 m, est pavé.

3° *Ecluse*. — L'écluse à double sas comprend un sas pour bateaux isolés, à parois verticales, de 78 m de long sur 11 m de large, et un sas pour trains de bateaux, à parois inclinées, de 147 m de longueur et de 20 m de largeur au plafond. L'axe du sas supérieur est dévié par

rapport à celui du sas inférieur et du canal, d'environ 4^m,50 d'un seul côté, de façon que l'arrangement côte à côte des bateaux et le croisement peut s'effectuer dans l'écluse. Nous n'avons pu nous procurer les dessins de cet ouvrage, mais celui-ci diffère assez peu de l'écluse de Libschitz représentée par les dessins de la *Pl. 15*.

Les trois têtes d'écluses sont sur le même axe et s'élèvent à 3 m au-dessus du seuil d'amont, soit à 2^m,50 au-dessus du plan d'eau d'amont. Elles sont en maçonnerie de moellons avec revêtement en pierre.

Les parois du sas inférieur sont revêtues jusqu'à une hauteur de 2^m,84 au-dessus du plafond, d'une maçonnerie de moellons inclinée à 4/1, à laquelle succède un parement incliné recouvert d'un perré en mortier de ciment.

Les portes dépassent le niveau d'amont de 0^m,40 ; elles ont, à la tête d'amont, 2^m,90, aux deux autres, 6 m de hauteur. Ce sont deux vantaux d'arc-boutant et formés par une carcasse métallique, sur laquelle est fixé un cloisonnage de madriers en bois disposés horizontalement.

La manœuvre des vantaux se fait au moyen d'une crémaillère droite engrenant avec un treuil actionné par un homme. Sur chaque vantail est installée une passerelle au niveau du couronnement.

Le remplissage de l'écluse a lieu par deux aqueducs à section ovale d'une surface de 2^m,65 chacun et qui ont 2 m de hauteur et 1^m,75 de largeur maximum ; la surface est recouverte d'une chape de ciment. Ces aqueducs peuvent être fermés près des têtes par des vannes verticales que nous décrirons plus loin en donnant les dispositions de l'écluse de Libschitz.

A niveau du fond des sas, débouchent 30 caniveaux branchés sur les aqueducs, ayant une section de 0^m2,23 et disposés l'un vis-à-vis de l'autre ; 6 paires de caniveaux débouchent dans le sas supérieur et 9 paires dans le sas inférieur.

De plus, pour la vidange de l'écluse, les portes du milieu et de la tête d'aval portent chacune 4 ouvertures de 0^m2,60 de section.

Pour le remplissage du sas supérieur, il faut 2 660 m³ d'eau ; le sas inférieur exige, pour lui seul, 12 200 m³.

Le remplissage du sas-écluse supérieur seul, dure 4 minutes ; le remplissage des deux sas vides exige 18 minutes.

La vidange de l'écluse se fait en moins de temps.

Dans les têtes d'écluses et les puits des vannes, des rainures sont ménagées pour y loger des poutrelles formant barrage.

Aux têtes d'écluses, les poutrelles, de 11 m de long, sont posées au

moyen de deux treuils et de câbles, passant sur des poulies de renvoi, qui saisissent la poutrelle aux deux bouts.

L'habitation de l'éclusier est à proximité de l'écluse, à l'abri des crues.

Elle comprend un corps de logis, une étable, un magasin de matériaux et une remise pour les poutrelles et ustensiles.

4° *Exécution des travaux.* — Les travaux de grosse construction ont été adjugés en 1897 à la Société A. Launa de Prague qui, depuis plus de 50 ans, avait fait les régularisations de la Moldau et de l'Elbe.

Tout le travail était terminé au commencement de l'année 1899.

Les frais de construction se décomposent comme suit :

I. — Terrassements et dragages.	423 931 florins
II. — Ecluse { Construction gros œuvre	177 108 ^{fl} {
Epuisement des eaux	30 508 {
Construction métallique	46 542 {
Construction gros œuvre	122 007 {
III. — Barrage { Epuisement	8 847 {
Batardeau	55 819 {
Constructions métalliques	53 435 {
IV. — Chenal navigable et travaux de rive (non compris les terrassements)	112 284 —
V. — Habitation de l'éclusier et du garde-barrage	20 423 —
VI. — Expropriation (18 ^h ,57)	56 100 —
	<hr/> 1 107 004 —
A ajouter : Reconstruction de la passe de flottage	27 789 —
Le coût total de la retenue de Klecan s'élève à	<hr/> 1 134 793 florins

Nous donnons ci-dessous l'énumération du matériel et machines employés par la Société A. Launa.

Un excavateur de 48 chevaux-vapeur, type B, des ateliers de la « Lu-becker-Maschinenbaugesellschaft » capable de creuser sur une hauteur de 5 m. et plus et d'un rendement journalier de 1 500 à 2 000 m³ a servi principalement au déblai de l'avant-port et de l'écluse.

Pour les transports, on a fait usage de six locomotives à voie de 0,70 de 20 à 80 chevaux-vapeur et d'un parc de wagons, composé de 90 wagons culbuteurs en bois de 2^m³,50, de 30 de 2 m³, et 10 wagons plats formant le matériel à traction mécanique.

Pour les transports à bras, on s'est servi de 45 culbuteurs en fer de 1/2 à 3/4 de mètre cube.

Il a été installé 500 m. de rails pour l'excavateur ; 14 500 m. pour chemin de fer et 1 400 m. pour voies de manœuvre et de dépôt.

Indépendamment de ce matériel, deux chemins de fer aériens par câbles pour le transport des matériaux et un certain nombre de chariots, camions, trucs, etc.

Pour les dragages, 2 bateaux dragueurs de 24 et 12 chevaux-vapeur étaient en activité. Ces dragues étaient employées aux dragages pour le barrage, le chemin de halage de rive droite, l'ouverture du chenal dans le bras à gauche de l'île de Roztok, l'excavation des plafonds à paver, le creusement du chenal à l'aval et de la passe de navigation dans le barrage.

Un élévateur de 38 chevaux-vapeur servit à exécuter les remblais, notamment de la digue du côté du fleuve, et l'assise des pavages, les remblais du prolongement de l'île, du chemin de halage à la rive droite et en dessous de la passe de flottage, de même qu'au dépôt d'Husinec.

En dehors de ces machines, il y avait encore un excavateur Priestmann de 10 chevaux-vapeur qui était employé dans les endroits où de plus grands appareils ne pouvaient avoir accès.

Pour le transport des dragages, on disposait d'un remorqueur de 50 t^x, de 15 pontons pour boues et de 19 plats; pour le transport des pierres, on utilisa 6 chalands.

Parmi les machines employées, il faut ajouter une sonnette à vapeur à chaîne sans fin avec mouton de 10 quintaux, et six sonnettes à tiraudes pour l'exécution des batardeaux.

Au barrage, on employa une bigue de 50 quintaux de force et deux grues de 25 et 50 quintaux.

Pour le bétonnage, on se servit de deux machines à laver et à cribler.

Pour l'éclairage et l'épuisement par l'électricité, la force motrice fut donnée par 7 locomobiles de 6 à 50 chevaux-vapeur et un électromoteur.

Pour l'assèchement, on employa 8 pompes centrifuges de 150, 260, 300 et 315 mm de diamètre à l'aspiration, une pompe à vapeur et 3 pulsomètres.

L'éclairage des chantiers, pour les travaux de nuit, a nécessité 2 dynamos, 10 lampes à arc, 25 lampes à incandescence, 3 oleovapors et un pétroléumvapor.

Enfin, on fit usage de deux treuils à vapeur de 8 et 10 chevaux-vapeur.

X. — *Ouvrages de la retenue de Libschitz*
(Barrage, dérivation, écluse).

1^o *Barrage*. — La largeur restreinte du fleuve et sa faible profondeur à l'emplacement choisi firent adopter deux pertuis seulement pour le barrage : une passe navigable de 65 m, dont le seuil se trouve à 4^m,50 sous la retenue, puis un pertuis de 48^m,90 de largeur et 3^m,20 de profondeur ; de plus, comme annexe, la passe de flottage de 12 m de largeur.

La grande profondeur dans la passe navigable excluait, pour cette partie, le système de barrage à aiguilles ; l'on choisit un barrage à vannes système Boulé, analogue à celui de Suresnes établi sur la Seine à l'aval de Paris ; dans le second pertuis, on conserva le barrage à aiguilles.

Pour combiner les deux systèmes et accélérer la manœuvre des barres, on adopta les dispositions suivantes : l'abaissement des fermettes fut réalisé pour les deux pertuis de la rive vers la pile centrale, le transport des vannes ou des aiguilles se faisant seulement au-dessus de l'ouverture correspondante. Pour cela, on a dû réserver dans la pile centrale deux niches pour y loger les fermettes et qui sont situées en retraite de 4^m,20 l'une de l'autre.

Le corps du barrage à vannes repose sur une assise de béton de 1 m de hauteur, protégé par des parois de 20 cm d'épaisseur.

Vient ensuite une assise de maçonnerie de 1 m servant de base aux pierres de taille en granit de 40 cm d'épaisseur.

Les fermettes abaissées sont cachées par un ressaut de 1 m de haut qui protège les plaques d'assise. Ce ressaut est formé de blocs de granit de 1^m,50 de hauteur, 1^m,25 de largeur et 1 m de longueur. Dans les pierres d'ancrage sont fixés, d'avance, les tourillons des fermettes et les plateaux d'ancrage, noyés dans le béton, sont réunis aux plaques d'assise par des boulons traversant la pierre. Ces pierres sont, en outre, reliées par des agrafes en fer horizontales posées sur le parement.

Les fermettes du barrage à vannes sont en fers U rivés, reliés par des équerres et formant un ensemble cloisonné très simple (voir *Pl. 14*). Elles mesurent 6 m de hauteur ; les cadres pèsent 1 273 kg. ; avec la passerelle, les raccords et divers accessoires, la fermette complète pèse 1 700 kg.

L'espacement des fermettes est de 1^m,25 d'axe en axe. Elles sont pourvues, vers le haut, de deux voies en rails blindés de tôle et servent

en même temps de passerelle et de moyen de liaison ; l'une des voies sert au trainage d'une grue roulante, et l'autre à la circulation de waggonnets porteurs pour les vannes lors de la manœuvre du barrage.

Pour la remise des vannes, un magasin est installé sur la rive droite dans la digue, logeant un treuil destiné à la manœuvre des fermettes.

De ce treuil part une forte chaîne en acier passant par dessus toutes les fermettes à laquelle on attache ces dernières par un clavetage spécial et de façon que la longueur de chaîne entre deux fermettes soit de 2^m,50 (voir les dessins de la *Pl. 14*).

Comme les fermettes sont espacées de 1^m,25, on voit que, par cette disposition, six fermettes sont inclinées en même temps soit pour l'abaissement, soit pour le relevage.

La chaîne relève en même temps la passerelle et la voie au moyen d'une attache fixée au centre, et l'on peut, comme avec tous les systèmes de passerelles semblables, éviter la manipulation onéreuse, longue et difficile de l'enlèvement de la passerelle et des rails.

La fermeture du barrage se fait en intercalant, entre deux supports, cinq vannes dont les quatre inférieures ont 1 m de hauteur tandis que la dernière, destinée à la régularisation du niveau de l'eau, n'a que 0^m,50 de hauteur.

Cette manipulation des vannes étant assez longue, on a pensé à munir les fermettes de points d'appui pour aiguilles, de façon à réaliser une combinaison du système à aiguilles avec le système à vannes, dans lequel la partie inférieure du barrage serait fermée par des vannes, tandis que la partie supérieure serait fermée par des aiguilles agencées comme pour les barrages à aiguilles et suspendues aux attaches.

La combinaison offrirait l'avantage de donner passage à une crue subite par une manœuvre rapide des aiguilles et l'enlèvement des vannes après celui des aiguilles quand on aurait déjà donné une section à l'écoulement des eaux.

Le pertuis à aiguilles est assez analogue au barrage de Klecan, avec cette différence que le ressaut derrière lequel se replient les fermettes n'a que 0^m,45 de hauteur, cette hauteur ayant paru suffisante.

En outre, les aiguilles s'adaptent contre des supports mobiles formés de tubes Mannesmann.

Elles sont pourvues d'un crochet métallique qui, non seulement les rend très maniables, mais offre la possibilité de les suspendre séparément en engageant le pied dans l'encoche inférieure.

Cette disposition offre l'avantage que, lors d'un enlèvement rapide

des aiguilles, celles-ci peuvent rester suspendues au support supérieur.

D'ailleurs, lors de l'abaissement du barrage, l'enlèvement des aiguilles se fait d'un seul coup, ce qui accélère la manipulation.

La pile centrale a 6 m d'épaisseur et est en maçonnerie de moellons avec parois en pierre de taille, de même que la pile séparant le barrage à aiguilles de la passe de flottage.

La passe de flottage a, comme celle de Klecan, une largeur de 12 m. Sa longueur est de 100 m et son fond incliné à une pente moyenne de 1/35 ; à l'origine cette pente est de 4 0/0, ensuite elle diminue successivement pour arriver à 1 0/0. L'entrée dans le bief d'aval est aussi facilitée par un plancher en bois flottant.

Pour diminuer la vitesse de l'eau, on a intercalé aussi, et de 6 m en 6 m, des petites chutes de 0^m,13.

Comme fermeture, on installa un clapet cintré du système « Brüder Pràsil et C^{ie}. »

Cette nouvelle disposition, qui est représentée par les dessins de la Pl. 15, consiste en une construction métallique en forme de croissant mobile autour d'un axe. Cet axe est prolongé et porte des contrepoids qui rappellent et contre-balancent le poids du clapet.

La pression de l'eau tend à appuyer le croissant contre les butées, et est plus que suffisante pour vaincre les frottements.

A l'ouverture de la passe, le clapet obturateur est, au moyen d'une chaîne, rabattu jusqu'à ce qu'il se couche et vienne se loger dans une cuve épousant sa forme convexe.

Pour préserver cette cuve des boues ou des sables entraînés, elle est recouverte d'une trappe mobile en tôle, et, de plus, présente une pente vers la pile aboutissant à un tuyau en fonte permettant le nettoyage.

Pour livrer passage sur la rive gauche, une passerelle roulante a été jetée sur la passe de flottage ; elle peut être utilisée, comme à Klecan, pour soutenir des aiguilles en cas de réparation au clapet cintré.

La passe à poissons se trouve derrière la culée droite du barrage à vannes. Elle commence à 5 m au-dessus du mur en retour, fait trois coudes perpendiculaires et débouche par un angle de 30° dans le bief d'aval en dessous de la culée.

Dans cette passe de 1^m,50 de largeur, l'eau va de gradin en gradin à travers 13 parois transversales, pourvues d'une ouverture inférieure pour le passage du poisson. La hauteur des cascades est de 0^m,30 et la largeur des divers bassins, de 2 m.

Sur le dessus, près de la culée, la passe à poissons est clôturée et terminée par un puits d'aérage muni de croisillons.

La partie supérieure, à l'extérieur de la culée, est recouverte de dalles en pierre pour le passage du chemin de halage.

Le puits d'aérage et l'ouverture inférieure libre sont garnis de toile métallique.

La passe à poissons est en maçonnerie de moellons et béton de ciment.

L'habitation du garde-barrage est sur la rive gauche.

2° *Dérivation.* — La dérivation éclusée est sur la rive droite et commence à 125 m en amont du barrage. Sa cunette est analogue à celle de Klecan et présente près de l'écluse un élargissement de 30 m de largeur.

3° *Écluse.* — Le sas-écluse et l'écluse pour trains sont semblables à ceux de Klecan, sauf que la chute est ici de 3^m,90. Les dispositions de cet ouvrage d'art sont représentées sur les dessins de la *Pl. 16*.

Une modification secondaire consiste dans la disposition des caniveaux transversaux qui, dans l'écluse pour trains, ne sont plus en face l'un de l'autre, mais placés de façon que l'un d'eux se trouve au droit du milieu de l'espace de deux opposés.

Une autre modification consiste dans la construction en béton de ciment des puits des vannes, alors qu'à Klecan ces puits sont en pierre de taille.

Enfin, un perfectionnement a été réalisé dans la construction des vannes verticales fermant les aqueducs aux têtes d'écluse du milieu et d'aval ; quant à la tête d'amont, on a appliqué un système de vannes se fermant horizontalement qui a été imaginé par l'Ingénieur en chef Meyer et qu'il nous paraît extrêmement intéressant de mentionner.

Dans les vannes verticales, la fermeture a lieu par la face d'amont de l'obturateur qui est inclinée en biseau, tandis que cet obturateur s'appuie sur trois galets montés sur un truc pouvant parcourir la moitié de la hauteur de l'obturateur (voir les dessins de la *Pl. 16*).

Dans les vannes horizontales de la tête d'amont, l'obturateur se meut horizontalement sur deux paires de galets à l'intérieur d'un puits (voir les dessins *Pl. 17*).

La fermeture se fait de chaque côté à la façon d'un coin. Pour la manœuvre, on remarquera que la pièce principale est une crémaillère

horizontale fixée sur la vanne qui engrène avec une roue dentée, manœuvrée par un treuil placé sur le terre-plein de l'écluse.

Avec ces vannes, on n'a pas, lors de l'ouverture, à remonter le poids de l'obturateur et l'on n'a qu'à vaincre le frottement des galets; en outre, ces vannes étant installées au niveau du seuil d'amont, utilisent la pression latérale de l'eau pour aider au mouvement, les glissières épousant la forme conique de l'obturateur.

Quand l'aqueduc est fermé par un barrage provisoire par poutrelles, ces vannes sont d'un accès facile à pied sec.

Les portes des écluses sont du même système que celles de Klecan.

La porte d'amont a 2^m,90 de hauteur et celles du milieu et d'aval, 6^m,80.

La carcasse métallique d'un vantail pèse 13 302 kg. sans pivots, garde-fous ni gonds.

La maison de l'éclusier est à proximité de l'écluse sur un plateau à l'abri des hautes eaux. Elle consiste en un corps de logis d'environ 140 m², couvert, comprenant, au rez-de-chaussée, deux pièces avec cuisine et accessoires, et, à l'étage, une mansarde pour les aides de l'éclusier. Comme dépendances, il y a une étable pour volailles et petit bétail, et un dépôt pour remiser les parties amovibles de l'écluse.

4° *Exécution des travaux.* — L'adjudication eut lieu le 13 juin 1898; les travaux de grosse construction échurent à la Société A. Launa et les constructions métalliques à un syndicat formé par plusieurs sociétés métallurgiques.

Les mécanismes et constructions métalliques de la passe de flottage échurent à la Société Prasil qui garantissait l'exact fonctionnement de la fourniture dont elle était l'inventeur.

La dépense totale de la retenue de Libschitz est évaluée à 1 137 813 ^{fl},06^k.

Cette somme se décompose comme il suit :

Grosse construction	930 960 ^{fl} , 76 ^k
Constructions métalliques	115 582 , 96
Partie métallique de la passe de flottage.	21 587 , 40
Maison de l'éclusier	9 500 , 00
Transformation du vieux moulin pour l'habitation du garde-barrage	4 909 , 99
TOTAL . . .	1 082 491 , 11
Ajouter le coût des expropriations (15 ^{ha} ,83) et des indemnités	55 321 , 95
TOTAL ÉGAL	1 137 813^{fl}, 06

Les travaux commencèrent en juillet 1898, et, vers la fin de 1899, les ouvrages se trouvaient dans l'état suivant :

Le sas-écluse et l'écluse pour trains de bateaux étaient terminés, il ne restait qu'à achever la sortie à l'aval et l'entrée à l'amont dans le chenal.

Au barrage, le barrage à aiguilles sur la moitié de sa longueur avec la culée gauche et la pile fluviale, de même que le barrage à vannes sur la moitié de sa longueur avec la culée de droite, la passe à poissons et le magasin des vannes étaient exécutés; on continuait la seconde moitié du barrage à aiguilles et la pile centrale, de sorte qu'en 1900, il ne restait à construire que la seconde moitié du barrage à vannes et la passe de flottage.

XI. — *Ouvrages de la retenue de Troja.*

L'élaboration du projet était particulièrement difficile à cause des nombreux intérêts lésés dans la banlieue de Prague où l'industrie est active et prospère, en second lieu à cause de la proximité des parcs et du jardin botanique, et en troisième lieu à cause des perturbations hydrographiques par suite de la création d'une tenue d'eau profonde sur une vaste étendue englobant une partie du parc « Baumgarten. » Les expropriations furent coûteuses.

Le barrage est divisé en trois pertuis respectivement de 38^m,85, 37^m,60 et 38^m,85 d'ouverture libre, et fermés par des aiguilles de 3^m,71, 4^m,10 et 4^m,66 de longueur, munies d'un crochet et d'un support porte-aiguilles amovible (système de l'Oder) analogue à celui employé dans l'ouverture de gauche du barrage de Libschitz.

La passe de flottage, d'abord prévue sur la rive gauche, a été reportée sur la rive droite en vue d'éviter des collisions entre les bateaux et les radeaux, ce qui a obligé à donner à la descenderie une longueur de 425 m.

La maison du garde-barrage est projetée sur la rive gauche dans l'axe du barrage; elle sera réunie au remblai élevé, à l'abri des crues, du chemin de fer de l'État, par une passerelle en fer pour offrir un refuge au garde-barrage en cas de forte crue.

Pour le remisage des aiguilles et autres ustensiles du barrage, des magasins, submergés par les crues, sont construits sur les deux rives; des dispositions sont prises pour que les objets enfermés ne puissent être entraînés par les eaux. Il avait été question de réunir le barrage à

la maison du garde-barrage par un pont suspendu au-dessus du canal, mais cette installation n'a pas été adoptée et a été remplacée par une barque de passage.

Le canal, établi sur la rive gauche, commence à 180 m en amont du barrage, et croise, à 1 200 m en aval de son entrée, la dérivation « Kaisermühlarm » ; à cet endroit, des débarcadères sont installés. A l'aval du km 202, cette dérivation est utilisée en grande partie comme chenal. Pour obtenir une étanchéité parfaite du plafond et des parois du canal, ces parties sont revêtues d'une couche de terre plastique de 0^m,30 d'épaisseur lorsque cela est rendu nécessaire par la perméabilité du terrain traversé.

Afin de pouvoir maintenir, à l'avenir, par dragage, un mouillage constant de 2^m,10, sans endommager la couche de terre plastique garnissant le fond, la profondeur a été portée à 2^m,50 au lieu de 2^m,10.

Contrairement à la disposition adoptée à Klecan et à Libschitz, le petit sas et le grand sas ne sont plus placés l'un à la suite de l'autre, mais disposés l'un à côté de l'autre ; par conséquent, le grand sas sera construit avec des parois verticales. La porte d'amont du petit sas sera à un seul battant de 2^m,90 de hauteur, mobile autour d'un axe horizontal.

Le remplissage et la vidange de l'écluse se font aussi par des aqueducs disposés le long de l'écluse et munis de vannes. Ces aqueducs ont une section libre de 3^{m²},16. Dans le sas-écluse, ils sont interrompus par des vannes horizontales ; dans le grand sas, ces vannes sont verticales.

Par suite de la disposition côte à côte des deux sas, le canal de l'amont de l'écluse présente un fort élargissement ; cet élargissement sert de réservoir d'eau en même temps que d'avant-port.

Cette circonstance a une certaine importance, car les deux sas sont munis d'aqueducs séparés qui peuvent être ouverts en même temps. Grâce à cet élargissement, on obtient un remplissage plus prompt de l'écluse.

La maison de l'éclusier est à proximité de la tête d'amont ; il n'a pas été possible de la mettre à l'abri des crues ; aussi, lors des hautes eaux, l'éclusier dispose d'un bateau qui lui permet de gagner le remblai du chemin de fer voisin.

A l'installation du barrage de Troja s'annexent divers travaux de régularisation de rives, ainsi que le relèvement du débarcadère d'Holeschowitz, le comblement du « Kaisermühlarm », l'alimentation en eau de diverses fabriques et l'évacuation des eaux qui se faisait antérieurement par le Kaisermühlarm, notamment celle du ruisseau Dejwitz.

L'estimation de la dépense est la suivante :

Barrage, canal, écluse	1 525 567 florins
Constructions métalliques	139 654 —
Habitations	30 500 —
ENSEMBLE	1 695 721 —
A ajouter : la somme payée pour expropriations de terrains (31 ^{ha} ,02), force motrice et droits divers	399 011 —
TOTAL	2 094 732 florins

Les travaux ont été commencés au commencement de 1899 et on espérait les terminer à la fin de 1900.

XII. — Ouvrages de la retenue de Mirowitz.

La construction du barrage de Mirowitz se combine avec celle d'un pont-route établi au même point.

Ce pont a quatre travées ayant chacune 60^m,30 d'ouverture, sauf la troisième à partir de la rive gauche, qui n'a que 58 m d'ouverture; cette dernière travée correspond à la passe navigable du barrage et est utilisée pour la suspension des organes de retenue. En outre, une travée de 12 m placée à la rive droite franchit la passe de flottage. La disposition générale des ouvrages de cette retenue est indiquée sur la *Pl. 14*.

Le barrage de la passe navigable consiste dans une série de montants-supports mobiles suspendus par leur partie supérieure à la charpente du pont, et susceptibles, lors des crues, d'être repliés dans une position horizontale, sous le pont, à une hauteur dépassant le niveau des plus hautes crues connues.

La disposition générale de ce pertuis est donc assez analogue à celle bien connue du barrage de Poses sur la Seine.

Les montants-supports d'une longueur de 10 m forment points d'appui dans le bas sur des arrêts métalliques arrondis qui dépassent très peu la crête du barrage; aussi l'accumulation des dépôts, graviers ou galets paraît-elle peu probable.

Des vannes sont placées sur les montants jusqu'au niveau de la retenue normale qui est à 5 m au-dessus du seuil.

Le relevage des montants se fait vers l'amont.

Du côté de l'aval est adaptée, à chacun des montants, une passerelle de circulation avec main courante placée un peu au-dessus du plan d'eau.

Pour l'enlèvement des vannes et le relevage des montants mobiles, on se sert de deux treuils mobiles différents.

Les vannes sont formées de parois en tôle ondulée fixée à un cadre en fer capable de résister à la pression de 20 à 25 t. qu'il aura à supporter ; pour faciliter leur descente, elles sont munies de galets.

A droite et à gauche de la passe navigable sont installés des barrages à aiguilles mobiles.

L'ouverture de gauche a 20^m,25 et n'occupe par conséquent qu'une partie de la travée du pont ; celle de droite a 35^m,55.

Le seuil de ces barrages se trouve à 2^m,70 au-dessous du plan d'eau relevé et correspond à la crête des ouvrages de concentration existant de chaque côté. Les aiguilles ont une longueur de 3^m,70.

La construction de ces barrages à aiguilles est analogue à celle des barrages de Libschitz et de Troja.

Le couchage des fermettes dans les deux ouvertures latérales se fait en allant du centre vers la rive, de sorte que les niches sont réservées dans les culées et que les piles du pont ne sont pas affaiblies.

La passe de flottage est sur la rive droite. Son seuil est à 1^m,20 en dessous du plan d'eau relevé.

La longueur totale de la descenderie est de 585 m, dont 440 m forment la passe proprement dite. La fermeture est la même que celle du barrage de Klecan.

Le plafond est incliné sur l'horizontale de 1/200, sur une longueur de 50 m, ensuite de 1/100, sur une longueur de 190 m ; à partir de là, la pente revient à 1/200. Il descend finalement à 1 m en dessous du plan d'eau normal pour permettre l'installation des ressorts et donner une profondeur suffisante au flottage.

L'écluse est placée sous la deuxième travée du pont ; elle sera séparée du barrage à aiguilles de 20^m,25 par la digue du canal.

Les sas seront placés l'un à la suite de l'autre. La chute est la même qu'à Libschitz, soit 3,90. La seule modification au type prescrit apportée à l'écluse de Mirowitz consiste dans le remplacement des talus des berges du sas pour trains par des murs verticaux.

Le devis estimatif du pont-barrage s'élève à . . . 1 360 700 ^{fr} »
 Les expropriations se sont élevées au chiffre de . . . 29 606 ,36

Les travaux ont été commencés dans le courant de 1900.

XIII. — *Barrage de Wrànan*
et Canal latéral de Wrànan à Horin.

L'élargissement que présente la zone d'inondation de la Moldau à l'aval de Mléchost et la facilité qu'offrent les terrains d'alluvion de cette zone pour le creusement d'un canal ont conduit à entreprendre l'étude d'une dérivation concurremment à celle de l'utilisation du lit naturel.

Un examen attentif des deux devis a prouvé que la première solution serait moins coûteuse que la seconde; de plus, il semble démontré que la Moldau inférieure présente de fortes variations de lit, circonstance qui rend l'entretien très onéreux. En outre, la réalisation du canal latéral permettait d'élever des digues contre l'inondation, ouvrages réclamés depuis longtemps par les riverains.

Ces raisons ont amené la Commission de canalisation à décider l'élaboration d'un projet détaillé d'un canal latéral sur la rive gauche entre Wrànan et Horin, avec un complément consistant à compléter les digues irrégulières existantes dans le lit du fleuve entre Wrànan et l'Elbe, ce dernier travail devant assurer le service de la grande navigation en cas d'abaissement du barrage de Wrànan lors des petites crues.

Ce projet est déposé au bureau technique de la Commission.

Le canal latéral projeté se détache de la rive gauche de la Moldau à Wrànan et rejoint l'Elbe vis-à-vis de Melnik; il aurait une longueur totale de 10 km.

Le barrage sera établi à Wrànan; il sera du même système que celui de Libschitz, c'est-à-dire qu'il présentera des ouvertures fermées par des aiguilles et une passe navigable fermée par des vannes. La passe de flottage sera placée à la rive droite.

L'écluse est projetée à Horin; sa chute sera de 8^m,90.

A cause de cette forte chute, l'écluse sera construite avec des murs verticaux, et la porte d'aval qui devrait mesurer 12 m de hauteur, si elle était du même système que dans les autres écluses, sera construite dans le système des vannes levantes.

Comme pour la porte du milieu la disposition ci-dessus n'est pas possible, il paraît préférable d'adopter le système d'écluses jumelles permettant d'écluser des bateaux isolés et des bateaux en trains.

D'ailleurs, cette disposition possède l'avantage que chacune des écluses peut servir de chambre de réserve et réaliser une économie dans la consommation d'eau sans exiger la construction de chambres de réserves spéciales, toujours coûteuses.

Cette forte chute exige également l'installation de moyens mécaniques pour la manœuvre.

Le coût du canal latéral Wrānan-Horin, avec les écluses ordinaires à la suite l'une de l'autre, s'élève à 2610000 florins, tandis qu'avec les écluses jumelles (accouplées) il s'élèverait à 2703000 florins.

XIV. — *Expansion des voies fluviales en Bohême.*

L'exécution du canal de Wrānan à Horin complètera la canalisation de la Moldau inférieure; le grand trafic pourra alors s'établir jusqu'à Prague, car le régime de l'Elbe, à l'aval de Melnik, est plus avantageux que celui de la Moldau.

Prague deviendra ainsi la station terminus de l'une des plus importantes voies fluviales de l'Europe, et tous les efforts tendront à développer cette station, car la nouvelle situation créée sera mise aussitôt à profit.

Dans ce but, il faut, avant tout, transformer le port d'Holeschowitz en port de commerce et le relier aux lignes ferrées aboutissant à Prague, de même qu'organiser la canalisation dans la banlieue de Prague.

Des projets dans ce sens sont déjà dressés par le Département technique.

D'ailleurs, l'expansion des voies fluviales en Bohême n'est pas finie. Déjà l'attention des pouvoirs publics s'est portée sur la navigabilité des 193 km. de parcours du petit Elbe du Königgrätz à Melnik et des 91 km. du parcours de l'Eger depuis Saaz jusqu'à son embouchure dans l'Elbe à l'amont de Leitmeritz.

Les projets de canalisation et de régularisation de ces deux cours d'eau s'élaborent par le Département technique hydrographique du Conseil du royaume de Bohême, et l'on ne peut douter que l'essor donné à la navigation par la canalisation de la Moldau et de l'Elbe n'amène la réalisation de ces projets.

Enfin, il faut rappeler le projet du canal du Danube à la Moldau et à l'Elbe que nous signalions au début de ce mémoire, et dont la première étape s'achève avec les grands travaux en cours que nous venons de mentionner.

EXPOSITION DE LA RUSSIE

VOIES NAVIGABLES DE LA RUSSIE

1° Russie d'Europe.

Longueur des voies navigables. — Les voies de navigation et de flottage, dans la Russie d'Europe (à l'exception de la Finlande), comprennent 862 fleuves et rivières, 39 lacs et 38 canaux. Leur étendue totale (en comptant celle des principales lignes de communication sur les lacs), servant de fait à la navigation et au flottage, est de 77704 verstes ou 82910 km ⁽¹⁾, notamment :

24 524	verstes de voies servant uniquement au flottage du bois,
14 842	— servant à la descente des bateaux par le courant,
38 338	servant à la navigation dans les deux sens.

TOTAL : 77 704 verstes de voies.

La navigation à vapeur a lieu sur une étendue de 23 846 verstes.

L'étendue totale des voies de navigation artificielles, c'est-à-dire des canaux et des parties de rivières éclusées, est de 1 838 verstes, soit 2,4 0/0 de la longueur totale des voies de navigation.

Parmi ces voies navigables, on distingue deux groupes :

a) Le groupe Nord-Est, qui comprend les bassins du Volga, de la Dwina et de la Néva avec les lacs Ladoga, Onéga et Ilmen ; les plus longues voies ininterrompues de ce groupe sont celles d'Astrakhan (à l'embouchure du Volga) à Saint-Petersbourg (à l'embouchure de la Néva) d'une étendue de 3 614 verstes, et d'Astrakhan à Arkangel (à l'embouchure de la Dwina), d'une longueur de 4 229 verstes. Le point central et le plus important de ce groupe, au point de vue de la navigation, est la ville de Nijni-Novgorod, sur le Volga.

(1) 1 verste = 1^{re},067.

b) Le groupe du Sud-Ouest comprend les bassins du Dniéper, de la Duna, du Niémen et de la Vistule ; on doit mentionner, dans ce groupe, au point de vue de la longueur, les voies fluviales de Kherson (à l'embouchure du Dniéper), jusqu'à Riga, 2 211 verstes, à Jourbourg (frontière d'Allemagne sur le Niémen), 2 193 verstes, et à Neschaux (frontière, sur la Vistule), 2 127 verstes ; le centre commercial de ce groupe est la ville de Kiew, sur le Dniéper.

Durée de la navigation.

La durée de la navigation est fort variable sur les différentes voies navigables de la Russie d'Europe et dépend des conditions climatiques ; elle est la plus courte (de 5 à 6 mois à l'année) sur les fleuves et les rivières du bassin de la mer Blanche et de l'Océan arctique ainsi que dans quelques parties des bassins de la Nèva et du Volga ; la durée de la navigation, dans le bassin de la Vistule et dans la partie aval des fleuves qui se jettent dans les mers Noire et Caspienne, est la plus longue (de 8 à 9 mois).

Navigation à vapeur en Russie.

La navigation à vapeur sur les voies fluviales de la Russie date de l'année 1813, époque de la construction du premier bateau à vapeur dans les chantiers de Berd, à Saint-Petersbourg. Le Volga vit son premier bateau à vapeur en 1821 ; ce bateau portait le nom de « Volga » et avait été construit dans le port de Mologa par Evreineff ; il avait une longueur de 84 pieds, un tirant d'eau de 3 pieds $1/2$, et était muni d'une machine de 60 chevaux. Il pouvait remorquer de 2 à 3 barques avec une cargaison de 30 à 50 000 pouds ⁽¹⁾ et 150 passagers. En 1821, il amena, en douze jours, d'Astrakhan à Saratoff, deux barques chargées de poisson salé.

Néanmoins, le développement de la navigation à vapeur en Russie, dans la première moitié du XIX^e siècle, fut fort lent, et le nombre total des bateaux à vapeur ne dépassait pas 99 en 1850. Ce nombre est fort différent dans la seconde moitié du siècle, ainsi que le montrent les chiffres suivants :

(1) 1 poud = 16¹/₂,38.

En 1850 on comptait	99 bateaux à vapeur
— 1860 —	399 —
— 1870 —	687 —
— 1880 —	898 —
— 1890 —	1 824 —
— 1895 —	2 539 —
— 1898 —	3 040 —

Nous voyons donc que le nombre total des bateaux à vapeur naviguant sur les voies fluviales de Russie, ayant dépassé trois mille en 1898, a augmenté de quatre fois et demie en vingt-huit ans de 1870 à 1898 (ou plus exactement $\frac{3\,040}{687} = 4,42$).

Le dernier recensement de la flotte fluviale de la Russie d'Europe, qui date de 1893, portant, ainsi que nous l'avons dit, le nombre total des bateaux à vapeur à 2 539, nous en donne le tableau détaillé suivant :

CATÉGORIES DES BATEAUX	NOMBRE TOTAL	NOMBRE DE FORCES indicatrices	PRIX COUTANT (en millions de roubles).	CHIFFRE DE L'ÉQUIPAGE
Passagers	344	53 447	11 906	3 502
Passagers-marchands	260	70 289	17 785	4 606
Marchands	88	24 789	8 326	1 636
Passagers-remorqueurs.	207	37 958	7 202	2 798
Remorqueurs	1 393	272 640	46 612	17 561
Toueurs	23	2 664	888	572
Bateaux de service.	224	19 089	5 202	2 014
TOTAL	2 539	480 906	97 921	32 689

Par conséquent, ce sont les bateaux remorqueurs et passagers remorqueurs qui ont le rôle prépondérant, puisqu'ils atteignent 63 0/0 du total des bateaux et 63 0/0 de leurs forces indicatrices.

2 162 bateaux sont construits en fer ou en acier et 377 en bois ; on compte 1 619 bateaux à roues, 897 à hélices, 23 bateaux toueurs. Le principal combustible utilisé est le résidu de naphte (mazoute), dont l'emploi a atteint jusqu'à 71 0/0 de la quantité totale des combustibles brûlés par la flotte à vapeur fluviale ; viennent ensuite le charbon (18 0/0) et le bois (11 0/0).

Sur le Volga, en particulier, les bateaux à vapeur sont : soit des remorqueurs, soit de grands porteurs de voyageurs et de marchandises. La plupart sont à roues.

Les remorqueurs peuvent atteindre 80 m de long et 500 chevaux de

force ; en général, ils ont seulement une cinquantaine de mètres et 300 à 375 chevaux. Ils tirent deux ou trois grandes barques, ou trois ou quatre plus petites, en file. Vitesse moyenne, à la remonte, 3 à 6 km. à l'heure ; à la descente, 10 à 12 km.

Les bateaux à voyageurs desservent le fleuve, de Tver jusqu'à Astrakhan, d'une façon remarquable ; entre Rybinsk et Nijni, on a cinq bateaux par jour dans chaque sens. Ils sont construits, au moins les plus nouveaux, sur le type américain des grands bateaux du Mississipi : faible tirant d'eau et superstructures très importantes, à deux, même à trois étages au-dessus du pont. Longueur, 60 à 95 m ; largeur, 6 à 10 m ; tirant d'eau, 0^m,90 à 1^m,80 ; force 1 100 chevaux, assurant plus de 20 km. à l'heure. Grand confortable, éclairage à l'électricité, salons luxueux, cabines vastes et élégamment meublées. Une quarantaine de passagers de première classe ; une cinquantaine de seconde ; jusqu'à mille de troisième, ceux-ci couchant sur le pont ou dans des salles communes. Tarifs très bas : de Rybinsk à Nijni, trajet de 464 km., on paye, nourriture non comprise, 12 fr. 60 en première, 8 fr. 75 en seconde, 3 fr. 85 en troisième ; c'est seulement par kilomètre, 0 fr. 027 en première, 0 fr. 019 en seconde, 0 fr. 008 en troisième. Les tarifs descendent même encore un peu plus bas sur certaines Compagnies.

Flotte à voile et à remorque.

La flotte à voile et à remorque sur les voies fluviales de la Russie d'Europe n'a presque pas augmenté pendant le dernier quart du siècle, quant au nombre des embarcations, mais elle s'est accrue sensiblement sous le rapport du tonnage (cette augmentation s'évalue à 46 0/0 pendant la période de l'année 1884 à l'année 1895). Voici les chiffres :

ANNÉES	NOMBRE D'EMBARCATIONS	CHARGEMENT possible total en milliers de pouds (1)	CHARGEMENT MOYEN d'une embarca- tion en pouds (1)	PRIX COUTANT en milliers de roubles	CHIFFRE DE L'ÉQUIPAGE
1884 (2)	20 095	362 166	18 000	32 105	94 099
1890	20 125	401 249	20 000	38 328	90 356
1895	20 580	526 941	26 000	46 025	95 607

(1) 1 poud = 16^k,38.

(2) Ces chiffres se rapportent aux années de recensements généraux de la flotte fluviale russe. Le premier de ces recensements a eu lieu en 1884, les suivants en 1890 et en 1895 ; il en était prévu un nouveau en 1900.

D'après le dernier recensement (1895), cette flotte compte, par conséquent, 20 580 embarcations pouvant charger 526 941 000 pouds ou 8 624 000 t.

*Tonnage des marchandises transportées sur les voies navigables
de la Russie d'Europe.*

Le transport des marchandises sur les voies navigables de la Russie d'Europe (à l'exception de la Finlande, du Caucase et de la Pologne) a atteint, en 1897, 1 025 millions de pouds, le flottage du bois 675 millions de pouds ; par conséquent le total a été de 1 700 millions de pouds ou presque 28 millions de tonnes.

Le tableau suivant donne les chiffres des transports dans les années précédentes (en milliers de pouds) :

ANNÉES	TRANSPORT sur les embarcations	FLOTTAGE	TOTAL
En 1871	380	244	624
Moyenne pour la période :			
De 1871 à 1875	399	354	753
— 1876 à 1880	459	392	852
— 1881 à 1885	476	376	852
— 1886 à 1890	572	443	1 015
— 1891 à 1895	727	501	1 228
En 1896	896	657	1 553
— 1897	1 025	675	1 700

On voit, par conséquent, que la quantité totale de marchandises transportées sur les voies fluviales de la Russie a presque triplé de l'année 1871 à l'année 1897, ayant atteint une augmentation de 172 0/0 ; cette augmentation est particulièrement constante et régulière dans la deuxième colonne, c'est-à-dire par rapport au transport des marchandises sur les embarcations.

La comparaison de ces chiffres, qui témoignent d'un développement considérable des transports (qui ont triplé) avec les données sus-indiquées sur l'augmentation du nombre des bateaux à vapeur, pendant la même période (augmentation de quatre fois et demie) et sur la capacité

totale de la flotte à voile et à remorque (dont le nombre d'embarcations n'a presque pas changé), nous amène à signaler une augmentation constante de la moyenne du chargement de chaque embarcation et, en premier lieu, un développement considérable de la navigation à vapeur sur les voies fluviales de la Russie d'Europe.

Sur le Volga, le tonnage, dans les deux sens, transporté en 1896 atteint à Kazan le chiffre considérable de 8 millions de tonnes.

Le parcours moyen d'un poud de marchandises sur les voies navigables de la Russie est de 776 verstes. La quantité totale du travail de ces voies a atteint, en 1897, le chiffre de 1 319 milliards de pouds-verstes, soit 23 milliards de tonnes-kilomètres.

Ce travail ne cède presque en rien au roulement de tout le réseau des chemins de fer russes, quant au transport des marchandises à petite vitesse, qui s'est élevé, en 1897, à 1 373 milliards de pouds-verstes ou 24 milliards de tonnes-kilomètres.

Si l'on compare le chiffre relatif au tonnage des voies navigables de la Russie d'Europe avec les indications similaires relatives à l'Allemagne et à la France, on trouve les chiffres ci-après :

ANNÉES CONSIDÉRÉES	ALLEMAGNE	FRANCE	RUSSIE
	EN MILLIONS DE TONNES-KILOMÈTRES		
1895	7 500	3 780	»
1897	»	4 150	23 000
1898	10 700	4 577	»

Influence du développement du réseau des voies ferrées sur le trafic des voies navigables.

Le développement constant et considérable du transport des marchandises sur les voies navigables de la Russie d'Europe coïncide avec une extension rapide du réseau des chemins de fer, ce qui démontre qu'en Russie également, les communications fluviales ne font que gagner d'importance à mesure de la construction de nouvelles voies ferrées.

Les marchandises transportées par eau — relativement à de grandes distances — sont principalement des marchandises d'un grand volume ou de peu de valeur, comme le bois, les différents matériaux de cons-

truction, le naphte, etc., auxquelles le bas prix du transport importe plus que sa vitesse. D'un autre côté, les chemins de fer qui aboutissent aux voies fluviales attirent, par ces dernières, beaucoup de marchandises qu'ils transportent ensuite à leur destination, et ils leur transmettent à leur tour une partie de leurs marchandises.

Frêts sur les voies navigables en Russie.

On peut juger de l'importance des voies fluviales pour le transport à bas prix des marchandises de moindre valeur par les chiffres suivants, qui indiquent les frêts existant en 1895-1897 sur les deux artères principales, notamment sur le Volga et la Kama.

Transport du naphte et de ses produits, 1/289 kopeck par poud-verste ou 0 fr. 0053, par tonne-kilomètre ;

Transport du sel : 1/273 kopeck par poud-verste ou 0 fr. 0056 par tonne-kilomètre ;

Transport du fer et de la fonte : 1/236 kopeck par poud-verste ou 0 fr. 0063 par tonne-kilomètre.

Transport du grain : 1/197 kopeck par poud-verste ou 0 fr. 0077 par tonne-kilomètre.

Transport du poisson : 1/97 kopeck par poud-verste ou 0 fr. 0159 par tonne-kilomètre

2° Russie d'Asie.

*Divers renseignements sur les voies navigables
de la Russie d'Asie.*

Au point de vue de la quantité des transports, les voies navigables de la Russie d'Asie ont une importance bien moindre que celles de la Russie d'Europe, cette partie de l'Empire étant très peu peuplée et le climat fort rigoureux.

Mais leur développement est plus étendu ; les voies navigables de la Russie d'Asie comprennent notamment 188 fleuves et rivières, 4 lacs et

1 canal, qui offrent, à la navigation et au flottage, une étendue totale de 82 816 verstes ou 88 365 km., dont :

a) 35 639 verstes de voies servant uniquement au flottage du bois ;
 b) 2 172 verstes de voies servant à la descente des bateaux par le courant ;

c) 45 005 verstes de voies servant à la navigation en amont et en aval.
 La navigation à vapeur a lieu sur une étendue de 32 501 verstes.

Les voies de navigation *artificielles*, c'est-à-dire les canaux et les parties de rivières éclusées, ne comprennent qu'une étendue de 149 verstes dans le système de jonction de l'Obi avec l'Enisseï.

Il n'existe en Sibérie qu'un seul système de voies de navigation artificielle : celui de l'Obi-Enisseï. Ce système n'est pas encore définitivement organisé et sa navigation n'est pas encore importante, mais il a déjà donné à la Sibérie une voie fluviale ininterrompue de l'occident à l'orient, d'une longueur de 6 000 verstes, à partir de la ville d'Irbit (sur la Nisa, dans la Russie d'Europe) jusqu'à Kiakhtha (sur la Selenga, à la frontière de Chine).

La durée de la navigation sur les voies fluviales de la Russie d'Asie est encore plus variée que dans la partie européenne de l'empire par suite de la grande diversité des conditions climatiques ; elle est généralement moins longue. Elle est en moyenne de six mois sur les parties amont de l'Obi, de l'Irtich et de l'Enisseï, et de huit mois sur le lac Baïkal ; en même temps, à l'embouchure de l'Obi, la navigation n'est possible que pendant trois mois et demi à quatre mois ; à l'embouchure de l'Enisseï, pendant deux mois et demi, et, à l'embouchure de la Léna, pendant deux mois et même moins (il arrive même quelquefois que le delta de la Léna ne dégèle point). L'Amour, dont l'embouchure se trouve dans une région plus tempérée, est, par conséquent, dans des conditions plus favorables ; la navigation sur ce fleuve est possible pendant cinq mois de l'année.

La navigation à vapeur sur les voies fluviales de la Russie d'Asie est déjà fort développée. Le recensement de la flotte de cette région, qui a eu lieu en 1895, porte le nombre total des bateaux à vapeur à 275 ; leur prix coûtant a été de 13 millions de roubles ; le chiffre de leur équipage de 5 987 hommes. Ces bateaux à vapeur naviguaient principalement dans les bassins de l'Obi (41 1/2 0/0 du total) et de l'Amour (42 0/0).

La flotte à voile et à remorque de la Russie d'Asie comptait, en 1896, 818 embarcations, pouvant charger 18 678 500 pouds (305 914 t^x) ; leur prix coûtant était de 8 661 000 roubles ; leur équipage de 7 073 hom-

mes. Cette flotte joue le rôle le plus important dans le bassin de l'Obi (43 0/0 du total), où la moyenne du chargement maximum d'une embarcation atteint 42 000 pouds ou presque 700 t⁵.

Balisage sur les voies navigables.

Le balisage demandant bien moins de frais que toutes les autres mesures d'amélioration des rivières est néanmoins d'une très grande utilité pour la navigation, car il augmente sa sûreté et sa vitesse, surtout sur les voies où ces balises sont organisées de manière à fonctionner jour et nuit (cette condition a une importance toute particulière en Russie où la durée de la navigation est fort courte). Aussi la pose des balises est-elle actuellement l'objet d'une attention spéciale; elle se poursuit depuis 1878 d'une manière systématique et uniforme, en augmentant d'année en année.

L'indication du chenal par des balises se fait sur les fleuves et les rivières ⁽¹⁾ :

Pendant les crues de printemps :

Pour la navigation diurne, sur une étendue de	4 453	verstes
Pour la navigation diurne et nocturne sur une étendue de . . .	9 046	—

Pendant les basses eaux :

Pour la navigation diurne, sur une étendue de	4 648	—
Pour la navigation diurne et nocturne, sur une étendue de . . .	17 283	—

Des signes distinctifs sont encore placés pour l'indication du chenal dans les lacs Ladoga, Ilmen et Onéga, notamment des phares fixes, des bouées (dont quelques-unes éclairées, système Pintch) et des perches.

En particulier, d'importants travaux de balisage ont été exécutés sur toute la longueur du Volga. Nécessaires en basses eaux, lorsque le chenal serpente entre des bancs de sable, ils le sont aussi lors des crues, quand on navigue dans une sorte de mer. Il arrive, à ces moments, que des bateaux perdent le lit, s'en vont au hasard au-dessus des terres submergées et s'échouent à 10 ou 15 km. du fleuve, si la baisse les surprend errant ainsi hors de la route.

Le chenal est balisé par des bouées flottantes et par des amers sur la rive, peints en vert à gauche, en rouge à droite. Des postes échelonnés indiquent, à l'aide de ballons et de pavillons, la profondeur de l'eau. Des

(1) D'après les chiffres de 1893.

signaux sont aussi placés aux passages difficiles. Une partie sont lumineux, pour que la navigation, avec de bons pilotes, puisse se continuer la nuit.

Une organisation intéressante avertit d'ailleurs constamment les marins des hauteurs d'eau sur lesquelles ils peuvent compter. Vingt-huit postes d'observations, de Rybinsk jusqu'à la mer, surtout de Rybinsk au confluent de la Kama, région où les maigres sont les plus dangereux, transmettent télégraphiquement et centralisent leurs indications à Nijni-Novgorod. Elles y sont publiées dans une gazette tirée à 2 000 exemplaires distribuée gratuitement aux patrons de bateaux. On y donne aussi tous renseignements utiles, transmis par des correspondants de tout le bassin du Volga.

Surveillance de la navigation et du flottage.

Les lois existantes attribuent au Ministère des voies de communication la faculté de publier des règlements concernant l'ordre et les conditions du passage des bateaux sur les voies navigables intérieures, leur distribution dans les points d'arrêt, le passage par les voies artificielles et le flottage du bois. Il est également chargé de la surveillance de la navigation.

Conformément à cette loi, le Ministère des voies de communication publia, en 1878, un règlement temporaire obligatoire de la navigation sur les voies intérieures, règlement qu'il modifia et compléta dans la suite. La Direction des voies navigables élabore actuellement un nouveau projet de règlement de la navigation sur les voies intérieures ; elle projette en particulier des inspections périodiques obligatoires, par des agents du gouvernement, de tous les bateaux à vapeur naviguant sur les voies intérieures, et elle prévoit différentes conditions nécessaires pour obtenir le droit de conduire les bateaux à vapeur et leurs machines, etc.

La surveillance de la navigation est confiée à des inspecteurs spéciaux qui dépendent de l'administration des arrondissements des voies de communication.

Sur les rivières qui n'ont pas d'écluses, cette surveillance est ordinairement séparée de la surveillance technique de la rivière et de ses constructions, confiée à des ingénieurs spécialistes ; dans ce dernier cas, les inspecteurs de navigation sont principalement choisis parmi les officiers

de marine en retraite et ont à leur disposition des bateaux à vapeur spéciaux. Sur les voies de navigation artificielle, notamment les canaux et les rivières éclusés, la surveillance de la navigation est ordinairement confiée à l'ingénieur qui exerce l'inspection technique des travaux existants.

Le service de l'inspection consiste principalement dans la surveillance concernant l'exécution des règlements et l'assistance, en cas d'accidents ; il augmente particulièrement d'intensité pendant les périodes de la décrue. Des postes spéciaux sont alors créés sur les bas-fonds les plus difficiles pour fixer l'ordre du passage des bateaux, pour les mesurer afin d'éviter l'encombrement de ces bas-fonds par des embarcations d'un trop grand tirant d'eau, etc.

Déblaiement des arbres déracinés et des pierres.

La navigation rencontre un obstacle et même un danger sérieux dans les pierres et les arbres déracinés qui se trouvent au fond des rivières. Ils proviennent de différentes origines ; tantôt ils tombent des rives détruites par l'eau, tantôt ils sont apportés pendant la crue et le passage de la glace, ou bien ils sont mis à découvert par les eaux qui creusent de nouveaux lits. Pour éloigner ces obstacles, le Ministère a organisé des travaux systématiques de déblaiement au moyen de dragues spéciales munies de chalands ; le nombre de ces engins, augmentant d'année en année, a atteint 134 en 1900.

Approfondissement du chenal (développement des moyens de dragages).

Les travaux de dragage, qui sont actuellement le meilleur moyen de conserver la profondeur du chenal dans les rivières, prennent une extension toujours croissante sur les voies navigables de la Russie. Les améliorations considérables apportées aux engins de dragage permettent aujourd'hui de déplacer, avec une grande célérité et à peu de frais, des masses énormes de terrain ; les dépenses que comporte l'acquisition de ces engins sont relativement modérées, si on les compare aux sommes colossales que demanderait une amélioration radicale de toutes les rivières russes, dont l'étendue est si grande. Les navigateurs accueillent

avec une sympathie constante tous les travaux de dragage, vu leurs résultats évidents et rapides. Toutes ces considérations ont été autant de motifs pour engager particulièrement le Ministère des voies de communication à pourvoir les voies navigables d'une flotte de dragage destinée à entretenir constamment la profondeur du chenal. Pourtant, ce n'est guère qu'à partir des années 1892 et 1893 que l'on commença à augmenter énergiquement la flotte de dragage sur les voies navigables de l'intérieur de l'Empire.

La drague à godets refouleuse est le type prédominant sur les rivières russes; les dragues suceuses sans désagréateurs n'y sont presque pas employées (à l'exception d'une drague suceuse sur le Volga, d'un rendement d'à peu près 100 m³ par heure); il n'existe également qu'une drague unique à un seul godet du système américain.

La seule drague suceuse à désagréateurs, qui se trouve dans les canaux du lac Ladoga, est du système de l'ingénieur français Vernaude; son rendement est de 150 m³ par heure; le terrain y est refoulé par des conduites flottantes.

Deux dragues du système Lindon W. Bates, ont été commandées à la Société anonyme « John Cockerill, » à Seraing (Belgique). Ces dragues peuvent fonctionner séparément ou accouplées ensemble; dans le dernier cas, leur rendement total par heure est fixé par le contrat à 3 000 m³ de sable de rivière ordinaire, en cas d'enlèvement d'une couche de terrain d'à peu près 3 pieds 1/2 (1^m,07) d'épaisseur, et à 1 500 m³, en cas d'enlèvement d'une couche de près de 2 pieds (0^m,60).

Le déblai doit être conduit à 213 m par des conduites flottantes.

Le rendement de ces deux dragues obtenu pendant les essais faits en Belgique, en 1899, a sensiblement dépassé les conditions du contrat; de nouvelles expériences, faites par une commission spéciale dans le port de Saint-Petersbourg, ont également été fort satisfaisantes. A l'ouverture de la navigation de 1900, ces deux dragues ont dû être expédiées de Saint-Petersbourg sur le Volga, pour y travailler constamment.

On peut juger des progrès du dragage sur les voies navigables de la Russie par les chiffres suivants :

Le rendement total par heure de toutes les dragues sur ces voies était de 698 m³ au 1^{er} janvier 1890, de 3 252 m³ au 1^{er} janvier 1895, et de 9 867 m³ au 1^{er} janvier 1900 (en comptant dans ce dernier chiffre toutes les dragues en construction).

La Direction des voies navigables, des chaussées et des ports de

commerce avait à sa disposition, au 1^{er} janvier 1900, sur les voies navigables de l'intérieur, une flotte composée de la manière suivante :

A) *Dragues à godets :*

D'un rendement de 250 m ³ par heure	12
— de 150 à 250 m ³ par heure	5
— de 100 à 150 —	13
— de moins de 100 —	32

B) *Dragues suceuses à désagréateurs et sans désagréateurs.*

D'un rendement de 1 500 m ³ par heure (système Lindon W. Bates) . . .	2
D'un rendement de 100 à 150 m ³ par heure	4

C) *Drague à un seul godet*

1

D) *Bateaux et chaloupes à vapeur :*

Pour le service de dragages, etc	29
— d'inspection	98

E) *Chalandes :*

Pour le transport de terres et autres embarcations analogues	215
--	-----

Pourtant, les ingénieurs russes ne se contentent pas de rechercher l'amélioration des voies fluviales par les seuls dragages. Dans un article (1) qu'ils ont publié dans les *Annales des Ponts et Chaussées* (1^{er} trimestre de 1900), MM. Fontaine, Ingénieur en chef des Ponts et chaussées, et Suquet, Ingénieur ordinaire, ont donné des indications sur les travaux que l'on exécute sur le Volga concurremment avec les dragages.

Pour fixer le chenal, il arrive souvent, quand celui-ci a été approfondi ou débarrassé des écueils par les moyens mécaniques, qu'on a recours à des digues longitudinales et des épis en enrochements ou en fascines très résistants et arasés entre les eaux moyennes et les hautes eaux.

D'une façon générale, ces ouvrages sont fondés sur des tapis en fascinages de 0,60 d'épaisseur débordant d'ordinaire l'ouvrage de 2 à 8 m à l'amont et de 8 à 12 m à l'aval.

Les épis et les digues sont arasés en moyenne à 1 m. au-dessus de l'étiage et présentent une largeur en couronne qui est de 2^m,10, pour les premiers, et de 3 m pour les secondes.

(1) Nous avons déjà emprunté quelques-uns des renseignements donnés dans le présent mémoire à l'article en question.

On a recours également à des défenses de berges qui se font le plus souvent à l'aide de forts revêtements en fascinage.

Construction et amélioration des voies de navigation artificielle.

On n'a créé qu'une seule nouvelle voie de navigation artificielle pendant ce dernier quart du siècle (1875-1900), celle de l'Obi-Enisseï, qui réunit les deux bassins en question, (par la rivière Jasewaïa, affluent de l'Obi, et le Kass, affluent de l'Enisseï). Cette voie a été réalisée d'après un programme bien plus modeste que n'avait été le projet, et sa navigation est encore peu importante.

Sur la Moskowa, on avait accordé primitivement à une société privée une concession qui l'autorisait à construire des écluses entre Moscou et le confluent de la Moskowa et de l'Oka; le Gouvernement, projetant actuellement le rachat de cette concession, élabore en même temps un projet d'amélioration de l'Oka, en aval de la Moskowa, au moyen de barrages et d'écluses.

On a également fait, pendant cette période, des recherches et des projets se rattachant à de nouvelles voies entre le lac Onéga (bassin de la Néva) et la mer Blanche, d'un côté, et entre le haut Dniéper et la Duna d'un autre. Enfin, on a fait, de 1893 à 1895, des explorations, et on a préparé un projet d'amélioration radicale de la navigation dans les cataractes du Dniéper, à l'aide de canaux et d'écluses; ce dernier projet n'a pas encore été exécuté à cause des grandes dépenses qu'entraînerait sa réalisation.

Les travaux réalisés depuis 1875 sur les voies existantes n'ont été que des travaux d'amélioration successive, sauf le système Marie, qui a été refait d'après un nouveau projet plus vaste et qui a une importance toujours croissante, étant l'unique voie appropriée au transport en masse, sur de grands bateaux, du grain expédié du bassin du Volga à Saint-Petersbourg et du bois provenant des régions septentrionales de l'Empire.

On a entrepris en 1890 une reconstruction capitale de toutes les parties du système, dans le but de le faire accessible aux embarcations de 64 m de longueur, 9^m,60 de largeur et d'un tirant d'eau de 1^m,78, pouvant charger jusqu'à 41500 pouds ou 680 t^s (au lieu de 160 t^s en 1810 et 300 t^s en 1862). Ce projet a exigé la reconstruction de toutes les écluses dans la jonction des deux bassins (avec la démolition de

toutes les écluses à deux sas), et d'importants travaux de redressement des rives entre les écluses; le haut Scheksna, qui avait été libre jusqu'alors, fut endigué par quatre barrages du système Poirée, avec la construction simultanée d'écluses en maçonnerie de dimensions exceptionnelles, adoptées pour le passage simultané d'un bateau à vapeur avec plusieurs embarcations remorquées en une fois. Au point de vue de leur longueur (340 m), ces écluses n'ont pas leurs pareilles dans le monde.

La majeure partie des travaux d'amélioration du système Marie que nous venons de décrire ont été terminés en 1896.

NAVIGATION INTÉRIEURE

RIVIÈRES ET CANAUX

PAR

M. GALLIOT

INGÉNIEUR EN CHEF DES PONTS ET CHAUSSÉES

Les questions relatives à la navigation intérieure se sont présentées à l'Exposition sous deux formes distinctes : d'une part, les salles d'exposition ont offert à la vue des visiteurs soit des modèles, soit des dessins des divers appareils ou organes nouveaux employés sur les rivières et les canaux; d'autre part, le Congrès qui s'est réuni du 28 juillet au 3 août a permis aux inventeurs ou aux personnes qui s'occupent de ces questions de faire connaître les solutions les plus nouvelles de différents problèmes relatifs à cette matière, dont on cherche encore la solution ou tout au moins des perfectionnements aux solutions déjà trouvées.

Dans cette Revue, nous ferons deux parties, correspondant chacune aux deux catégories de faits qu'on vient d'indiquer : la première portera sur l'Exposition proprement dite, c'est-à-dire sur les modèles et dessins exposés; la seconde sera un résumé de ce qui s'est dit au Congrès.

On a cherché autant que possible à présenter ici des descriptions originales empruntées aux exposants eux-mêmes ou à reproduire les parties essentielles des exposés présentés au Congrès; l'auteur du compte rendu s'est contenté, le plus qu'il a pu, d'ajouter seulement quelques réflexions personnelles.

Aussi bien pour ce qui concerne les objets exposés que pour les discussions produites devant le Congrès, on suivra ici l'ordre suivant : bateaux automobiles, bateaux remorqueurs ou toueurs et enfin moyens de halage ne rentrant pas dans les catégories précédentes.

Objets exposés.

La navigation de plaisance sur les voies de navigation intérieure était représentée par trois petits bateaux présentant chacun des caractères fort intéressants.

Le plus petit provenait de la maison Escher Wyss et C^{ie} de Zurich (Suisse).

Nous en empruntons la description au prospectus de cette maison.

Le bateau à naphte exposé par la maison Escher Wyss et C^{ie} est construit complètement en aluminium. Il est équipé et muni d'un moteur à naphte. Les pièces de fonte de la machine, toute la tuyauterie, la cheminée, la bache de la chaudière et même l'hélice sont entièrement en aluminium.

Depuis que la fabrication de l'aluminium est devenue possible par les procédés électrolytiques et qu'il en est résulté une certaine baisse de prix, ce métal si léger a pu être admis dans la construction des bateaux. Le premier bateau de ce genre a été construit par Escher Wyss et C^{ie} en 1890 et a marché à l'Exposition internationale d'électricité de Francfort-sur-le-Mein, en 1891 ; il a excité l'intérêt général par ses formes élégantes et son aspect brillant. L'aluminium provient de la Société anonyme pour l'industrie de l'aluminium à Neuhausen (Suisse) et la Maison Escher Wyss et C^{ie} a, depuis environ dix ans, fait une branche à part de cette spécialité de bateaux.

Le bateau exposé possède les dimensions suivantes : longueur 6 m, largeur 1^m,30, hauteur 0^m,730, tirant d'eau 0^m,520. Il peut recevoir 8 à 10 passagers et est du poids de 440 kg. complètement équipé. Le moteur à naphte est de la puissance de deux chevaux.

Les photographies et plans exposés autour du bateau montrent un certain nombre de bateaux en aluminium de diverses grandeurs, ainsi que des bateaux électriques et petits bateaux à vapeur. Une partie des bateaux en aluminium est représentée en pièces démontables, genre de construction qui convient tout spécialement pour bateaux à voile ou bateaux à moteurs destinés à être transportés dans l'intérieur des continents. Le plus grand bateau en aluminium « Ukerewe », construit jusqu'ici, est un bateau à vapeur, démontable, à double hélice, commandé par le Gouvernement allemand pour la navigation sur le lac Victoria Nyanza (Afrique). Il possède les dimensions suivantes : longueur 13 m, largeur 2^m,700, hauteur 1^m,450, tirant d'eau 1 m. Il peut recevoir 50 à 60 passagers et pèse avec équipement complet environ 6 000 kg.

Les moteurs à vapeur de naphte sont représentés par quatre moteurs tels qu'ils sont construits depuis douze ans environ. L'un des modèles exposés montre le type adopté par les marines de guerre de divers pays pour leurs embarcations. Ces dernières se distinguent de leurs congénères à vapeur par un poids considérablement moindre, des frais d'acquisition beaucoup plus modiques, le grand avantage d'une mise sous pression de marche obtenue en une à deux minutes et un rayon d'action beaucoup plus étendu.

Le moteur à naphte travaille d'une manière complètement semblable à une machine à vapeur ordinaire et ne doit pas être confondu avec les moteurs à explosions successives, tels que les moteurs à pétrole, à benzine, etc. Ce qui caractérise essentiellement le moteur à naphte, c'est qu'aucune explosion de vapeur n'agit sur le piston, mais la simple pression de vapeur de naphte, ce qui permet de donner au bateau à volonté, comme avec les machines à vapeur, le mouvement d'avant, de stop ou d'arrière, sans l'inconvénient des moteurs à mouvement continu, des volants, de l'embrayage de l'arbre de couche et du renversement des ailes de l'hélice.

Tout à côté de l'exposition Escher Wyss et C^{ie} se trouvait celle de la Société Martini et C^{ie} de Frauenfeld (Suisse), qui exposait un petit bateau pouvant porter huit à dix personnes, construit et armé avec un très grand luxe.

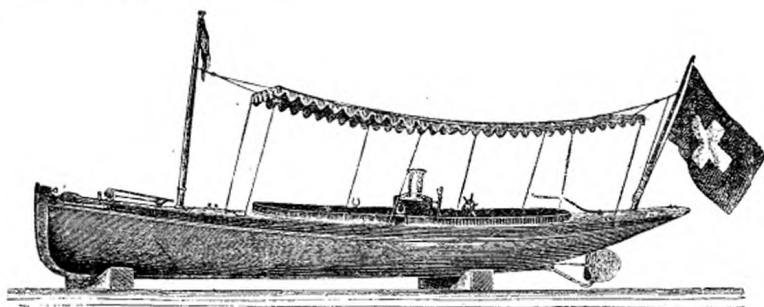


Fig. 1. — Bateau Martini.

Voici la description sommaire de cette embarcation :

Sa longueur est de 8^m,30, la largeur 1^m,60, le creux de la cale 0^m,80, le tirant d'eau devant 0^m,17 et derrière 0^m,45.

La coque, le pont, le plat bord sont en acajou ; la quille, l'étrave, l'étambot, les côtes, les coussinets, les rables et les bancs sont en chêne.

Le moteur, développant 2 chevaux 1/2, est un moteur à benzine, système vertical, à un cylindre, avec appareil magnéto-électrique et carburateur, système Longuemare.

Diamètre du cylindre 86 mm.

Course du piston 150 mm.

Révolutions par minute 700.

L'hélice, à deux ailes mobiles, a un diamètre de 450 mm. Le changement de marche se fait moyennant débrayage d'un levier actionnant un engrenage différentiel.

MM. L. Smit et fils, de Kinderdijk (Hollande), avaient également ex-

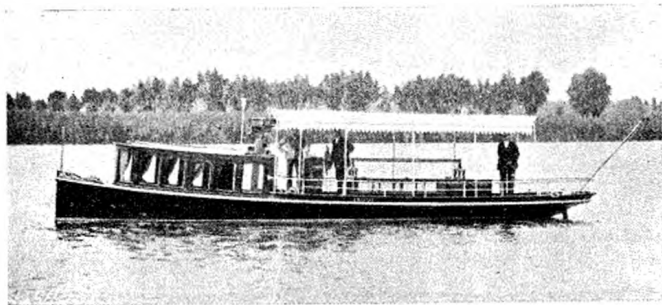


Fig. 2. — Bateau Smit et fils.

posé des yachts électriques, à la classe 33. Cette maison construit

quatre types principaux ; la longueur varie de 8^m,60 à 12 m et la vitesse de 9 à 12 km. à l'heure en allure normale.

Les constructeurs indiquent comme il suit le but qu'ils poursuivent et les avantages qu'ils croient avoir acquis :

L'usage de l'électricité trouve, dans la construction navale, une application de plus en plus étendue, grâce aux nombreuses qualités du « bateau électrique ».

Dans la grande majorité des cas, le constructeur se voit forcé de placer les éléments moteurs du bâtiment précisément dans les endroits qui pourraient être les plus pratiquement utilisés. Cela est vrai surtout pour les bâtiments plutôt petits. — Or, comme dans un bateau électrique on peut placer les accumulateurs et les moteurs dans les endroits non utilisables. — sous les sièges, sous le plancher, etc., — il résulte de l'application de l'électricité un avantage inappréciable, à savoir que tout le bateau peut être employé au but auquel il est destiné.

En ce qui concerne le maniement, l'entretien et l'équipage, — trois facteurs de la dernière importance, surtout au point de vue de l'exploitation, — le bateau électrique offre encore de précieux avantages. L'entretien d'abord, n'exige pas la présence d'un praticien. La marche de la machine est réglée par le pilote lui-même, à l'aide d'un levier placé à la portée immédiate de sa main. Comparé au bateau à vapeur, qui exige un personnel assez nombreux, mécaniciens, chauffeurs, graisseurs, etc., l'avantage du bateau électrique est évident.

Grâce au moteur électrique, la poussière, la suie, l'huile, la graisse, la fumée, la chaleur, inconvénients inévitables du bateau à vapeur, sont complètement supprimés.

La vibration et le bruit causés par la machine à vapeur, si désagréables pour les voyageurs, surtout à bord des bâtiments de moindre dimension, sont absolument inconnus au bateau électrique bien construit.

La sécurité à bord des bateaux électriques est absolue.

Les incendies, les explosions n'y sont nullement à craindre.

Le bateau à vapeur a ce grand défaut de ne pas pouvoir être instantanément employé. Pour que l'eau contenue dans la chaudière produise une vapeur d'une tension suffisante, il faut un chauffage préalable qui demande assez de temps. En outre, les bateaux à vapeur à fonctionnement intermittent, s'ils doivent être toujours prêts à marcher, exigent la présence ininterrompue d'un chauffeur, même pendant qu'ils sont inactifs. Le bateau électrique, au contraire, aussitôt sa course finie, ne demande plus aucune surveillance et ne perd plus aucune énergie.

Sous quelques rapports, cependant, le bateau électrique est inférieur au bateau à vapeur.

Le rayon d'action du bateau électrique se trouve assez limité par le fait qu'une fois l'énergie des batteries épuisée, il peut se présenter des difficultés pour le rechargement, les occasions où cela peut se pratiquer étant encore relativement rares. Il est incontestable que, sous ce rapport, le bateau à vapeur l'emporte sur son congénère électrique. Cependant il ne faut pas perdre de vue que les bateaux de petite dimension ne font guère de longs voyages, que le bateau électrique est toujours capable de fournir une marche de 100 km. et que les occasions où l'on peut recharger les batteries vont sans cesse en augmentant, grâce au continuel développement de l'application pratique de l'électricité. En outre, les accumulateurs sont sujets à des perfectionnements presque quotidiens. Il ne faut pas non plus perdre de vue que, actuellement, un grand nombre d'usines, de maisons de campagne et autres, sont pourvues d'une installation d'éclairage électrique, et qu'on trouve là un moyen tout indiqué de rechargement, grâce au fait que le voltage du bateau électrique, qui est de 75 à 150 volts, est aussi celui qui est le plus en usage pour l'éclairage électrique.

Ces petits bateaux présentent de l'intérêt à plusieurs points de vue.

L'emploi de l'aluminium dans les coques paraît très recommandable : il conduit à des constructions extrêmement légères, ayant en conséquence un faible tirant d'eau et une petite section immergée. Non seulement on arrive ainsi à pouvoir naviguer dans des rivières peu profondes, mais, de plus, grâce à la réduction sensible opérée sur la section droite du bateau, la résistance se trouve réduite et, pour obtenir une vitesse donnée, on peut se contenter d'un moteur d'une force moindre, ce qui est un précieux avantage à toutes sortes de points de vue, aussi bien au point de vue du poids que de la dépense de combustible.

L'emploi de moteurs à huiles minérales ou à essences, en remplacement de moteurs à vapeur, constitue aussi, en matière de navigation de plaisance, un progrès sensible. Il supprime deux des inconvénients les plus graves : la fumée et, partant, le facteur le plus important qui contribue à salir bateau et voyageurs et, aussi, les longs délais de mise en marche quand il s'agit de continuer le voyage après un arrêt de quelque importance pendant lequel on a éteint les feux.

L'emploi de l'électricité est plus discutable. La seule source que l'on puisse employer consiste dans les accumulateurs ; c'est un organe lourd, coûteux et dont, en outre, l'inconvénient grave est de ne pouvoir fournir de l'énergie que pendant un temps assez court, au bout duquel il faut, de toute nécessité, pour le recharger, disposer d'une source d'électricité qui ne peut pas même être quelconque, mais qui doit être tout spécialement appropriée aux accumulateurs dont on se sert.

Dans l'état actuel des choses, un bateau électrique ne permet que de toutes petites promenades autour de son point d'attache. Dans des conditions normales, une batterie d'accumulateurs peut fonctionner environ 12 heures ; il faudra donc limiter à ce temps son voyage, aller et retour ; on ne pourra donc guère s'en aller qu'à cinq ou six heures de son point de départ. Avec des bateaux faisant 10 km. à l'heure, les promenades seront limitées dans un rayon de 50 à 60 kilomètres.

Tant qu'on ne trouvera pas plus facilement qu'aujourd'hui de l'électricité à acheter en route, l'avenir du bateau à accumulateurs électriques ne nous paraît pas bien brillant.

La Compagnie Générale de Navigation a fait, dans le palais de la Navigation de Commerce, une exposition très complète et très intéressante de ses types de bateaux.

Cette Compagnie, dont la flotte parcourt à peu près toutes les parties du réseau français, possède un très grand nombre de genres d'embarcations, tant comme barques porteuses que comme remorqueurs et toueurs.

On y trouve d'abord ses bateaux non automobiles, destinés à être remorqués par des moteurs animés ou par d'autres bateaux à vapeur.

Ce sont, en premier lieu, ses chalands de mer, affectés au service de Port Saint-Louis du Rhône à Marseille, et envoyés aussi, suivant les convenances du trafic, à Toulon et Nice d'un côté et à Cette de l'autre.

Ces chalands, très solidement construits pour pouvoir tenir la mer par tous les temps où la remorque est possible, ont des dimensions variant de 48 à 59 m de longueur, 6 m à 7^m,50 de largeur et 2^m,80 à 3^m,20 de creux, et sont munis de deux grues à double harnais pour faciliter la manutention des marchandises.

Sur le Rhône, naviguent d'autres bateaux d'un type tout spécial et très différent de tous les autres.

Ces bateaux étaient autrefois halés par des remorqueurs à grappins, qui ne fonctionnent plus aujourd'hui et dont le dernier, « La Ville d'Avignon » a fait l'objet d'un dessin qui figurait à l'Exposition rétrospective.

Les Grappins étaient utilisés seulement sur le Rhône entre Saint-Louis (primitivement Arles ou Beaucaire) et Lyon ; ils remontaient, suivant les nécessités du service, des convois composés de trois à cinq bateaux chargés, portant ensemble 350 à 550 tonnes de marchandises, et de deux à six bateaux vides. Lorsque les Grappins ne remontaient que des bateaux vides, les convois se composaient de treize bateaux.

Ces bateaux étaient généralement des bateaux en bois du type appelé sur le Rhône *Savoyarde* et naviguant seulement sur ce fleuve. Une particularité de ce genre de bateaux, c'est qu'au lieu d'avoir les bandes verticales, il les a légèrement inclinées en dehors par rapport à la fonçure, ce qui donne plus de facilité pour les manœuvres et les rend plus faciles à remorquer et à gouverner. Le plan qui est à l'Exposition rétrospective représente ce type de bateau, que, selon l'expression employée sur le Rhône, on appelle les *Bateaux Baillés*, dont les dimensions sont assez variables, et qui, sous des noms différents, *sapines*, *siselandes*, *rigues*, *savoyardes* (ce dernier nom s'appliquant aussi très souvent à l'ensemble de ces bateaux), suivant leurs dimensions et quelques modifications peu importantes dans leurs formes, étaient seuls employés pour la navigation du Rhône avant l'apparition des bateaux à vapeur. Les *savoyardes* avaient habituellement 33 à 50 m de longueur et 6 à 8 m de largeur ; on en faisait cependant de beaucoup plus grandes, dont quelques-unes atteignirent jusqu'à 78 m de longueur sur 10^m,50 de largeur pouvant porter 800 t ; mais elles étaient peu maniables, difficiles à gouverner, et d'une navigation dangereuse.

La Compagnie a remplacé ces bateaux en bois par un autre type construit en fer et qu'elle appelle des barques.

Ces barques, qui sont remorquées par des toueurs ou des remorqueurs, ont, en moyenne, les dimensions suivantes :

Longueur, 57 m.

Largeur, 7^m,60.

Creux, 2^m,55.

On a étudié différents genres de formes à l'avant et à l'arrière, y compris la forme en cuiller. Celles qui, jusqu'à présent, ont donné les meilleurs résultats, sont celles qui se rapprochent des formes habituelles des bateaux de rivière, tout en étant plus renflées. Ces barques, qui sont montées par un seul marinier, portent 300 t de marchandises à 1^m,20 de calaison.

Les bateaux affectés aux services des canaux sont de trois types différents.

Sur le canal d'Arles à Bouc, comme sur le canal de Beaucaire à Cette, les transports sont effectués dans des gabarres en tôle de 33 m de longueur et 5^m,75 de largeur, ainsi que dans des bateaux de canal de l'ancien type, c'est-à-dire ayant seulement 30 m de longueur, les écluses ne permettant pas le passage de bateaux plus longs.

Les canaux de Paris à Lyon par la Bourgogne, de Chalon-sur-Saône à Saint-Mammès, par le Centre, du Rhône au Rhin jusqu'à Besançon, de l'Est jusqu'à Nancy, du Nivernais, de Roanne à Digoin et de la Haute-Seine jusqu'à Troyes, sont desservis par des bateaux dits de canal, ayant 38^m,50 de longueur et 5 m de largeur, construits en chêne avec fonçure en sapin.

Ceux de ces bateaux affectés à un service accéléré ont un logement pour le conducteur et sa famille et une écurie pour les chevaux.

La Compagnie fait un service rapide entre Paris et Lyon par la Bourgogne; les bateaux, marchant jour et nuit, effectuent ce trajet de 635 km. en neuf ou dix jours.

Sur le canal de Bourgogne, il y a double équipage et quatre chevaux par bateau, de sorte que la moitié des hommes et deux chevaux se reposent pendant que les autres travaillent.

A côté des dessins de ces bateaux incapables de se mouvoir par eux-mêmes, la Compagnie expose des plans de la plupart de ses types de bateaux munis de machines.

On y trouve toute une série de bateaux porteurs.

Ce sont d'abord les grands porteurs du Rhône dont le type est représenté à l'Exposition par le *Missouri*, dont la coque présente les dimensions suivantes :

Longueur, 135 m.

Largeur, 6^m,35.

Creux, 2^m,80.

Epaisseur des tôles, 4, 5 et 6 mm.

La machine de ce bateau est horizontale à condensation et à détente variable, ayant un seul cylindre de 1^m,60 de diamètre et 2^m,50 de course, avec distribution par soupapes équilibrées.

Les roues ont 6^m,300 de diamètre, elles sont à palettes fixes et alternées pour diminuer le choc en le divisant ; la surface de la double palette, diminuée du croisement, est de 192 décimètres carrés.

La vapeur est fournie par trois corps de chaudières cylindriques à foyer intérieur et à flammes directes dont les données principales sont :

Foyer, 1^m,20 de diamètre sur 4^m,20 de longueur.

Tubes, 0^m,100 de diamètre sur 4 m de longueur (en cuivre à ailerons, système Servej).

Surface de grille : 5^m2,08.

Surface de chauffe : 221 m².

Pression : 6 kg.

Ces chaudières marchent toujours à tirage forcé à la remonte, et brûlent environ 150 kg. par mètre carré de grille.

La machine du *Missouri* développe jusqu'à 1000 chevaux sur les rapides ; la vitesse est d'environ 20 km. à la descente et de 6 km. à la remonte, en moyenne. Ce vapeur peut transporter 500 t à la remonte avec un enfoncement de 1^m,50 ; il porte encore, par les basses eaux, 150 t à 85 cm d'enfoncement. Les grands bateaux du Rhône naviguent seulement entre Lyon et Port-Saint-Louis et, malgré leur longueur, ils gouvernent très bien au moyen d'un gouvernail à compensation produit par une barre franche ; le gouvernail du *Missouri* a une hauteur moyenne de 1 m et 7^m,50 de longueur totale, soit 2^m,50 pour la compensation et 5 m pour la partie arrière ; la barre a 9 m de longueur. Ces bateaux ont à l'avant, comme l'indique le plan du *Missouri*, un pieu appelé *Brick*, portant une crémaillère, commandé par un treuil à engrenage qui permet de le remonter. Le *Brick* sert à ancrer le bateau, soit quand il veut s'arrêter en un point où il n'y pas de moyen d'amarrage, soit en cas d'accident pour empêcher le bateau d'aller à la dérive. En marche, la partie inférieure du *Brick* est à fleur de la fonçure, et dans cette position le sommet ne doit pas dépasser le point le plus élevé des bateaux à cause des ponts ; c'est ce qui en a limité la longueur totale.

La manœuvre consiste à descendre le *Brick* qui dépasse alors la fonçure du bateau jusqu'au point où, dans la limite de sa course, il pénètre dans le lit du fleuve, et constitue ainsi un moyen d'ancrage commode et puissant, utilisable pour les porteurs du Rhône, jusqu'à 4^m,50 de profondeur d'eau.

Au delà de cette profondeur, on n'a plus que la ressource des ancres qui sont d'une manœuvre beaucoup moins facile et moins rapide et de plus chassent souvent.

L'équipage d'un grand porteur se compose de treize hommes, y compris le patron et le mécanicien, soit neuf hommes pour le pont, et quatre pour les machines et chaudières. Les manœuvres sont commandées par le patron qui a la responsabilité du bateau, le capitaine étant seulement un agent comptable qui, dans les manœuvres, transmet à la machine les commandements du patron.

Inutile de s'appesantir sur les anciens porteurs à grappins, puisqu'ils ont disparu et ne sont plus employés.

Le principe mérite cependant d'être rappelé. La machine motrice commandait une grande roue, armée de longues dents, qu'on descen-

daient dans le fond du fleuve sur lequel elle prenait son point d'appui, en en suivant toutes les aspérités.

Lorsque la profondeur du Rhône empêchait la roue à grappins de toucher le fond, le bateau remontait à l'aide de ses roues à palettes, et s'il traînait un convoi, comme c'était ordinaire, il déroulait en arrière un câble en fil de fer, le reliant constamment à ce convoi. Une fois la partie profonde franchie, le bateau laissait retomber sa roue à grappins qui lui servait d'ancre et au moyen de machines spéciales actionnant un treuil, il enroulait le câble le reliant au convoi qu'il attirait ainsi à lui.

Le dernier bateau à grappins qui ait fonctionné avait 97^m,30 de long, 7 m de large et 2^m,90 de creux.

La roue à grappins avait un diamètre de 6^m,50.

Le service des lignes de Paris à Reims et de Paris à Nancy est assuré par de petits porteurs.

Ces bateaux sont en tôle et ont les dimensions des écluses de canaux, c'est-à-dire 38^m,50 sur 5 m. Ils ont une machine pilon pouvant développer 80 chevaux et actionnant une hélice. Leur chaudière est du type ordinaire à retour de flammes ayant 40 m² de surface de chauffe et timbrée à 6 kg. Ces bateaux portent 180 t malgré les espaces occupés par les machines, chaudières et logement de l'équipage.

Les porteurs de la Seine sont de types plus puissants. Il y en a à hélice et d'autres à roues. Ils ont 38^m,50 sur 5 m et portent 100 à 180 t. Leurs machines développent 120 chevaux en moyenne, les chaudières du type marine ont environ 65 m² de surface de chauffe et sont timbrées à 6 kg.

Dans les porteurs à roues, la coque est suffisamment évidée à l'arrière pour que l'extérieur des tambours soit exactement dans le prolongement des bandes des bateaux ; les machines développent 70 chevaux environ, la surface de chauffe est de 35 m² et le timbre de 6 kg.

La Compagnie expose divers types de remorqueurs.

La traversée de Lyon, le service de la Saône et celui de la Seine se font au moyen de ces remorqueurs. Ceux de la Saône sont à une hélice, leur force varie de 125 à 250 chevaux ; ils tirent des convois de cinq à six barques, portant ensemble 1 000 à 1 200 t.

Sur la Seine, il y en a à deux hélices ; ils ont une machine de 300 chevaux et remorquent facilement 1 500 t. Mais en général ils sont du type de la Saône.

L'appareil de navigation le plus intéressant, parmi ceux dont les plans

sont exposés par la Compagnie Générale de navigation, est son système de touage sur câble en relais. La Compagnie le décrit ainsi :

Le touage en relais commence à Tournon (altitude 115^m,439) pour finir au Pont-Saint-Esprit (altitude 37^m,079), soit sur une longueur de 102 km. ; c'est sur cette partie du Rhône que se trouvent les plus forts rapides, la pente moyenne dépassant 0^m,75 par kilomètre et atteignant même plus de 1 m sur certains points avec un chenal très tourmenté et sinueux. Le touage était donc tout indiqué comme moyen économique de remorque, mais la mobilité du fond avait jusqu'alors compliqué le problème ; car, pour les personnes ayant l'expérience pratique du Rhône, il était à craindre que, par les crues un peu importantes, quelques parties du câble ou de la chaîne posés à demeure sur le lit du fleuve ne fussent recouvertes par un déplacement de graviers et très souvent perdues. C'est ce qui amena la Compagnie Générale de navigation à préférer, à tout autre système, le touage sur câbles en relais.

Dans ce système, la partie du fleuve à desservir est divisée en un certain nombre de sections sur chacune desquelles est installé un toueur muni d'un treuil capable d'enrouler un câble ayant toute la longueur de la section. La longueur des sections varie entre 12^{km},500 et 15 km., suivant les circonstances locales. La course d'un toueur est donc limitée à la longueur de son câble comprise entre son point d'amarrage et son extrémité inférieure.

Dans ce parcours ainsi défini, le toueur effectue la remorque de son convoi ; toutes les sections étant juxtaposées, un convoi passe de l'une à l'autre, en s'amarrant successivement au toueur desservant chacune d'elles et franchit ainsi le parcours total. Les toueurs font donc l'office de relais, et l'on peut régler leurs mouvements de façon à ce que, à la fin de chaque journée, ils se trouvent au point amont de leur course, ne laissant ainsi pendant la nuit aucun câble déposé sur le lit du fleuve, ce qui évite complètement les conséquences d'un déplacement du fond.

Il est évident que ce système spécial, qui offre tous les avantages du touage au point de vue du rendement mécanique, est d'une exploitation moins commode que le touage sur chaîne ou câble noyé ; mais pour le Rhône, il s'imposait, ainsi que les faits l'ont bien prouvé. Dès le début de l'exploitation et alors que le personnel inexpérimenté n'assurait pas le fonctionnement d'une façon très régulière, un des toueurs était resté amarré en aval de sa section, lorsqu'une crue survint. A la reprise du service, le câble était recouvert sur une grande partie de sa longueur et l'on dut en abandonner une partie importante après avoir tenté vainement de le relever.

Le matériel de ce service comprend des grands remorqueurs dont les données principales sont les suivantes :

Longueur : 57^m,760.

Largeur : 8^m,250.

Creux : 2^m,820.

Machines :

Diamètre du cylindre HP : 0^m,530.

— — MP : 0^m,830.

— — BP : 1^m,350.

Nombre de tours maximum : 35.

Pression de la vapeur aux machines : 11 kg.

Chaudières (type Niclausse) :

Surface de grille totale : 9^m²,80.

— chauffe totale : 292 m².

Timbre des chaudières : 15 kg.

parties du fleuve sur lesquelles le courant est moins fort et les rapides moins dangereux et plus rares.

L'équipage d'un remorqueur est composé de treize hommes, y compris le patron et le mécanicien, soit sept hommes pour le pont et six hommes pour les machines et chaudières.

Dans la partie du Rhône comprise entre Pont-Saint-Esprit et Tournon, où se trouvent les principaux rapides et les passages les plus difficiles, le service est fait par les toueurs dont les données principales sont les suivantes :

Longueur : 52^m,200.

Largeur : 7^m,500.

Creux : 2^m,350.

Tirant d'eau en ordre de marche, avec le câble enroulé : 0^m,900.

Les formes d'avant du toueur sont assez fines. Le pont s'incline vers le nez du bateau de façon à affleurer presque le niveau de l'eau. Les formes arrière se rapprochent de la forme en cuillère. Sur le pont, et à peu près en son milieu, est installée une passerelle pour le patron qui a sous la main tous les appareils de manœuvre.

Sans entrer dans trop de détails, il semble intéressant de donner ici une description au moins succincte des mécanismes du toueur et de ses manœuvres. A l'avant, le premier appareil est l'appareil-transbordeur, qui a pour but de porter, selon les besoins, le câble de touage à bâbord ou à tribord. Celui-ci passe entre deux tambours de 1 m de diamètre à axe vertical, faisant partie d'un chariot très solide qui coulisse sur un banc transversal au bateau dont il a toute la largeur. Le déplacement du chariot sur son banc est obtenu par la traction de deux câbles en acier attachés audit chariot dans l'axe du banc. Ces câbles, après avoir passé sur deux poulies de renvoi, l'une à bâbord, l'autre à tribord, s'enroulent en sens contraire sur un treuil situé dans l'axe du bateau et actionné par une petite machine à vapeur.

Sur le pont, on voit les tambours de deux treuils de calômage qui, mus par une petite machine à vapeur, servent à enrouler ou à dérouler les câbles d'acier ou calômes qui relient le toueur aux barques remorquées. Les trains se composent habituellement de deux barques chargées. A la remonte, la première barque est à environ 5 à 6 m du toueur auquel elle est reliée par deux calômes croisés, la calôme attachée au treuil de bâbord étant fixée à la bitte d'amarrage tribord de la barque, celle du treuil tribord à la bitte d'amarrage bâbord. La seconde barque suit le sillage de la première avec un espacement de 5 à 6 m également, les calômes reliant les deux barques étant aussi croisés.

Quand le toueur avec son train doit passer dans une courbe, l'action du gouvernail, qui est suffisante dans les alignements droits, serait absolument insuffisante ; le toueur fait alors la manœuvre suivante : supposant la convexité de la rive à tribord, le patron porte le chariot-transbordeur à tribord, ce qui a pour effet d'incliner à bâbord le nez du toueur. Dans certains cas, si par exemple la courbe est très prononcée, cette manœuvre n'est pas suffisante et il faut agir également par les calômes ; le patron, après avoir porté le chariot-transbordeur à tribord, fait alors dérouler la calôme de tribord et, dans ces conditions, la remorque se trouvant n'exercer de traction que sur le treuil de bâbord, on se rend facilement compte du mouvement qui est ainsi imprimé au convoi remorqué sans qu'il soit, semble-t-il, nécessaire d'entrer dans plus de détails.

A la descente, les barques sont en double du toueur. Dans les alignements droits, le train descend naturellement, le câble se déroulant en faisant tourner le treuil. S'il y a lieu de ralentir la marche, on agit sur le treuil par le frein à ruban ; s'il y a lieu, au contraire, de l'accélérer (ce qui est très rare), on met le propulseur en mouvement. Dans les courbes, le patron gouverne au moyen du chariot-transbordeur et du frein. En portant le chariot-transbordeur à tribord, par exemple, et en agissant sur le frein, le câble se tend et exerce une

réaction sur les poulies-guides du transbordeur qui sont en dehors de l'axe du train, cette réaction a pour conséquence de le faire pivoter autour de la poulie du transbordeur et par conséquent de changer la direction de la marche. La pratique a démontré la parfaite sécurité de ce mode de remorque et de gouverne.

Le propulseur du toueur est du type *Salmon* et, en substance, se compose d'un tambour en tôle sur lequel sont fixées des palettes également en tôle ; une enveloppe concentrique enferme, avec un jeu très faible, le propulseur dont le tambour est tangent à la fonçure qui est évidée de telle sorte que la palette, ayant 2 m de longueur sur 0^m,20 de hauteur, fait saillie sur la fonçure. Ce propulseur est actionné par une machine à vapeur spéciale pouvant développer 220 chevaux.

Ce n'est qu'après de longues recherches que ce propulseur, malgré son très faible rendement, a été préféré aux autres propulseurs comme roues à aubes ou à hélices. La saillie des roues à aubes sur la coque rendait leur emploi impossible, le toueur remorquant à la descente les barques en double, ce qui aurait donné une largeur exagérée au train et aurait rendu très difficile l'amarrage des barques au toueur ; de plus, les palettes auraient constitué une gêne dans la marche sur câble. L'hélice, avec le tirant d'eau si réduit dont on dispose, a un très faible rendement ; de plus, étant donnée la configuration du bateau, sa position rationnelle aurait été à l'avant ; par conséquent, dans les manœuvres d'abordage, le câble qui, souvent prend alors beaucoup de mou, risquerait fort de s'engager ; et, dans ces manœuvres, comme dans les cas de rupture de câble, l'hélice devrait battre arrière, ce qui diminuerait encore son rendement. Tout bien considéré, il parut que l'hélice n'offrait pas, dans ce cas spécial, de supériorité sérieuse sur le propulseur *Salmon* et présentait de grandes chances d'avaries pour le câble.

Dans ces conditions, le propulseur *Salmon* a été adopté, son défaut de rendement ne pouvant constituer une dépense sérieuse, car il y a lieu de remarquer ici que dans l'exploitation du touage sur le Rhône, le fonctionnement du propulseur est très peu fréquent ; il sert seulement à faciliter les manœuvres d'abordage et le démarrage du treuil quand on veut descendre le courant, et, si celui-ci est insuffisant, il donne un complément de vitesse. Enfin, en cas de rupture de câble, l'office du propulseur est seulement de maintenir le train en ordre en le laissant dériver, car il était inadmissible de penser à lutter contre le courant, à moins de munir le toueur d'un propulseur très puissant et de machines et de chaudières proportionnées, ce qui aurait détruit toute l'économie du système.

Le treuil de remorque, en acier coulé, a un diamètre de 1^m,50 sur 3^m,50 de longueur ; une des flasques porte l'engrenage et l'autre une poulie pour frein à ruban. Il est actionné par une machine à vapeur spéciale pouvant développer 220 chevaux. Un dispositif mécanique, dont la description serait trop longue ici, résout d'une façon très heureuse le difficile problème de l'enroulement automatique du câble, de telle manière que la dernière couche est aussi bien enroulée que la première.

Le câble employé est du type *Excelsior*, d'un diamètre extérieur de 22^{mm},8 et pesant 2^{kg},650 le mètre courant, ayant une résistance à la rupture de 36 à 37 t, tandis que d'après les expériences faites avec le plus grand soin, on admet que l'effort moyen de traction pour remorquer deux barques de 300 t devrait être compris entre 6 et 7.000 kg., pouvant atteindre, en raison d'efforts momentanés et accidentels, 10 à 12.000 kg. Le câble *Excelsior*, plus coûteux comme fabrication, a été préféré après des essais minutieux au câble ordinaire pour les motifs principaux suivants : sous l'influence de la traction, son diamètre ne change que d'une façon insignifiante, ne diminuant, et cela d'une façon très lente, que par l'usure des fils de surface. Grâce à sa surface lisse, l'usure des divers tambours de guidage est beaucoup moins rapide qu'avec le câble toroné ordinaire et son enroulement sur le treuil, qui était une des plus grandes difficultés du problème se réalise infiniment mieux.

La vapeur nécessaire au fonctionnement du toueur est fournie par deux chaudières tubulaires à retour de flammes, timbrées à 7 kg. et ayant une surface de chauffe de 60 m². On a mis deux chaudières pour que, en cas d'avarie à l'une d'elles, on puisse marcher encore avec l'autre, de façon à ne pas être obligé d'arrêter immédiatement le fonctionnement du touage.

Le nombre d'hommes nécessaires au fonctionnement du toueur est de six, y compris le patron et le mécanicien, soit trois hommes pour le pont et trois hommes pour les machines et chaudières.

Le touage par relais et les appareils qui y servent sont en eux-mêmes extrêmement intéressants; il y a là un système tout spécial et tout nouveau, basé en même temps sur une idée qui n'avait été jusqu'ici mise en pratique que sur une très faible échelle.

L'expérience paraît avoir bien réussi; néanmoins, il est prudent de réserver encore son appréciation; pour juger un système aussi particulier, il est bon de lui laisser d'abord faire longuement ses preuves.

Nous allons maintenant passer à deux autres types de toueurs, dont l'un était représenté par un modèle, l'autre par des dessins seulement.

Le modèle, exposé au Palais de la Navigation de Commerce, représentait un toueur du système de M. de Bovet et qu'il appelle toueurs électriques ou bien toueurs à adhérence magnétique.

Voici quel a été le guide de M. de Bovet dans son étude.

Dans une voie navigable à courant sensible, les toueurs, excellents pour faire la remonte, ne font la descente que dans de mauvaises conditions; il vaudrait mieux, pour ce second cas, leur substituer des remorqueurs; mais alors, si l'on fait toujours marcher les toueurs dans le même sens, comme ils abandonnent toujours toute la longueur de de chaîne enroulée sur leurs tambours à l'extrémité de leur course, on devra passer son temps à allonger la chaîne par l'aval et à la recouper par l'amont; la chaîne cheminera constamment d'aval en amont. Pour éviter cet inconvénient, il faudrait que l'appareil n'exigeât presque pas de mou pour prendre la chaîne.

Je ne puis mieux faire ici que de reproduire l'exposé de l'inventeur:

La réalisation d'un toueur remorqueur dépend uniquement de la découverte d'un appareil de touage qui n'exige qu'une très faible longueur de chaîne, assez faible pour qu'on la puisse trouver toujours aux dépens du mou existant le long de la chaîne sans déplacer celle-ci, soit 3 à 4 m.

On a pensé pour cela à la poulie à empreintes et des essais en ont été faits sur l'initiative de M. Bouquié. Hors quelques cas exceptionnels de canaux où la résistance est partout constante et où on n'avait à développer que de faibles efforts de traction, on n'en a pas obtenu de bons résultats. Cela s'explique aisément; la poulie à empreintes demande une chaîne qui soit et reste calibrée. La pre-

mière condition conduit à un prix d'achat élevé; la seconde est incompatible avec une voie où les efforts sont variables et avec un entretien qui ne soit pas par trop onéreux.

Dans le cas du câble, on a la ressource d'employer la poulie Fowler. Indépendamment des inconvénients inhérents au câble, on n'obtient ainsi qu'une solution tout à fait imparfaite. Les très grands diamètres d'enroulement qu'il faut adopter conduisent à des appareils très encombrants, et sur l'ensemble de la poulie Fowler et des poulies-guides qui la précèdent et la suivent, on arrive à devoir enrouler une longueur de câble qui n'est nullement négligeable.

Il fallait donc chercher autre chose.

Toutes dispositions mécaniques pouvant, avec de la chaîne non calibrée, équivaloir à ce qu'est pour le câble la poulie à mâchoires de Fowler, semblent devoir conduire à une grande complication d'organes, et, d'autre part, le touage, opération en somme brutale, demandant des appareils très rustiques, nous avons pensé à demander à l'action d'un aimant sur le fer de la chaîne l'adhérence dont les toueurs ont besoin.

Il fallait pour cela arriver à placer la chaîne au contact de deux pôles d'électro-aimant très voisins de façon à fermer par son intermédiaire en court-circuit le courant magnétique développé par le passage d'un courant électrique.

La poulie aimantée qui nous a permis de réaliser ce desideratum est en somme un solénoïde à âme en acier doux dont les deux extrémités du noyau sont développées et ramenées au voisinage l'une de l'autre pour former les deux lèvres de la poulie. Les anneaux successifs de la chaîne viennent s'y présenter successivement, l'un dans un plan vertical, l'autre dans un plan normal au premier avec aussi peu de jeu que possible de façon à développer autant que faire se peut les points de contact et à réduire au minimum l'entre-fer.

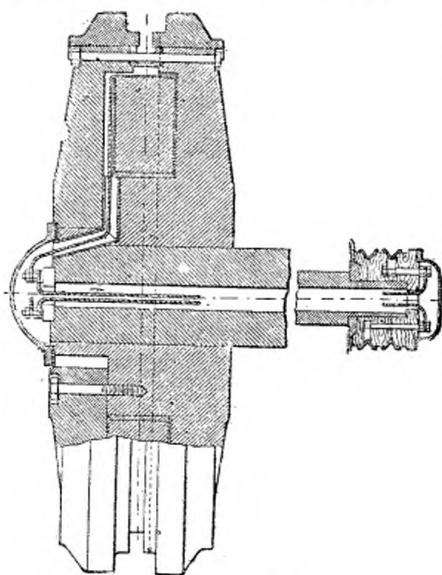


Fig. 4. — Poulie de Boyet.

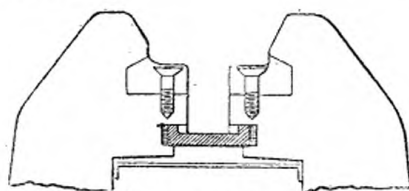


Fig. 5. — Gorge de la poulie

Les dimensions des gorges sont établies d'après celles de la chaîne neuve : on doit donc s'attendre avec de la chaîne déjà usée à une diminution d'adhérence tenant au moindre poids de cette chaîne et à l'accroissement du jeu. Mais il y a lieu de considérer que, si l'entretien de la chaîne se fait correctement, les parties les plus usées se trouvant placées justement dans les endroits où la résistance est moindre, on a besoin de moins d'adhérence.

Il faut enfin considérer que, soit à cause du vrillage de la chaîne qu'on ne peut songer à éviter complètement, soit à cause de la présence des nabots ou fausses-maîles, dont on se sert pour réunir les bouts de chaîne en cas de rupture et qui sont plus volumineux que les anneaux courants, il arrivera de temps en temps que la chaîne se placera mal, restera en partie à cheval dans la gorge intermé-

diare sans se placer dans la petite gorge : il faut que l'adhérence totale soit suffisante pour que le déchet provenant de cette cause n'entraîne pas de glissement.

Les premiers essais de cette poulie ont été faits en vue de la construction de toueurs pour le service de la Seine, à l'aval de Paris, où il faut pouvoir disposer d'un effort de traction pouvant atteindre 5 000 kg. Il était essentiel que la poulie n'ait pas un trop grand diamètre, non seulement pour ne pas compliquer la transmission de mouvement entre la machine et cette poulie qui doit avoir à la gorge une vitesse linéaire lente, mais aussi pour que la longueur de chaîne existant sur l'appareil de touage soit faible. Pour cette dernière raison, il fallait en outre pouvoir se contenter d'une seule poulie sur laquelle la chaîne ferait nécessairement moins d'un tour entier.

Dans ces conditions, l'effort tangentiel de glissement de 5 000 kg. pouvait sembler considérable s'il fallait demander au magnétisme seul la pression normale correspondante. Mais il est à remarquer que la chaîne étant enroulée sur la poulie, l'effet dû à l'enroulement devait venir s'ajouter à l'effet direct d'attraction magnétique. C'est bien ce que montrèrent les premières expériences faites à l'atelier, au repos, sur une poulie en acier doux de 1^m.25 de diamètre à gorge, posée sur un chevalet de façon à ne pas pouvoir tourner.

Il ne suffit pas que la chaîne, à son passage sur la poulie de touage y colle assez pour éviter tout glissement : il faut encore qu'arrivée au point de sortie, elle s'arrache pour aller s'écouler par l'arrière du toneur. On peut évidemment concevoir des procédés d'aimantation qui permettent de n'aimanter la gorge qu'entre les points d'entrée et de sortie : ils sont faciles à imaginer, plus difficiles à réaliser si on se veut tenir à de petits diamètres et surtout il est inconcevable qu'ils puissent conduire à un appareil aussi simple et aussi robuste que celui que nous venons de décrire.

Mieux vaut donc garder celui-là, d'autant plus que, comme on vient de le voir, la pression normale, la force portante entre un anneau et la poulie n'est en somme pas très considérable, et que la chaîne n'a besoin d'être arrachée que anneau par anneau. Cette chaîne devant envelopper sur la poulie de touage un arc qui, selon les besoins, sera fixé entre 180° et 270° devra nécessairement à son entrée et à sa sortie être guidée par des galets convenablement placés : la poulie de touage devant être lourde, comme par ailleurs, il y a un avantage évident à tenir une de ses faces aussi bien isolée que possible magnétiquement pour éviter des pertes de flux, et comme cela conduit à la placer en porte-à-faux au bout de son arbre, il sera rationnel de faire l'enroulement de la chaîne par en dessous parce qu'alors l'effet de traction viendra soulager le poids.

Il y a avantage à enrouler le moins possible sur le galet d'entrée pour n'avoir pas sur ce galet une résultante exagérée : cela conduit à un enroulement d'au moins 180° sur l'autre galet, ce qui est sans inconvénient, puisque la tension de la chaîne sur le brin sortant est à peu près nulle. Puisqu'on a sur le galet de sortie un grand enroulement de chaîne et puisque l'arrachement normal sur la poulie ne demande que très peu d'effort, on comprend qu'il suffira de rendre le galet de sortie moteur, avec exactement la même vitesse linéaire à la gorge que la poulie, et de l'aimanter, lui aussi très légèrement, pour que, d'une part, il arrache la chaîne de la poulie et pour que, d'autre part, la chaîne le quitte facilement puisque l'attraction sur lui sera très faible et que le point de sortie étant au voisinage de diamètre horizontal et la chaîne se mouvant dans le sens convenable, son poids aidera au décollement.

La longueur de chaîne enroulée sur l'appareil de touage que nous venons de décrire est de seulement 3 à 4 m. Cet appareil permet donc dans de bonnes conditions la conduite du bateau, répondant au desideratum que nous avons exposé, bateaux qui proprement se doivent appeler « Toueurs-Remorqueurs ».

Un premier bateau de ce type, avec appareil de touage à adhésion magné-

tique, a été essayé et mis en service par la Compagnie de touage de la Basse-Seine et de l'Oise en 1893. Il a été décrit à l'époque (« Mémoires du V^e Congrès international de navigation intérieure. Mémoire de la Société des Ingénieurs civils, 1893. Revue Industrielle, mai 1893 »).

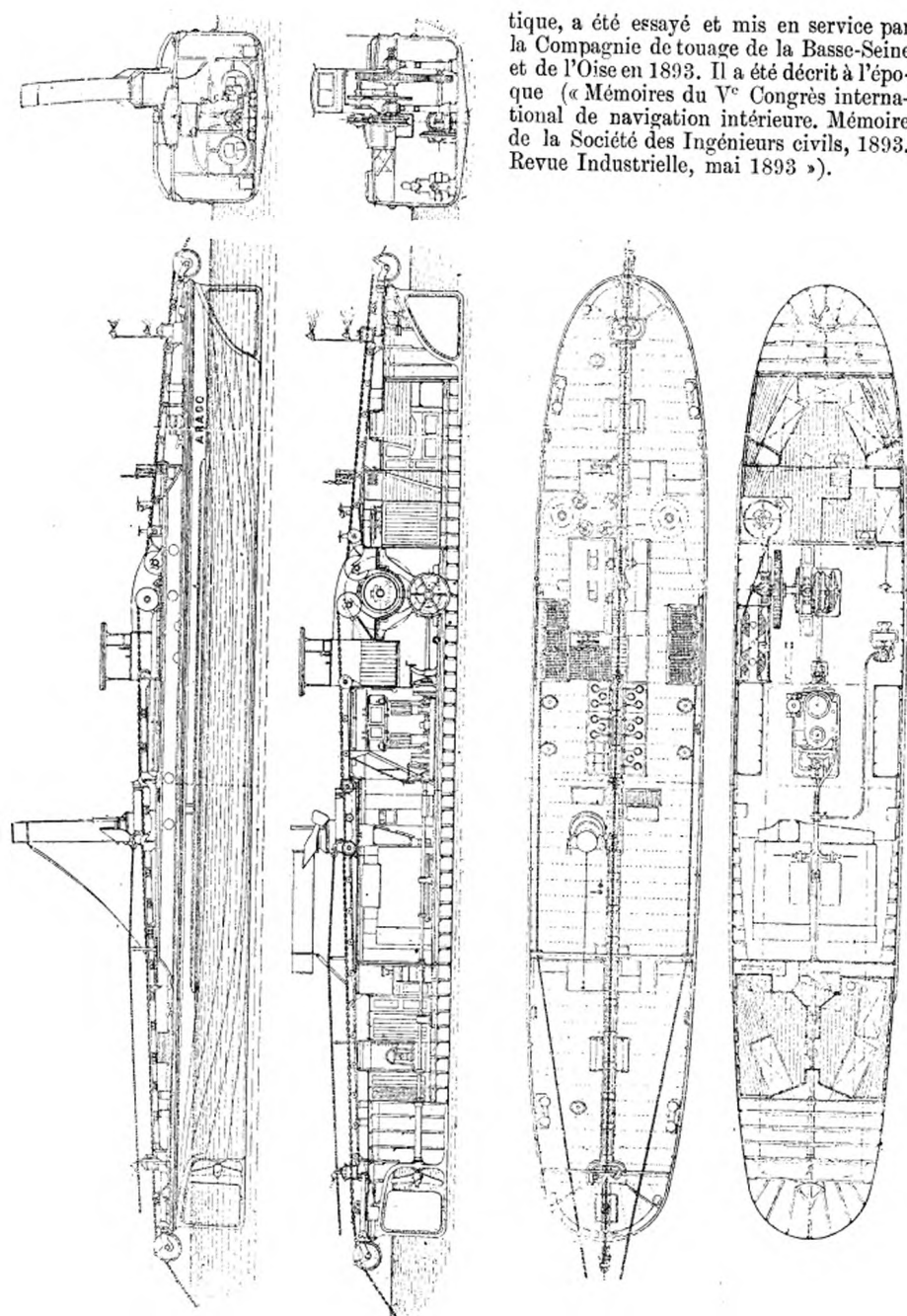


Fig. 6. — Toueurs-remorqueurs.

Trois autres toueurs remorqueurs de même nature ont été depuis mis en service par la même Compagnie, les quelques modifications que la pratique avaient montrées utiles sur le premier ont été faites sur ceux-ci. Elles ont été à vrai dire peu nombreuses, mais on a, du même coup, cherché à améliorer quelques autres parties, indépendantes de l'appareil de touage, si bien que le résultat final a donné des bateaux assez sensiblement différents du premier. Ce sont ceux-là que nous décrirons.

La région de la Seine où ces bateaux sont en service ayant une assez grande profondeur, on a adopté pour leur fonctionnement hors la chaîne, un propulseur à hélice et on a donné à la coque des formes convenablement adoptées. Comme sur tous les toueurs, qui, toujours, ont besoin, sur chaînes, de moyens de gouverner très énergiques, il y a deux gouvernails, un à l'avant, l'autre à l'arrière.

La longueur totale sur le pont est de 31 mètres,

La largeur hors ceinture de 5^m,47,

Et le tirant d'eau normal de 2 m.

Quoique le bateau ne doive, en principe, marcher sur hélice qu'à la descente, même ainsi la quantité de travail à dépenser en marche sur hélice est plus grande qu'en marche sur chaîne; la vitesse de rotation est également plus grande.

La machine est donc établie de façon à pouvoir facilement tourner à des vitesses très différentes, son allure normale étant de 150 tours en marche sur hélice et 70 à 90 tours selon l'état des eaux en marche sur chaîne. En marche à 150 chevaux et 150 tours, la consommation de charbon est de 1 kg. par cheval.

Elle doit donner, par la variation de la détente, depuis moins de 1/2 cheval jusqu'à 1 cheval 1/4 par tour et avoir son meilleur rendement pour la marche entre 3/4 de cheval et 1 cheval par tour (marche sur hélice, dépense minimum de travail) et sa plus grande régularité de couple de rotation pour les conditions de marche entre 1 cheval et 1 cheval 1/4 par tour (marche sur chaîne).

Le démarrage peut être difficile quand, pour une cause quelconque, le toueur étant sur chaîne, il a fallu s'arrêter en pleine rivière et qu'il faut alors repartir avec la pleine charge du convoi sur les remorques. On a donc installé un dé piqueur manœuvré à la main, qui permet au démarrage de faire l'introduction directe de la vapeur vive sur le grand cylindre sans passer par l'espace intermédiaire. Avec un peu d'attention de la part du mécanicien, on peut ainsi entrer toute autre pression en petit cylindre.

En principe, il vaudrait mieux, dans des bateaux de ce genre, avoir deux moteurs distincts pour l'hélice et le touage et actionner ce dernier par une machine à deux cylindres conjugués. Ce sont uniquement des motifs d'économie qui ont conduit à adopter la disposition que nous venons d'indiquer et qui, en pratique, s'est montrée parfaitement apte à satisfaire à tous les besoins.

Sur le pont, la circulation de la chaîne se fait dans l'axe longitudinal du bateau, à la façon ordinaire. A l'avant et à l'arrière, sont deux aiguilles capables d'obvier à la traction oblique de la chaîne et aboutissant à des galets verticaux entre lesquels la position de la chaîne devient fixe.

Entre les galets verticaux et l'appareil de touage, la chaîne passe sur des rouleaux fixés dans une coulisse étanche qui collecte l'eau et les débris ramenés du fond.

La poulie de touage principale disparaît presque en entier sous le pont. La face bâbord de la cuve qui la renferme en est assez éloignée pour que l'isolation magnétique soit suffisante; quant à la cuve elle-même, elle est construite en bois et garnie de feuilles de zinc.

Le galet de décollement, qui ne supporte qu'un faible effort, est aussi monté en porte-à-faux et a par conséquent une face bien isolée.

Le galet d'entrée de la chaîne sur l'appareil de touage, qui a au contraire à résister à un gros effort à raison du changement de direction qu'il impose à la chaîne tendue, est monté sur un arbre soutenu de part et d'autre dans de solides

coussinets. Ce galet peut être fait simplement en fonte. On peut encore, comme cela existe sur les toueurs que nous décrivons, l'aimanter et le rendre moteur, puisqu'il suffit pour cela d'ajouter sur un arbre une roue dentée engrenant avec une roue existante, celle qui, sur l'arbre principal de touage, transmet le mouvement au galet de décollement. En l'espèce, cette roue est montée déplaçable sur son arbre pour que ce premier galet puisse être à volonté moteur ou passif : il n'est aimanté que dans le premier cas. Cette disposition n'a pas d'autre utilité que de permettre en cas de besoin de réaliser un supplément d'adhérence ; elle n'est à aucun degré indispensable.

Immédiatement à la suite de l'appareil de touage, se trouve le puits aux chaînes dont nous avons dit l'utilité pour conserver en cas de besoin une certaine quantité de chaîne que l'on ne veut pas laisser s'écouler au moment où il se produit du mou. Le frein, complément nécessaire du puits, qui permet de régler cet écoulement, se trouve de suite après le panneau de la machine.

C'est une simple gouttière droite, aimantable, posée juste au-dessus du parcours de la chaîne. Etant au-dessus, presque sans jeu, de la ligne de la chaîne supportée tendue, il se trouve assez près pour, quand il est aimanté, attirer la chaîne ; l'écoulement de celle-ci dépend alors de la tension qui naît à l'arrière par le fait de l'arrêt de la chaîne, alors que le toueur continue à progresser et de l'intensité de l'aimantation donnée au frein.

Le système de poulies à adhérence magnétique de M. de Bovet est des plus ingénieux et des plus intéressants ; il donne une solution à la fois très élégante et très pratique du problème qui consiste à faire entraîner une chaîne par une poulie sans user trop vite la chaîne et sans employer de grandes longueurs d'enroulement. Ce procédé est incomparablement supérieur à celui des poulies à empreintes qui usent considérablement les chaînes, ou à celui des tambours qui les étirent et les fatiguent très vite. Dans l'état actuel des choses, il constitue le moyen le meilleur, et de beaucoup, de tous ceux qu'on connaît pour se haler sur une chaîne ou sur un câble.

Ce toueur électrique de M. de Bovet n'a d'électricité que sa poulie d'adhérence ; on trouve, à l'Exposition du Ministère des Travaux Publics de France, les dessins d'un autre toueur où l'électricité joue un bien plus grand rôle ; ces dessins représentent l'installation de touage créée en 1893 au bief de partage du canal de Bourgogne.

L'auteur du présent article, qui en a réalisé la création, l'a décrit autrefois dans une brochure dont il reproduit ici les passages intéressants.

Le bief sur lequel fonctionne ce touage a une longueur de 6 km., en nombre rond, dont 3300 m. en souterrain ; il se termine à l'écluse de Pouilly, sur le versant de l'Yonne et à celle d'Escommes, sur celui de la Saône. La plus grosse partie des eaux d'alimentation doit forcément y passer, de sorte qu'à chacune de ces écluses, on dispose constamment d'un fort débit.

En tirant parti des conditions topographiques, on a pu réaliser une chute de 7 m. à Pouilly et une de 8 m. à Escommes, qui, avec le débit moyen, ont donné environ 21 chevaux de force à Pouilly et 12 à Escommes, soit en totalité 33 chevaux, constamment disponibles.

Chacune des turbines commande une dynamo-génératrice produisant de l'électricité. Ces dynamos sont accouplées en série l'une sur l'autre de façon que leurs forces électromotrices s'ajoutent l'une à l'autre; ces forces sont de 370 volts à Pouilly et 280 à Escommes en marche normale, soit en tout 650 volts. Ces dynamos sont excitées en série.

Le courant produit est envoyé dans une ligne qui comprend trois fils, l'un central reliant les deux génératrices, les deux autres sur lesquels le toueur prend le courant.

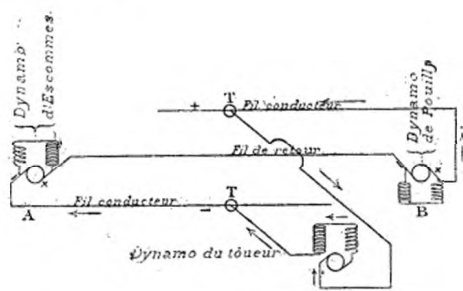


Fig. 7.

Quelle que soit la position du toueur entre les deux usines, le courant électrique a toujours le même chemin à parcourir.

La mise en place, surtout dans le souterrain de 3 300 m de longueur n'a pas laissé que de présenter quelques difficultés.

Dans les bassins et les tranchées, on a employé le système connu de fils de fer transversaux reliés à des poteaux plantés sur les rives; dans le souterrain, on s'est attaché à la clef de la voûte au moyen de fers scellés dans cette voûte.

Les trois fils de lignes sont parallèles; les deux qui servent à la prise de courant sont en outre dans un même plan horizontal; celui qui ne sert qu'à unir les dynamos, mais qui n'est pas utilisé pour la prise de courant, est placé exactement au milieu des deux premiers, mais dans un plan horizontal de 0^m,10 plus haut que celui de ceux-ci. La section normale de la ligne est donc donnée par trois points formant un triangle isocèle de 0^m,10 de hauteur.

La base n'a pas une largeur constante. On lui a donné 0^m,23 sous le souterrain, afin de ne pas prendre trop de place; mais dans les tranchées, où le même besoin ne se faisait plus sentir, on a adopté 0^m,30.

Ce sont les isolateurs mêmes de la ligne qui forment la carcasse de ce profil. Ces isolateurs ont une forme particulière spécialement dessinée en vue de l'application de Pouilly.

C'est en gros un champignon dont le pédoncule est percé d'un trou et qui aurait été comprimé entre deux mâchoires perpendiculaires à ce trou. Il forme donc cloche, tout en pouvant être enfilé sur un axe.

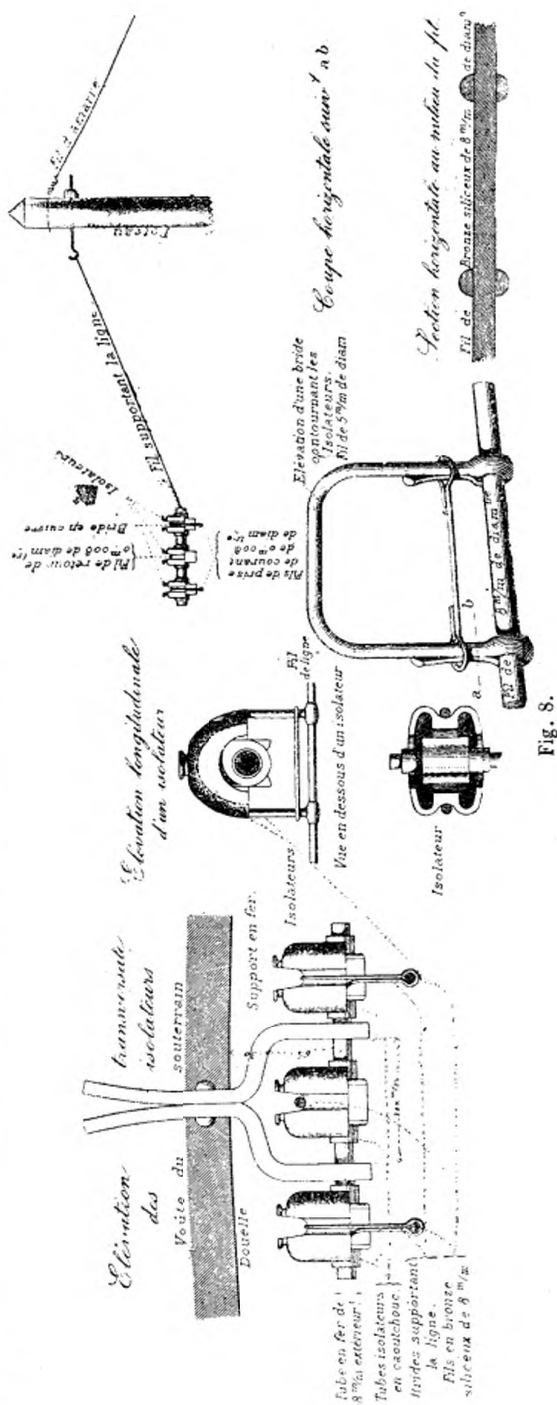
Sur son plan médian, perpendiculaire à l'axe du trou du pied, est tracée une rainure d'environ 1 centimètre de large et autant de profondeur. Enfin, en tête, il porte de chaque côté de la rainure un petit chapeau entaillé au-dessous. L'indication de l'emploi de cet isolateur va en faire mieux ressortir les détails.

Pour supporter la ligne à trois fils, trois isolateurs semblables sont enfilés sur une tige de fer creux de plus de 0^m,20 de long en souterrain et de plus de 0^m,30 en tranchées. Les isolateurs sont eux-mêmes isolés de ce fer au moyen de bagues en caoutchouc les dépassant de 0^m,01 de chaque côté.

Ils sont maintenus à la distance voulue les uns des autres par des bouts de fer creux formant rondelles et enfilés eux aussi sur l'arbre général. Des goupilles tiennent le tout en place par l'extérieur. Cet ensemble d'un axe en fer creux, avec trois isolateurs en porcelaine séparés par des rondelles, forme un tout rigide.

Il est supporté d'une façon différente suivant qu'on est en tranchée ou en souterrain.

Dans les tranchées, on se contente de passer, dans son intérieur, le fil transversal attaché aux poteaux ou aux arbres voisins. Pour empêcher un glissement transversal, quand il est à craindre, on prend soin, dans la partie du fil transversal qui doit être à l'intérieur de l'axe creux, de corder ce fil avec un morceau d'autre fil de même dia-



mètre de façon à former, en ce point, une corde sur une longueur un peu plus grande que celle de l'arbre; puis, au moment de la pose, on fait passer les goupilles entre les fils de cette corde. Aucun glissement transversal n'est plus à craindre.

La prise du courant se fait par des trolleys.

Une perche, aussi légère que possible, que des ressorts tendent à maintenir verticale, porte, à son extrémité, une roulette métallique qui vient appuyer sous le conducteur. De cette roulette part un fil qui longe la perche et amène l'électricité au moteur. Tel est le système bien connu; en navigation, il doit présenter des conditions spéciales.

Un bateau n'est en effet pas guidé; il peut osciller, de part et d'autre de l'axe de la voie d'eau, de toute la largeur de cette voie. Si l'on adopte un bras trop vertical, chaque oscillation se traduira par un déraillement du trolley. Il faut, au contraire, avoir un bras de trolley presque horizontal et le plus long possible. Si on le peut, il faut adopter une longueur telle qu'au moment où le bateau touche la berge, le bras du trolley fasse, avec la ligne conductrice, un angle inférieur à 30 degrés.

A Pouilly, on a dû arriver à des perches de 7^m,50 de longueur.

Les conducteurs des trolleys amènent l'électricité aux bornes de la réceptrice après lui avoir fait traverser le tableau de distribution.

La réceptrice est une dynamo Gramme, type supérieur, enroulée en série. Elle est bobinée en fil de 44/10 aux électros et 22/10 sur la bobine, la résistance des inducteurs est de 6 ω ,1 et celle de l'induit 0 ω ,55. Sous une tension électrique de 550 volts et avec un courant de 30 ampères, elle fait 19 chevaux en marchant à 900 tours.

La poulie de la réceptrice a 0^m,30 de diamètre et 0^m,30 de limbe. Elle est reliée par une courroie de 0^m,25 de large avec le volant des engrenages du toueur. La distance des axes de ces deux mobiles est d'environ 5 mètres.

Le volant a 1^m,80 de diamètre. A l'allure normale, il fait 150 tours par minute. Sur l'arbre du volant est calé un ensemble de deux pignons de 0^m,415 et de 0^m,658 de diamètre pouvant coulisser le long de cet arbre et engrener l'un ou l'autre avec les roues correspondantes du second arbre. Les dents de ces pignons sont en fonte, celles des roues correspondantes en bois.

Ces roues ont respectivement 1^m,170 et 0^m,927 de diamètre. Elles sont calées sur un arbre portant également un pignon de 0^m,580 de diamètre. Ici encore, les dents du pignon sont en fonte.

Ce pignon engrène avec une roue, à dents de bois, de 1^m,460 de diamètre, portée par un troisième arbre. Cet arbre fait, à l'allure normale de la réceptrice, 20 ou 40 tours, suivant qu'on emploie l'un ou l'autre des pignons du premier arbre. On a ainsi deux vitesses disponibles et on emploie l'une ou l'autre suivant qu'on a une charge plus ou moins forte à remorquer.

Tout cet ensemble est porté par un bâti en fonte à deux flasques, solidement entretoisé et reposant sur le fond du bateau.

C'est sur le troisième arbre qu'est fixée, en porte-à-faux, la poulie toueuse. Elle fait, comme cet arbre même, 20 ou 40 tours par minute quand la réceptrice est à son allure normale. Comme elle a 0^m,65 de diamètre, ceci correspond à des vitesses de marche de 0^m,65 ou 1^m,30 par seconde.

En pratique, la dynamo marche souvent à des allures assez différentes de la normale et la vitesse du bateau oscille entre 0^m,60 et 2 mètres par seconde.

Il est bon d'ajouter que cette dernière est exagérée et qu'elle occasionne des chocs du bateau contre les parois du canal, pour peu que les agents gouvernent mal; il convient, avec le bateau de Pouilly, de ne pas dépasser 1^m,50 par seconde.

Les engrenages sont graissés à la graisse consistante par des graisseurs automatiques; ce système est très bon.

Il n'y a rien à dire ici de la poulie motrice à empreintes. Elle est absolument

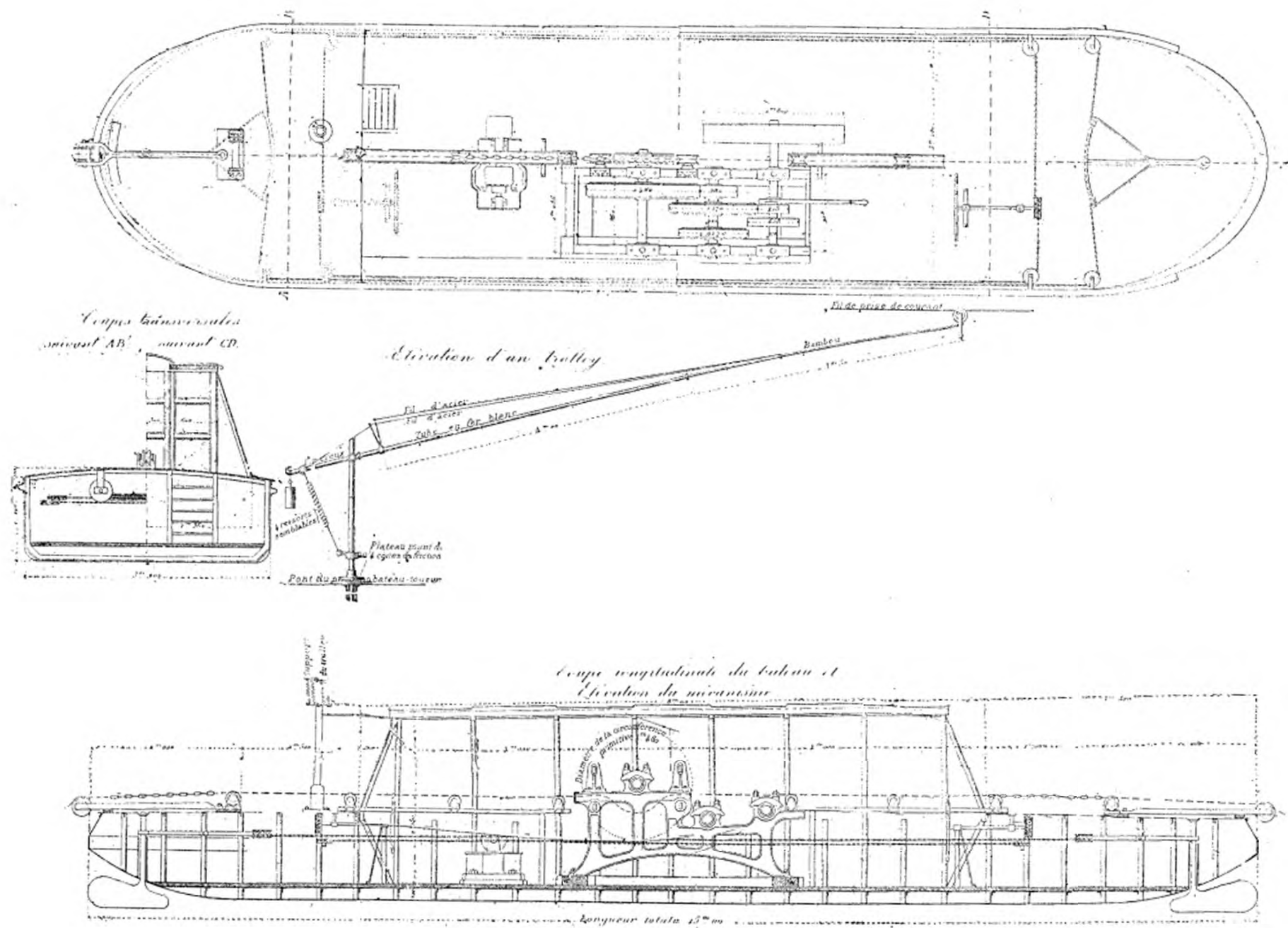


Fig. 9 et 10.

analogue à celle dont on se sert au canal depuis 1867. Elle est du système Bouquié, ne présentant qu'une empreinte pour deux maillons.

Le chemin de chaîne n'est plus, dans le dernier toueur, fait de la même façon que dans les anciens.

D'abord, il est au milieu du bateau au lieu de se trouver sur un des bords. Cette disposition est avantageuse au point de vue de la bonne gouverne.

L'inconvénient de cette position centrale de la chaîne est d'amener dans le bateau, les herbes, la vase, l'eau et toutes les autres substances qui peuvent être entraînées par les maillons; on l'évite en faisant passer la chaîne dans un couloir entièrement fermé, de sorte que ce qu'elle peut entraîner ne tombe pas dans le bateau.

Ce couloir contourne, en dessous, la roue à empreintes, en y formant une sorte de caisse démontable qui reçoit l'eau et les matières que peut entraîner la chaîne.

En dehors de la cabine, la chaîne passe sur des rouleaux fixés sur le pont et sort du bateau sur des aiguilles analogues à celles qu'on rencontre sur la plupart des toueurs.

Le bateau de Pouilly présente une longueur de 15 m et une largeur de 3^m,20. La profondeur sous pont est de 1^m,20. Il cale 0^m,45 seulement. Le rouf s'étend sur 8 m dans la partie centrale, soit 4 m de part et d'autre à partir du milieu. Ce bateau est à peu près assez long pour le service qu'il fait; mais il est trop étroit. Les engrenages n'y laissent qu'un passage de 0^m,80 et d'un seul côté, ce qui est insuffisant. Dans une nouvelle installation, il conviendrait de faire un peu plus grand. De plus, le volant des engrenages, qui, à Pouilly est au centre du bateau, serait mieux placé contre un des côtés. L'aspect intérieur y gagnerait et le passage à travers le toueur se ferait sans qu'on soit obligé de froier cette masse considérable tournant à toute vitesse.

Ce bateau est pourvu de deux gouvernails, commandés par des roues placées à l'intérieur de la cabine et qui agissent chacune sur le gouvernail placé du côté du bateau opposé à celui où elles sont. Cette disposition a pour but de faire commander le gouvernail qui a le plus d'action, c'est-à-dire celui qui est en arrière dans le sens de la marche, par l'homme qui voit le mieux le chemin à suivre, c'est-à-dire qui est en avant. En pratique, on se sert simultanément des deux gouvernails; mais celui d'avant ne fait que de tout petits mouvements.

Le bateau gouverne d'ailleurs très facilement et, comme une fois en marche, il n'y a plus guère à s'occuper du moteur, le même homme peut servir à la fois de mécanicien et de pilote.

On a conservé la chaîne qu'employaient les toueurs à vapeur. Elle comporte des maillons de 86 mm de longueur, 55 mm de largeur, en fer rond de 16 mm. de diamètre et pèse 7 kg. au mètre courant.

L'installation de Pouilly fonctionne depuis 1893 d'une façon absolument régulière; elle a donc fait aujourd'hui ses preuves; le système donne toute satisfaction.

Non loin des dessins qui représentaient l'installation de Pouilly et dans la même Exposition du Ministère des Travaux Publics, étaient des dessins représentant une installation de halage funiculaire du système de M. Lévy.

Nous empruntons à M. Bourguin, ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, qui a construit l'installation représentée, la description de celle-ci :

*Installation du halage funiculaire au souterrain du Mont-de-Billy,
près de Reims.*

Dispositions générales. — Ce souterrain a 2 300 m. de longueur ; le mouillage y varie habituellement entre 2^m,40 et 2^m,50 et descend exceptionnellement à 2^m,20. Il comprend une cunette de 6 m de largeur avec banquette de halage de 1^m,50. Les bateaux ont 5 m de largeur et 38^m,50 de longueur ; leur enfoncement est de 1^m,80 et leur chargement de 300 t au maximum et de 240 t en moyenne.

Le câble s'étend à 150 m environ au delà de chacune des têtes du souterrain, ce qui donne une longueur totale de 2 600 m. Il subit l'action d'un contrepoids de 10 t lui donnant une tension de 5 t en moyenne sur chaque brin.

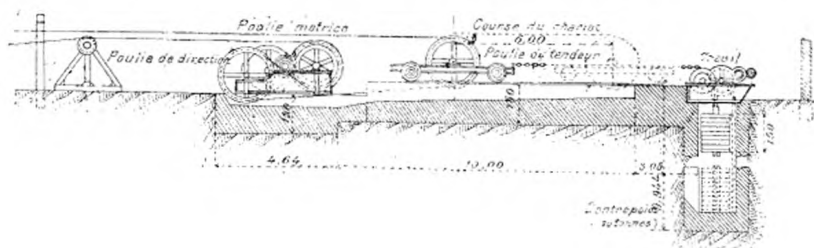


Fig. 11.

Les deux brins du câble sont disposés l'un au-dessus de l'autre d'un même côté du canal, celui du halage ; à l'extérieur, ils sont dans un même plan vertical, à 3 m de l'arête du canal ; dans le souterrain, les poulies de supports sont scellées dans la voûte, de façon à laisser libre la banquette de halage pour le passage éventuel des chevaux. Le brin supérieur, qui est à 2^m,80 au-dessus du niveau de la banquette, est un peu avant l'autre, de façon que si une corde vient à pendre verticalement, elle ne puisse s'accrocher au câble inférieur.

Chaque brin passe de l'alignement extérieur à l'alignement parallèle du souterrain à l'aide de deux poulies horizontales ; dans l'angle convexe, les poulies des deux brins sont sur le même support ; dans l'angle concave où le dessus des poulies doit rester libre pour le passage des cordes, il y a deux supports distincts.

On avait utilisé au début comme moteur provisoire deux locomobiles ; elles ont été remplacées au chômage de 1897 par une machine fixe.

Câble. — Le câble a 0^m,03 de diamètre et pèse 3^{kg},700 par mètre courant. Suivant les données de M. Maurice Lévy, il est entièrement métallique pour pouvoir supporter sans déformation la tension considérable à laquelle il est soumis. Il se compose de 7 torons de chacun 19 fils d'acier de 0^m,002 de diamètre.

Le toron d'âme est tout entier en fil recuit, dont le coefficient d'allongement est élevé, de façon à ce qu'il ne supporte aucun effort sensible de traction. Sa fonction est surtout de maintenir la forme du câble ; de même chaque toron formant couronne a pour âme un fil recuit. On obtient de cette manière un câble aussi souple et beaucoup plus résistant aux déformations qu'avec une âme en chanvre.

Les fils d'acier trempé ont une résistance à la rupture de 160 kg. et une limite d'élasticité de 90 kg. ; le câble ne s'est rompu que sous un effort de 55 t.

L'appareil de tension est formé d'une poulie de 2 m placée sur un chariot mobile auquel est fixé le poids de 10 t ; il est placé à une extrémité du câble près du système d'entraînement qui se compose de deux poulies fixes de 2 m ; l'une est la poulie motrice dont la gorge porte une garniture en bois d'orme, l'autre

une poulie de direction destinée à faire embrasser au câble les $\frac{2}{3}$ de la circonférence de la première.

A l'autre extrémité, la poulie de retour a 2 m de diamètre.

Poulie. — En dehors des grandes poulies qui viennent d'être mentionnées, les poulies verticales qui n'ont à supporter que le câble ont toutes 0^m,50 de diamètre à fond de gorge ; dans le souterrain, elles sont scellées à la voûte ; en dehors, elles sont supportées par de solides bâtis métalliques ancrés dans un massif de béton ; leurs joues extérieures sont munies de crans pour faciliter le dégagement des cordes des bateaux.

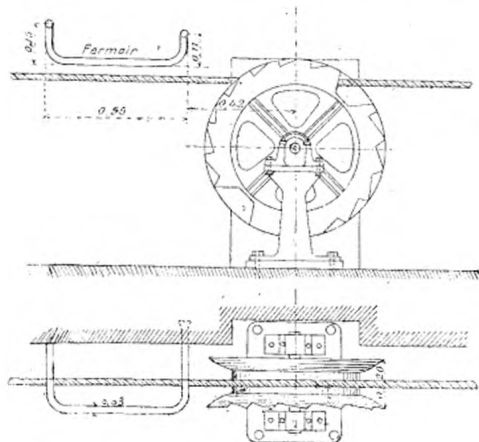


Fig. 42.

Le brin inférieur du câble étant plus bas que le point d'amarrage sur les bateaux, la corde ne s'engage pas dans les poulies du bas qui sont simplement munies d'un fermoir pour empêcher que le câble saute. Aux poulies supérieures, les crans suffisent en dehors du souterrain pour le dégagement des cordes ; mais à l'intérieur, ces cordes, qui font un angle très aigu avec le câble, s'engagent dans la gorge des poulies, et, pour les en faire sortir, il faut les soulever à l'aide de guidages scellés dans la voûte.

Les poulies horizontales de changement de direction ont des diamètres de 0^m,80, 1 m et 1^m,66.

Travaux accessoires. — L'installation est complétée par le téléphone nécessaire pour communiquer entre l'usine et l'autre extrémité du souterrain pour la mise en marche ou l'arrêt du câble. On a utilisé en outre trois puits provenant de la construction du souterrain et descendant au niveau du chemin de halage pour établir des sonneries permettant de correspondre avec l'usine en cas d'incident.

La paroi de la banquette de halage sur laquelle frottaient les bateaux étant très inégale, on a dû la garnir d'une lisse en bois qui rend la traction beaucoup plus facile.

Attache des cordes. — On sait qu'une des principales difficultés du halage funiculaire résulte du vrillage, c'est-à-dire du mouvement de rotation sur lui-même que subit le câble.

Ce mouvement, qui se produit au Mont-de-Billy, comme dans tous les câbles sans fin, exige des dispositions spéciales pour l'attelage des cordes des bateaux,

car il faut que cet attelage, tout en étant assez solide pour supporter l'effort de traction, soit assez mobile sur le câble pour n'être pas entraîné dans le mouvement de rotation. D'autre part, il faut éviter au câble toute compression qui le déformerait et amènerait rapidement sa ruine.

La solution adoptée par M. Maurice Lévy et appliquée au Mont-de-Billy atteint le maximum de simplicité et d'efficacité, et si l'enroulement de la corde n'est pas évité d'une façon absolue, il est rendu tout à fait exceptionnel.

On place à des intervalles réguliers sur le câble des arrêts fixes ainsi constitués : on enroule autour du câble, sur 0^m,20 de longueur, une ficelle enduite d'un mélange de résine et de goudron ; on obtient ainsi un bourrelet suffisamment solide sur lequel s'appuie une bague en acier coulé ayant le diamètre du câble et formée de deux parties réunies par des goupilles, de façon à pouvoir se placer et s'enlever très facilement. Sur ces arrêts butent des étriers simplement posés sur le câble et qu'embrasse la corde de traction.

La bague prenant quelquefois une certaine adhérence avec le transfil, on augmente la mobilité en mettant une seconde bague qui n'est en contact avec la première que par des surfaces planes bien polies.

Dépenses d'établissement. — Les dépenses d'établissement ont été les suivantes :

Bâtiments de l'usine et aménagement des abords	13 500 fr.
Chaudière et moteur, transport et installation (on a utilisé des appareils existant dans le service)	8 000 —
Appareils d'entraînement et de tension	27 400 —
Câble (fourniture, 19 610 kg. à fr. 0,79)	15 500 fr. }
Tourets, pose, tension, épissure	3 000 — }
Poulies. — Dans le souterrain :	
Refoulement dans la voûte	4 800 — }
Fourniture et mise en place de 81 poulies	14 580 — }
En dehors du souterrain :	
Fourniture et pose	15 130 —
Travaux et fournitures divers :	
Cordages, ficelles, bagues, essais, téléphone, études et surveillance	14 200 —
Glissière en bois dans le souterrain	14 000 —
TOTAL	130 110 fr.

Il convient de remarquer que cette estimation contient pour 20 000 fr. environ de travaux nécessités par la disposition spéciale des lieux (lisse en bois, etc.) ; mais que, d'autre part, elle devrait être augmentée d'environ 10 000 francs pour la valeur d'un moteur de 20 chevaux.

Il n'est pas douteux, d'ailleurs, qu'avec l'expérience acquise aujourd'hui, une autre installation analogue coûterait notablement moins.

Exploitation. — L'exploitation se fait par passages alternatifs à des intervalles de trois heures ; la vitesse de marche du câble étant de 0^m,30 à 0^m,35 par seconde, il faut environ deux heures pour franchir le souterrain et il reste une heure pour la formation des convois à l'entrée et le dégagement à la sortie : c'est plus que suffisant.

Dès les premiers essais, on reconnut la nécessité de répartir l'effort de traction sur plusieurs points du câble ; si l'on réunit les bateaux en un seul convoi, tout le mou du câble étant attiré en un point, il s'y produit une flèche de plus de 1 m ; le fonctionnement devient irrégulier et le câble est exposé à sauter des poulies.

On partage donc les bateaux d'un même passage en convois de deux bateaux accompagnés chacun par un ouvrier de l'Administration, appelé convoyeur ; le premier bateau de chaque convoi est attelé au câble par une corde partant du boulard d'avant et qui jusqu'à l'étrier, ne doit pas, dans le souterrain avoir plus

de 10 à 12 m de longueur, sans quoi elle ferait avec le câble un angle trop aigu et se dégagerait difficilement des poulies.

En dehors du souterrain, la longueur de cette corde est de 40 m; il y a donc une manœuvre à faire à l'entrée et à la sortie du souterrain pour raccourcir ou allonger la corde; elle n'offre aucune difficulté. Le second bateau est amarré au premier à une distance de 10 m environ.

La longueur totale d'un convoi, à partir de l'étrier, est ainsi en canal courant de 130 à 135 m.

Les convois d'un même passage sont généralement distants de 120 m (intervalle de quatre arrêts).

On passe jusqu'à huit bateaux chargés formant quatre convois; exceptionnellement, on passe neuf bateaux, en en mettant trois à un des convois. Il y a deux convoyeurs permanents; ils suffisent pour trois convois. S'il y en a un quatrième on leur adjoint le cantonnier occupé aux abords du souterrain.

Le personnel comprend, en outre, un mécanicien et un chauffeur, le premier chargé de la direction de l'ensemble et de la perception des droits.

Depuis l'origine, c'est-à-dire pendant une période qui, en tenant compte des essais, équivaut à deux ans et demi de fonctionnement, il est passé avec le câble environ 12 000 bateaux chargés, portant 240 t en moyenne. Tout le système est en parfait état; le câble, qui est l'objet des plus grands soins, ne présente aucune trace d'usure. Il a dû être raccourci à plusieurs reprises et s'est allongé au total de 55 m; son diamètre primitif de 0^m,030 est réduit à environ 0^m,028; il paraît devoir durer facilement encore deux ans.

La durée des poulies sera en moyenne de deux ans et demi. Pour les poulies de changement de direction, le diamètre a une très grande influence sur l'usure, une poulie horizontale de 0^m,80 a duré moins d'un an. On ne cherche pas, d'ailleurs, à les faire en fonte trop dure pour ménager le câble.

Les transils demandent un entretien constant; il faut les refaire en été une fois, en hiver deux fois par mois. Les bagues, déformées au passage des poulies horizontales, durent deux à trois mois.

En 1897, malgré un arrêt de plus d'un mois, on a passé 5 560 bateaux chargés et 449 bateaux vides; le tonnage total s'est élevé à 1 430 000 t, et la recette à 29 159^{fr},80.

Les dépenses ont été les suivantes :

Personnel : un mécanicien, un chauffeur, deux convoyeurs, salaire normal, heures de nuit, auxiliaires	7 182 ^{fr} ,56	
Charbon, 159 tonnes à 17 fr. 60	2 798,40	
Bagues d'arrêt et étriers	507 »	
Transils	164,95	
Cordages	987,55	
Graissage, entretien de la machine, fournitures diverses	1 116,81	
Total pour l'entretien proprement dit	12 757,27	
Remplacements :		
Poulies en fonte	965 ^{fr} ,93	} 1 326,93
Coussinets en bronze	306 »	
Fourrure en bois de la poulie d'entraînement	55 »	

Avec les remplacements ordinaires, on peut évaluer les dépenses d'exploitation à 15 000 francs pour un trafic de 1 500 000 t, soit un centime par tonne pour la traversée complète du souterrain (2 300 m).

Ce résultat est très satisfaisant et nous ne croyons pas que dans les mêmes conditions un autre système puisse donner un prix de revient moindre.

A côté de ces différents bateaux, l'Exposition comprenait une autre classe d'engins destinés à la traction des bateaux; c'étaient des tracteurs

sur berge. Deux étaient exposés en grandeur naturelle, le troisième était simplement représenté par des photographies réunies en album.

L'un de ces tracteurs était à vapeur et provenait de la maison Rossel, ingénieur-constructeur à Lille.

Ce tracteur est composé d'une machine à vapeur, d'une chaudière, d'un train d'engrenages, de réservoirs d'eau et de coke, le tout monté sur un chariot supporté par deux essieux et quatre roues.

La machine à vapeur est horizontale à deux cylindres, force 12 chevaux, vile-brequins calés à 90 permettant une admission de vapeur de 0 à 80 0/0 de la course, et changement de marche. Vitesse variable jusqu'à 350 tours.

Le train d'engrenages transmet la force du moteur aux roues motrices d'arrière par l'intermédiaire d'un différentiel. Les roues motrices portent des roues dentées intérieures. Ce dispositif supprime les chaînes, organes si coûteux d'entretien pour les poids lourds.

Le différentiel placé sur l'arbre des pignons de commande des roues est composé de quatre engrenages coniques, logés dans un carter étanche rempli de graisse consistante.

Le frein à tambour est placé sur le carter du différentiel formant tambour.

Les essieux. — L'essieu arrière ne tourne pas, il est fixé au châssis, les roues motrices étant folles sur les fusées. L'essieu avant est brisé; il est relié en son milieu au châssis par un tourillon, ce qui lui permet de prendre toutes les inclinaisons de la route et même de monter sur les trottoirs sans aucune déformation du bâti, celui-ci ne reposant que sur trois points.

Ce tracteur tire six bateaux de 200 t, contre le courant à la vitesse de 5 km. à l'heure.

Nous sommes obligés de nous en rapporter à ces indications qui nous ont été données par le constructeur, n'ayant pas vu l'appareil en marche et ignorant comment il se comporte.

Le deuxième appareil exposé était la locomotive électrique de la maison Siemens et Halske, de Berlin.

Voici la description qu'en a donnée M. Kottgen, ingénieur de cette maison et inventeur de l'appareil :

Le mode de halage électrique, essayé par la maison Siemens et Halske et que nous nommerons système monorail, comprend une locomotive légère circulant sur une voie ferrée à rail unique, établie sur le chemin de halage même.

Ce qui caractérise la disposition, c'est la répartition des poids sur les différentes roues de la locomotive. La plus grande partie (environ 85 0/0) de ces poids est reportée sur les roues principales actionnées par le moteur et repose ainsi sur le rail. Sur ce rail s'exerce, outre l'ensemble des efforts de traction, la composante horizontale provenant de l'obliquité, caractéristique pour le halage, des efforts de traction et tendant à tirer la locomotive dans le canal. Les roues accessoires servant à assurer la stabilité de la locomotive n'ont à porter qu'une faible partie des poids de cette locomotive. Ces poids peuvent à volonté être transmis directement à la surface de la piste de roulement sans l'intermédiaire d'un autre rail ou indirectement par un rail accessoire. Le point de vue dominant, justifiant cette répartition inégale des poids, est l'avantage de n'occuper qu'un espace aussi restreint que possible du chemin de halage.

Les chemins de halage ont en général une largeur d'environ 2 m. Le rail

principal est placé sur le côté extérieur de la voie, à une distance de 20 à 30 cm de celui-ci. Il reste donc assez de place pour assurer une libre circulation sur le chemin, principalement pour le passage des chevaux de halage.

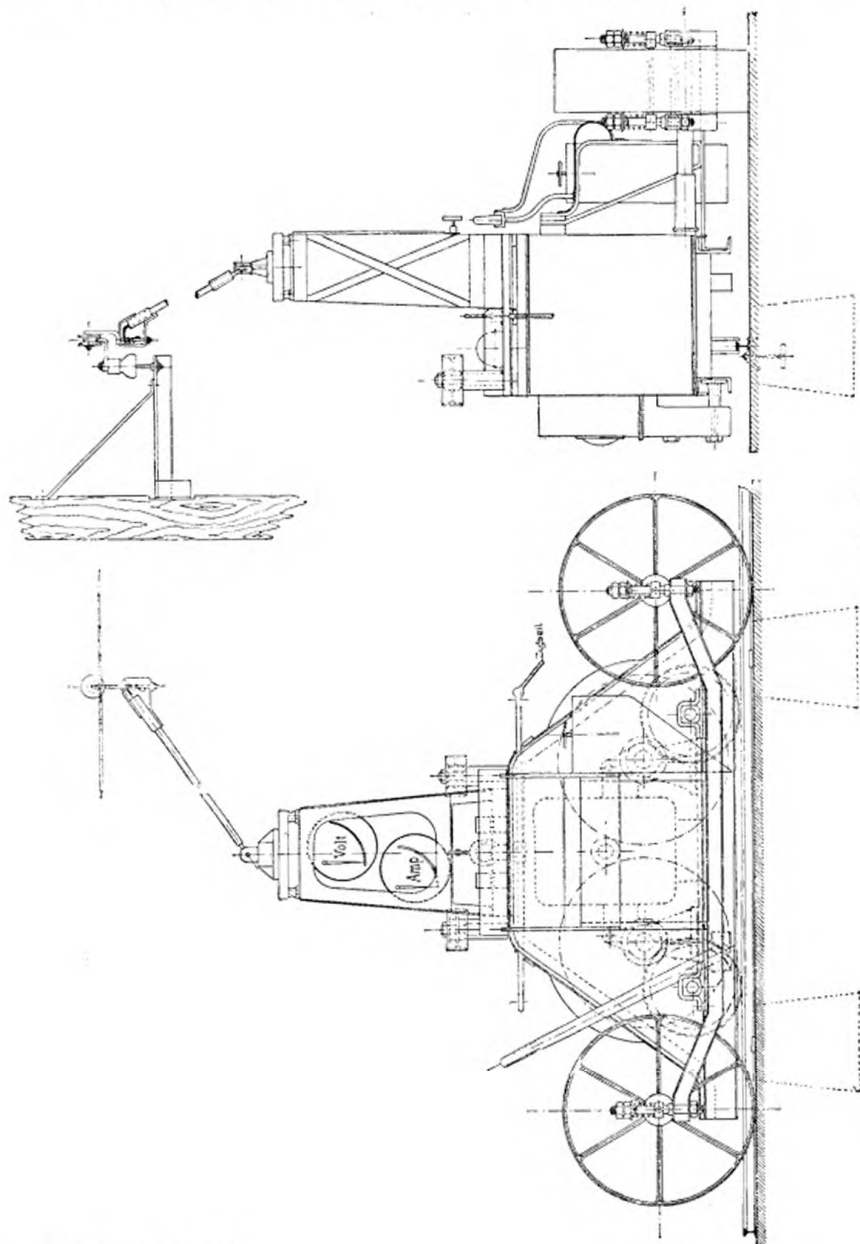


Fig. 43.

On posera ordinairement un second rail lorsqu'il s'agira d'établir une installation de halage le long d'un nouveau canal. En ce dernier cas, l'établissement d'un second rail sera moins coûteux que la création d'un chemin de halage parfaitement égalisé, d'autant plus qu'on n'aurait pas alors à se préoccuper de la

circulation des chevaux, vu que ce mode de halage ne pourrait pas concourir avec l'installation de la traction électrique.

La répartition dissymétrique des poids de la locomotive a encore l'avantage d'augmenter la stabilité de celle-ci par rapport à l'obliquité des efforts de traction.

Le courant est transmis à la locomotive au moyen d'un trolley constitué par un galet et un bras rigide articulé au faite de la locomotive (dans le genre des trolleys employés pour les tramways électriques) en contact avec le fil conducteur fixé à environ 4 m du sol, sur des poteaux placés le long du côté extérieur de la voie.

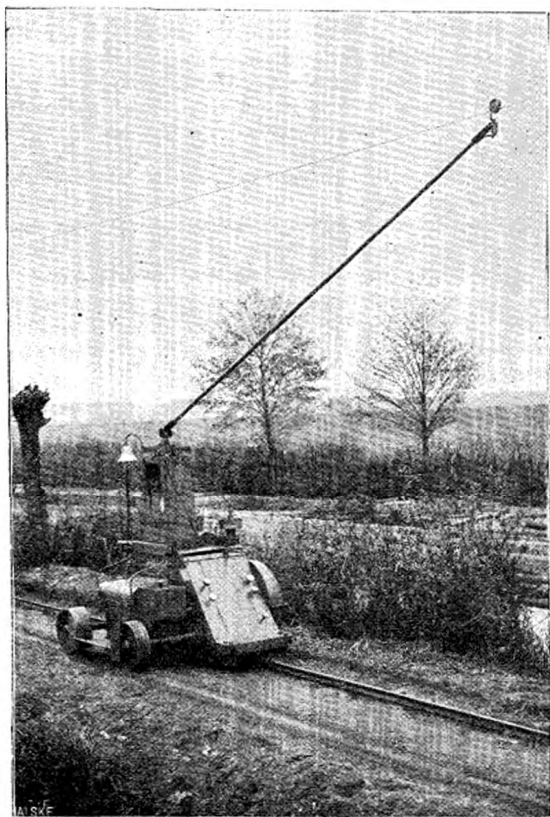


Fig. 14.

Les résultats des expériences organisées avec ce système ont été satisfaisants sous tous les rapports. Le rail principal avait été primitivement muni d'une crémaillère dans le but de pouvoir exercer un effort de traction aussi élevé que possible, sans qu'il soit pour cela nécessaire d'augmenter les poids de la locomotive. Cette disposition avait été prise en vue de propositions se rapportant à l'exploitation du canal maritime de Bruxelles. Pour ce canal, il était question d'efforts considérables de traction à exercer, de sorte que la disposition à crémaillère promettait quelques avantages.

Le travail de la locomotive à crémaillère donna satisfaction complète. On constata toutefois, en enlevant les pignons de la locomotive engrenant dans la crémaillère, que les poids seuls de la locomotive suffisaient amplement pour permettre d'exercer les efforts de traction nécessaires à un trafic tel que celui du canal de Finow.

On abandonna donc l'emploi de la crémaillère, et, pour tous les essais qui eurent lieu par la suite, l'adhérence due aux poids de la locomotive suffit complètement, de sorte que la disposition sans crémaillère peut être considérée comme la disposition normale à employer dans la plupart des cas.

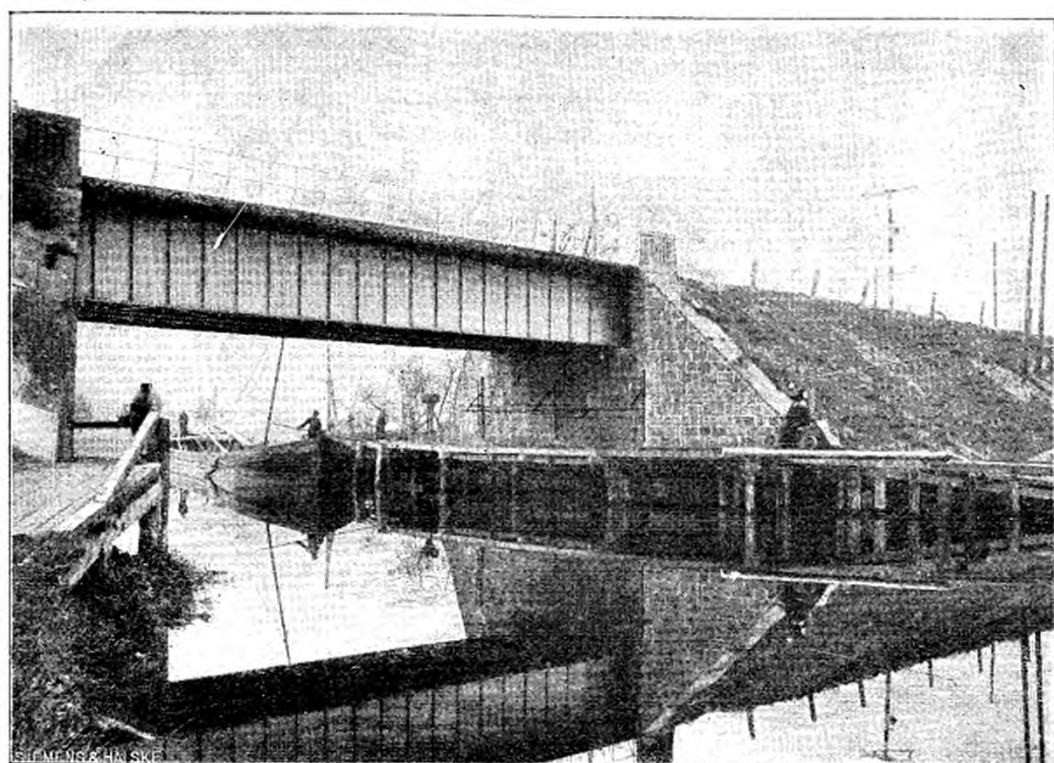
Les divers obstacles se trouvant le long de la section d'essais n'offrirent aucune difficulté pour le remorquage. Les efforts obliques particulièrement prononcés dans les courbes, concaves et convexes, furent soutenus sans difficultés par la voie ferrée. Pour faciliter le passage des ponts, la locomotive était munie de deux galets, fixés environ à 1 m au-dessus du rail principal, et s'appuyant sur un rail latéral principal placé le long du parement de la culée du pont. Ce dispositif permet de laisser flotter les roues accessoires, de sorte que l'établissement de la voie ferrée n'obstrue que très peu la passe navigable. Pour permettre à la locomotive de franchir les quais sans entraver les travaux d'embarquement et de débarquement, la voie a été disposée, sur toute la longueur du quai, sur un plan en surélévation au-dessus de la plateforme de la digue. Ce plan, fixé sur des pilotis, est raccordé de part et d'autre à la voie posée directement sur le sol par des rampes d'une inclinaison de 1 : 8. Ces rampes furent franchies sans difficultés par la locomotive, même par temps pluvieux, au moyen de l'adhérence seule due aux poids de la locomotive.

Le câble de traction partant du mât de halage du bateau à tractionner est fixé, à la locomotive, à environ 1 m au-dessus du sol. Cette hauteur, la même que dans le halage par chevaux, suffit dans la plupart des cas pour franchir les obstacles divers se trouvant le long du rivage. Pour le cas de la diminution de la hauteur du chemin de halage ou si un bateau vide venait à s'élever trop au-dessus du niveau de la digue, la locomotive est pourvue d'un second crochet fixé à environ 2 m au-dessus du sol et auquel le câble de traction peut être attaché sur un parcours de 30 à 40 m. pour franchir ces obstacles.

La locomotive servant aux expériences a été construite pour pouvoir exercer un effort de 600 kg. à la vitesse de 4^{km},5 à l'heure. A cette vitesse, elle était à même de tirer 3 bateaux du type circulant sur le canal de Finow, chargés chacun de 150 à 170 t, ou de tractionner 2 bateaux chargés et 2 bateaux vides. Le moteur actionnant la locomotive est un moteur à courants continus, à enroulement en série, et peut développer une puissance moyenne de 12 chevaux-vapeur. L'enroulement du moteur étant en série, la vitesse de la locomotive s'accroît d'elle-même pendant la marche à vide. La vitesse atteinte pendant la marche à vide de la locomotive a été de 8 à 10 km. à l'heure.

Un siège installé au milieu de la locomotive sur le côté tourné vers le canal est destiné au mécanicien, qui peut de ce fait observer aisément la manœuvre des bateaux tractionnés, ainsi que les convois de bateaux venant en sens inverse. A la gauche et à portée de la main du mécanicien, se trouve l'appareil de démarrage et de changement de vitesse, et, à sa droite, le levier actionnant le frein.

Le troisième appareil, représenté seulement par des photographies, était le haleur électrique inventé en 1894 par l'auteur même de cet article, breveté par MM. Denèfle et C^{ie} et en service courant depuis deux ans sur les canaux d'Aire et de la Deule, où plus de cent appareils de ce genre sont en fonctionnement.



[Fig. 15.]



Fig. 16.

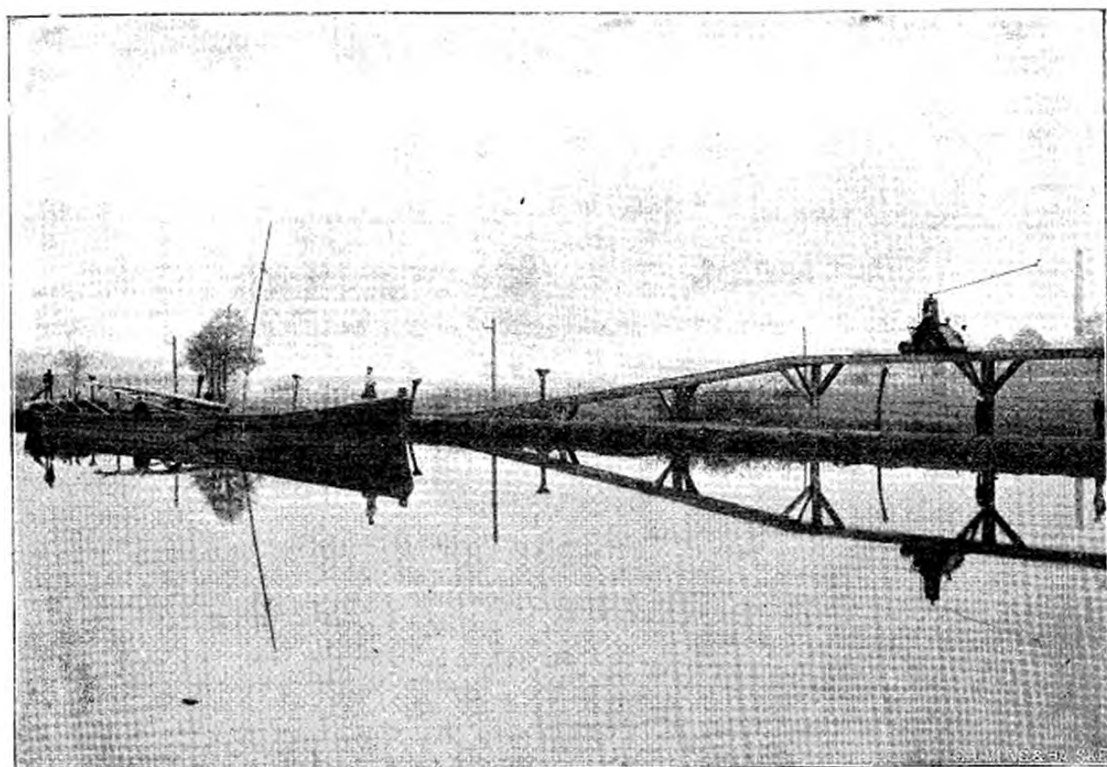


Fig. 17.

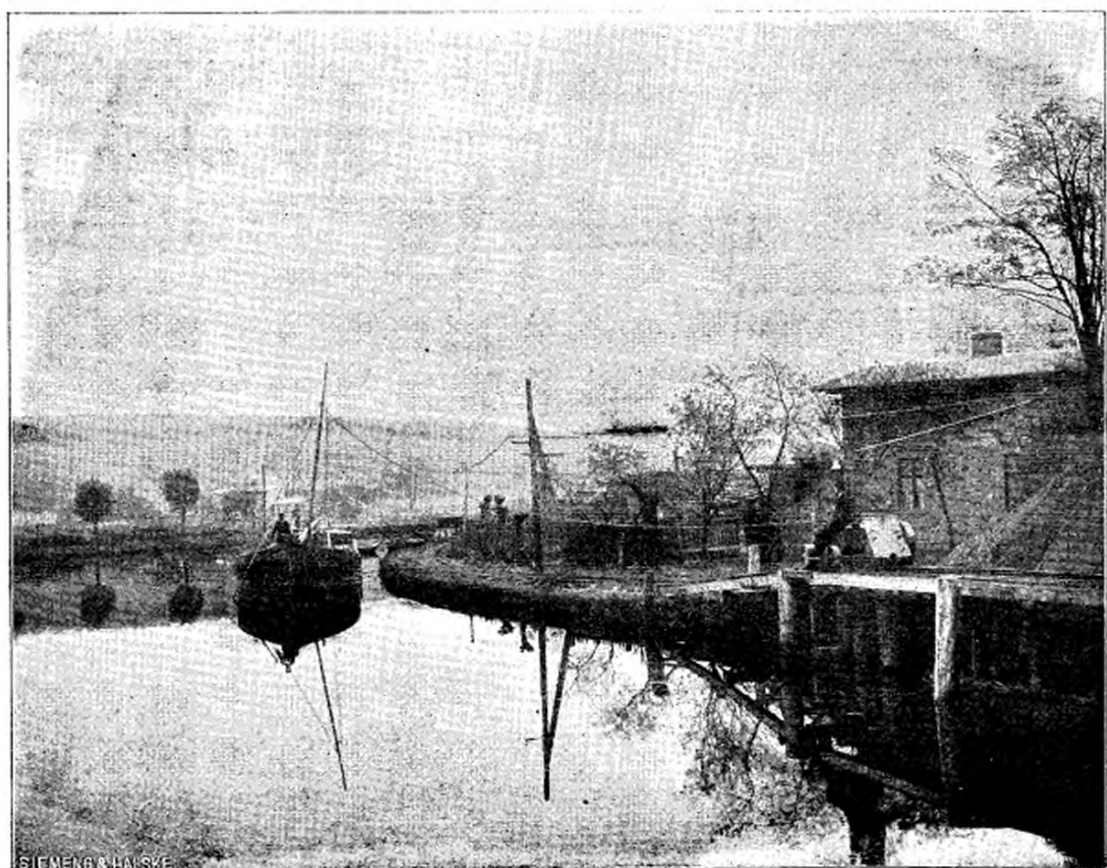


Fig. 18.

Nous en empruntons la description à M. l'Ingénieur en chef La Rivière, dans le service duquel se trouve cette installation.

Description. — Le cheval électrique est un chariot à 3 roues, qui se meut sans rails sur le chemin de halage, et auquel on attache la remorque. Il est constitué par un solide châssis en fer à U, à l'avant duquel est placée la roue directrice. Cette roue est commandée de la cabine placée à l'arrière par le conducteur,

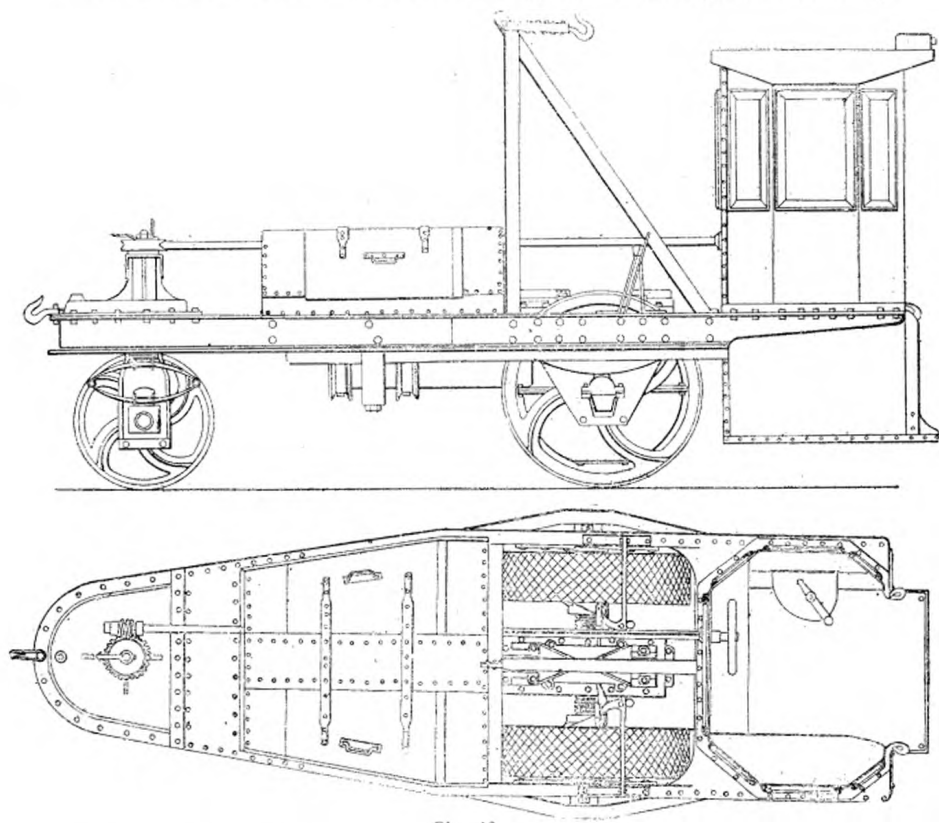


Fig. 49.

au moyen d'un volant actionnant un pignon par l'intermédiaire d'une vis sans fin. L'essieu moteur situé à l'arrière, est commandé par une dynamo à deux pôles, avec induit à anneau et inducteurs excités en série, qui absorbent normalement 8 ampères sous 500 volts, soit 4 000 watts ou de 5 à 6 chevaux, mais qui peuvent prendre 6 000 watts, soit un peu plus de 8 chevaux pendant plusieurs heures sans que la température devienne nuisible aux appareils.

La commande est faite au moyen d'une roue dentée, calée sur l'essieu moteur, qui engrène avec une vis sans fin en bronze faisant corps avec l'arbre de la dynamo.

Les roues motrices sont en fer, à larges jantes, revêtues extérieurement de cordes en fibre d'aloès, qui donnent à l'ensemble une certaine élasticité et augmentent l'adhérence.

En arrière des roues, le châssis porte une cabine en tôle, destinée à abriter le mécanicien et les appareils de conduite et de direction. Le devant de la cabine est fermé par un vitrage. Le mécanicien a devant lui, à portée de sa main, le volant commandant la direction ; à sa gauche se trouve un petit tableau de distribution électrique, disposé verticalement, et comprenant un commutateur principal qui commande la marche en avant, en arrière, et l'arrêt.

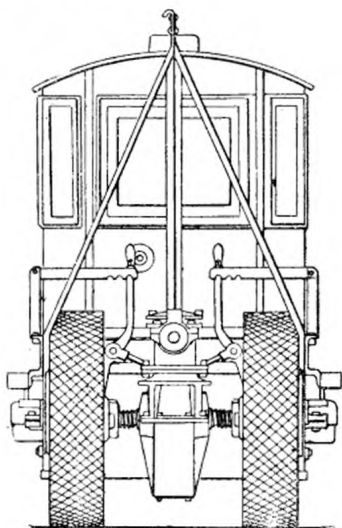


Fig. 20.

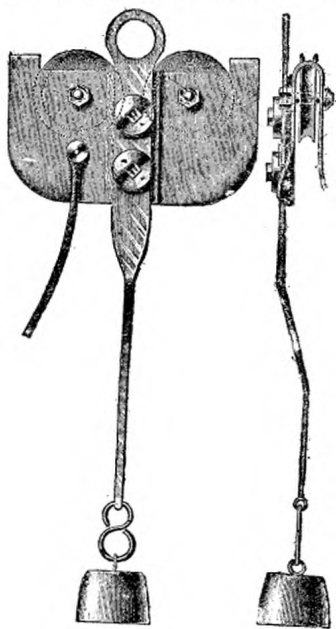


Fig. 21.

Les touches particulières de ce commutateur servent à introduire dans le circuit électrique 5 ou 6 rhéostats placés dans une caisse verticale et permettant de démarrer progressivement et de modérer la vitesse.

Un petit commutateur spécial permet, en outre, de mettre à volonté les inducteurs en série ou en parallèle ; dans ce dernier cas, on obtient, pour marcher à vide ou pour remorquer des bateaux vides, une vitesse de 6 km. à l'heure, double de la vitesse normale, qui est de 3 km.

Sur ce tableau sont également disposés un parafoudre et deux tiges de prise de courant, sur lesquelles se fixent, par des douilles, les extrémités des conducteurs communiquant aux fils de ligne et de terre.

Un frein mécanique, actionné par le pied du conducteur, augmente la sécurité de la marche. Le mécanicien a, en outre, la faculté d'embrayer chacune des roues motrices, ce qui permet de faire tourner le cheval électrique autour d'une des roues.

Le point d'attache du cordage de traction du cheval est mobile le long d'un arbre en fer horizontal perpendiculaire à l'axe de la voiture et maintenu à 0^m,20 au-dessus du châssis, en dehors et un peu en avant de la cabine. Cet arbre peut tourner dans des colliers fixés au châssis. Il porte un appareil de déclenchement automatique qui fonctionne lorsque l'effort de traction dépasse une limite déterminée, de manière à empêcher le recul de l'appareil ou l'absorption par la dynamo d'un nombre de watts trop considérable. La vis et la roue d'engrenage de l'essieu moteur tournent dans un bain d'huile.

A la partie supérieure de la cabine, se trouve une potence inclinée, maintenue par un ressort et pouvant se rabattre horizontalement pour passer sous les ponts, qui relève les conducteurs flexibles de prise de courant, de manière à les empêcher de traîner sur le sol.

Si deux chevaux électriques se rencontrent, ils échangent leurs trolleys au moyen d'un système très simple, mais que l'expérience a démontré la nécessité de renforcer pour éviter des ruptures.

Le poids du cheval électrique est de 2 200 kg.

Autorisation administrative. — Les résultats des expériences de Dijon ont été si satisfaisants que MM. Denèfle et C^{ie} se sont décidés à demander l'autorisation d'appliquer les procédés de traction inventés par M. Galliot à l'exploitation de la partie de la grande ligne de navigation de Paris à la mer du Nord comprise entre Béthune et l'Escaut, sur 88 km.

La section considérée ne comprend qu'une écluse.

Une autorisation pour trois ans d'occuper le domaine public (en principe le chemin de contre-halage) par la ligne électrique et d'organiser entre les points ci-dessus désignés un service public de traction et de propulsion pour bateaux de toute espèce a été donnée à la « Société de traction électrique sur les voies navigables » par arrêtés préfectoraux des 25-26 novembre 1896, et 17 février — 12 mars 1898. Ces arrêtés imposent à la Société d'assurer la marche individuelle des bateaux avec faculté de faire des convois de deux bateaux avec le consentement des marinières, comme l'admettent les cahiers des charges des entreprises de halage par chevaux.

La vitesse normale des bateaux en pleine marche doit être de 3 km. ou de 0^m,83 par seconde, avec obligation de ralentir dans les encombrements de bateaux et les passages à voie unique.

La Société a d'ailleurs l'obligation de soumettre à l'Administration les projets d'ensemble et de détail de ses installations électriques.

Les bateliers conservent le droit de circuler avec leurs propres moyens : à cet effet, le chemin de halage doit être laissé libre et encombré le moins possible par les engins de la traction électrique sur les points où la Société est exceptionnellement autorisée à l'employer. La Société jouit, par contre, du droit de trématage sur les bateaux à traction animale.

Comme on le voit, les appareils roulant sur la berge et y prenant leur point d'appui pour tirer les bateaux, étaient représentés à l'Exposition par trois types différents, dont l'un en particulier, le dernier dont il a été question, est aujourd'hui exploité d'une façon tout à fait industrielle.

Ce sont là des appareils tout nouveaux dont il n'était pas question, et il ne pouvait pas en être question, lors de la dernière exposition en 1889 ; le seul fait que l'un d'eux est aujourd'hui exploité en grand, semble indiquer que leur principe présente des avantages sensibles sur les autres.

Le principal, incontestablement, au point de vue pratique, c'est que ces appareils sont adoptés très volontiers par les marinières pour ce motif très simple, mais aussi très compréhensible, qu'ils ne changent absolument rien à leurs habitudes et qu'ils n'exigent aucune modifica-

tion dans leurs bateaux. Que ce soient des chevaux ou des appareils mécaniques roulant sur berge qui tirent leurs bateaux, les mariniens n'ont qu'à donner leur amarre et à gouverner leur embarcation. C'est un motif puissant pour que les mariniens l'adoptent, étant donné surtout qu'ils se rendent bientôt compte que ces nouveaux appareils les halent plus vite, plus régulièrement et sont à la fois plus puissants et plus dociles que des chevaux.

L'inconvénient est le prix élevé de premier établissement, qui rend de pareilles installations à peu près impossibles sur les canaux de faible et même de moyen trafic, à moins que des circonstances particulières ne viennent favoriser l'entreprise. — Il est vrai que ce reproche s'adresse tout aussi bien à tous les autres modes de halage mécaniques, tels que le touage individuel ou le halage funiculaire.

Jusqu'à ce jour, les procédés mécaniques ne peuvent avoir de chances de succès sur les voies les plus fréquentées. Quoi qu'on fasse, en effet, ils exigent pour leur installation un gros capital de premier établissement, dont les intérêts viennent grever fortement l'exploitation. C'est vers la réduction de ce capital que les efforts des inventeurs devront tendre à l'avenir pour rendre la solution absolument pratique sur toutes les voies navigables, quel que soit leur trafic.

Il ne faut pas se dissimuler la grandeur de la difficulté : le halage par chevaux est tellement économique qu'il est difficile de faire mieux et à meilleur marché. Les entreprises de halage organisées dans le Nord de la France font payer 0 fr. 80 à 1 fr. par kilomètre parcouru pour les bateaux chargés à 300 tonnes. Il faudra que les systèmes mécaniques fassent payer un peu moins pour pouvoir espérer se substituer au halage par chevaux. Or, s'il faut, comme dans la plupart des systèmes que nous avons vus et, comme on peut le supposer pour tous, que l'appareil de halage soit conduit par un homme spécial, qui sera payé de 0 fr. 15 à 0 fr. 20 par kilomètre parcouru ; si, en outre, on doit compter de 0 fr. 10 à 0 fr. 15 pour la conduite et le combustible des usines de production de force, il faudra que l'application d'un tarif d'environ 0 fr. 50 à 0 fr. 60 à chaque bateau pour chaque kilomètre parcouru couvre les frais d'entretien de l'installation, en assure l'amortissement et permette l'allocation d'un intérêt et d'un dividende au capital engagé.

En comptant, comme cela paraît vraisemblable, 10 0/0 pour entretien et aussi 10 0/0 pour amortissement et intérêt, soit en tout 20 0/0 ou $\frac{1}{5}$ du capital engagé, on arriverait à cette conclusion qu'on ne

devra, dans aucun cas, engager un capital supérieur à cinq fois le produit du nombre de bateaux à remorquer par 0 fr. 50 ou 0 fr. 60, ou, en d'autres termes, qu'on ne devra dépenser par kilomètre à exploiter qu'autant de fois 2 fr. 50 ou 3 fr. qu'il y passe par an de bateaux chargés.

Cette limitation du capital est faible même sur les canaux à assez grosse fréquentation. Ainsi, pour un canal débitant 10 000 bateaux par an, ou 3 millions de tonnes, on ne devrait dépenser que 25 000 à 30 000 francs par kilomètre pour les installations, tant fixes que mobiles. Si l'on dépassait ce chiffre, on serait à peu près certain d'avance de ne pas pouvoir lutter contre la concurrence des chevaux. Cette difficulté, qui n'a rien à voir avec le côté technique de la question, n'en est pas moins grave, bien qu'elle ait été souvent perdue de vue par les inventeurs; il faut la compter parmi les plus sérieuses; elle pourra faire échouer bien des systèmes, malgré toute leur perfection au point de vue technique.

REVUE DU CONGRÈS DE NAVIGATION

J'ai résumé, dans les pages qui précèdent, ce qu'on pouvait voir à l'Exposition même; quelques mots suffiront pour donner la substance de ce qui a été dit au Congrès de navigation, en ce qui concerne du moins le sujet qui est ici en question.

Les points de vue techniques qui ont été discutés au Congrès peuvent se grouper en deux classes: les uns ayant trait aux divers moyens mécaniques de traction ou de propulsion, moyens qui sont précisément ceux qui avaient été exposés à l'Exposition même et que nous avons décrits et discutés antérieurement, et les autres se rapportant à la résistance des bateaux dans leur marche en rivière ou en canal.

Un seul système nouveau de haleur sur berge a été proposé au Congrès, c'est celui de M. Rudolph.

Le croquis (fig. 22) le fait suffisamment connaître. Des poteaux plus ou moins rapprochés supportent un conducteur isolé ainsi qu'un rail. Ce dernier est serré entre des galets que fait tourner un moteur électrique suspendu en dessous. Au châssis des galets est attachée la corde de halage. L'auteur lui-même a fait connaître que le système n'était en ce moment qu'au début des expériences qui doivent en fixer les détails.

Il semble qu'on doive craindre que les frais de premier établissement n'en soient bien élevés.

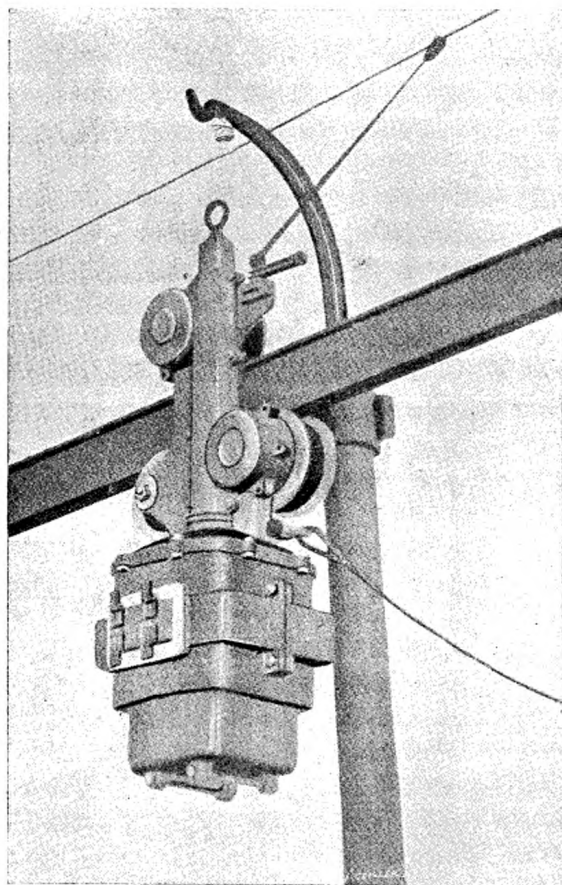


Fig. 22. — Haleur de M. Rudolph.

Il serait fastidieux et inutile de répéter, à propos des méthodes de halage mécanique tout ce qui a été dit jusqu'à maintenant, et c'est cependant ce qu'il faudrait faire pour résumer les discussions du Congrès ; je me bornerai à donner ici les conclusions que ce Congrès a adoptées à cet égard ; les voici textuellement :

« Considérant qu'il est d'intérêt général de perfectionner les moyens
« d'exploitation des canaux et tout particulièrement le développement
« des procédés mécaniques de traction ;

« Considérant que les diverses applications de traction électrique
« réalisées en France, en Belgique et en Allemagne permettent d'es-
« pérer des résultats efficaces et cela indépendamment des avantages
« d'ordre général qui pourront résulter du développement des distri-
« butions d'électricité ;

« Le Congrès exprime le vœu que des exploitations de traction élec-
« trique sur des sections de canaux assez longues pour fournir des
« résultats concluants aux points de vue technique et économique,
« soient largement encouragées et facilitées par les administrations
« publiques des divers pays. »

Le Congrès reconnaissait, par ces paroles mêmes, le succès des premières tentatives faites, puisqu'il ne craignait pas (et les Congrès sont généralement fort craintifs) d'encourager les gouvernements à favoriser ces procédés, et à les favoriser largement.

En dehors de ces sujets, où le Congrès n'a d'ailleurs fait que discuter les questions qui étaient représentées à l'Exposition par des modèles ou des dessins, un seul autre aspect technique relatif à la navigation intérieure a été l'objet des études de cette réunion d'ingénieurs, c'est la résistance que les bateaux éprouvent dans leur marche.

MM. Engels, Rota et de Mas ont fait connaître les résultats de leurs expériences ; les uns avaient étudié des modèles réduits, tandis que M. de Mas avait opéré sur des bateaux et des voies navigables de dimensions courantes. La question qui se posait était de savoir si les résultats qu'on obtient en se servant de modèles permettent bien de prévoir ce qui arrivera quand, au lieu de ces modèles, on opérera sur des bateaux et des canaux de dimensions normales.

La question n'a pas été résolue d'une façon définitive et absolue et le Congrès a demandé la continuation de ces études, en la menant parallèlement avec des bateaux en vraie grandeur et avec des modèles, les premières, a-t-il dit, pouvant seules donner des valeurs absolues, exactes, les secondes permettant d'effectuer rapidement et à moins de frais la comparaison entre les différents types d'embarcation ou les différents profils des canaux.

L'Exposition de 1900 aura présenté un grand intérêt au point de vue de la navigation intérieure ; elle aura permis d'étudier tout ce qui s'est fait de neuf à cet égard, dans ces dernières années.

LES
TRAVAUX MARITIMES
à
L'EXPOSITION UNIVERSELLE DE 1900

PAR
M. DE CORDEMOY

INGÉNIEUR DES ARTS ET MANUFACTURES

L'Exposition de 1900 a permis de constater les progrès considérables accomplis dans la construction des ports durant ces dernières années.

L'apparition dans l'arène commerciale et industrielle de peuples restés jusque là simplement consommateurs a jeté un trouble profond dans les habitudes des nations qui détenaient le monopole des affaires. Les succès obtenus par les nouveaux concurrents s'expliquent aisément : Ils n'avaient pour les gêner ni matériel suranné, ni personnel routinier.

En France, en Angleterre, l'industrie est répartie entre un grand nombre de fabriques dont la plupart ont peu d'importance; même les plus perfectionnées possèdent un stock de machines à faible rendement qu'elles hésitent à sacrifier. De plus, l'ingénieur n'existe le plus souvent pas dans ces maisons; elles passent des mains du père à celles du fils, dont l'instruction s'est faite dans l'usine elle-même et qui n'est pas toujours capable de suivre, moins encore de devancer les progrès réalisés autour de lui.

Les industries récemment inaugurées n'ont pas ces impedimenta. Elles ont pu s'organiser sur des bases colossales, avec les meilleurs engins, sous la direction exclusive d'ingénieurs. Il leur a été possible de choisir matériel et personnel sans arrière-pensée, dans les meilleures conditions. Le résultat ne s'est pas fait attendre : la production

intensive a eu pour conséquence l'abaissement des prix. Les moyens de transport ont suivi le mouvement ascensionnel des affaires et les navires ont vu en quelques années leurs dimensions augmentées dans des proportions inattendues.

Certains ports favorisés par la nature se sont trouvés en état de recevoir immédiatement ces immenses bâtiments et leur importance en a été accrue; mais tous ont dû approprier des moyens nouveaux aux opérations accélérées nécessaires. Dans la lutte ainsi engagée entre les nations, il faut bien avouer que la France a été devancée. Il n'y a chez nous rien de comparable aux résultats obtenus à Hambourg, à Liverpool, à Anvers, à Rotterdam. Certes, la configuration de nos côtes rend la solution plus difficile, mais l'éparpillement de nos ressources a été aussi l'une des principales causes de notre infériorité. On n'a pas épargné les dépenses, mais sans réaliser une grande œuvre.

Les causes premières de cette méconnaissance du véritable but à atteindre sont connues et il est inutile d'y insister. Il était pourtant indispensable de signaler une fois de plus le mal, sans grand espoir d'ailleurs de le voir conjurer.

DIMENSIONS DES NAVIRES RÉCENTS.

Le tableau suivant rend tangibles les accroissements des dimensions des bâtiments :

ANNÉES	NAVIRES	LONGUEUR
1874	<i>Britannic</i>	139 mètres
1888	<i>Paris</i>	161 —
1889	<i>Majestic</i>	172 —
1893	<i>Campania</i>	183 —
1897	<i>Kaiser Wilhelm der Grosse</i>	190 —
1899	<i>Oceanic</i>	209 —

L'*Oceanic* détient actuellement le record, mais il sera prochainement battu par un navire allemand en chantier et qui mesurera 213 m de longueur.

Ces dimensions exceptionnelles seront bientôt encore de beaucoup dépassées. M. Corthell, l'un des plus habiles ingénieurs des Etats-Unis,

a conclu de l'examen des augmentations de dimensions des bâtiments durant les dernières années que dans un bref avenir les données seront les suivantes (moyenne des vingt plus grands navires) :

	LON- GUEUR	LAR- GEUR	CREUX	TONNAGE	TIRANT D'EAU	VITESSE MOYENNE	VITESSE DES PLUS RAPIDES
en 1923	233 m	24 m	14 m	24 000 t	9 4 m	21 nœuds	26 nœuds
en 1948	305 m	30 m	18 m	30 000 t	10 m	24 nœuds	30 nœuds

Pour le moment d'ailleurs, les géants de la mer sont exclusivement réservés à la navigation entre l'Europe et New-York ; néanmoins toutes les autres lignes de paquebots et les navires affectés uniquement aux marchandises ont grandi dans des proportions analogues. Des cargo-boats de 30 000 t sont sur les chantiers.

ENTRÉE DES PORTS.

L'accès des ports est tout à fait différent selon qu'il s'agit d'océans avec ou sans marées. Dans la Méditerranée, dont le niveau est à peu près constant, les darses sont généralement conquises sur la mer et l'espace abrité est choisi dans les points où la profondeur d'eau est suffisante.

L'action de la marée a en général un double effet. Non seulement elle fait varier, dans une mesure parfois considérable, la profondeur, mais elle tend de plus à aplanir le fond de la mer.

Au Havre, par exemple, où le niveau varie de 7 m, il faudrait, pour disposer d'un minimum de 8 m à tout état de marée, — chiffre à peine suffisant aujourd'hui, — creuser un chenal de 9 m au minimum au-dessous des plus basses mers.

L'avant-port devrait être également approfondi à cette cote.

Le projet en cours d'exécution a reculé devant les dépenses que nécessiterait un tel dragage et la cote de la profondeur en basse mer n'est que de 5 m. Notre grand port de la Manche restera donc dans un état d'infériorité vis-à-vis de ses concurrents.

Au même instant, une entreprise heureuse de dragage changeait

notablement les conditions d'accès de Liverpool, où la profondeur d'eau sur la barre a passé de 2^m,75 à 8 m.

A Southampton, le long des quais des rivières qui constituent le port, les navires trouvent toujours un minimum de 8^m,30 d'eau.

ECLUSES.

Les ports de l'Atlantique ont encore un autre obstacle à vaincre. Les navires ne peuvent y rester à flot que dans des bassins fermés par des portes. Ces portes sont parfois simples; le plus souvent elles font partie d'un système d'écluses dont le rôle est multiple. La capacité de réception est encore augmentée si le bassin à flot est précédé d'un bassin de mi-marée.

Le seuil des portes d'écluses doit être abaissé autant que possible pour permettre le passage des navires de grande calaison; mais cet abaissement entraîne des dépenses considérables. Aussi ne trouve-t-on pas d'écluses pouvant recevoir les grands navires à toute heure. Même les plus favorisées, celles de Tilbury sur la Tamise, n'offrent que 7 m à basses mers de vives eaux et moins encore en basses mers exceptionnelles.

La longueur des écluses a également beaucoup augmenté; elle est de 213 m à Tilbury.

Quant à la largeur, qui avait été portée à 30 m en vue des navires à aubes, à l'écluse des transatlantiques du Havre, au Canada dock de Liverpool, à Barrow et à Birkenhead, elle était redescendue à 18 m aussitôt après l'apparition de l'hélice. Elle est remontée peu à peu et les dernières écluses du Havre ont encore 30 m.

OUVRAGES EXTÉRIEURS.

Dans les océans sans marées, les ports sont le plus souvent conquis sur la mer. Le choix se porte de préférence, quand on n'est pas guidé par l'existence d'un ancien établissement maritime, sur les baies éloignées des rivières à apports, qui doivent, en tout cas, rester sous le vent des dites baies.

Les dépenses consistent alors en môles, murs reliés à la terre, ou en digues, murs isolés en mer⁽¹⁾. La même disposition s'applique en Angle-

(1) Nous distinguons soigneusement les jetées, môles et digues. L'emploi de ces termes les uns pour les autres jette d'inutiles confusions dans la description des travaux maritimes. Il est singulier et fâcheux qu'à une époque où le lan-

terre pour les ports à marées, tandis qu'en France on a continué l'emploi des jetées parallèles limitant un chenal d'accès. Le nouvel avant-port du Havre, cependant, sera constitué par deux môles convergents, enracinés à terre à une grande distance l'un de l'autre.

Les digues et les môles se combinent parfois ensemble. L'exemple le plus complet d'une telle disposition est celui de Portland, jadis abrité en partie par un môle et une digue. Le calme obtenu étant insuffisant, on construit en ce moment un nouveau môle et une nouvelle digue, de sorte que la protection se composera de quatre ouvrages laissant entre eux trois entrées.

A Colombo, où l'on avait prévu deux môles et une digue, l'un des premiers a été d'abord seul exécuté; mais l'espace délimité était encore trop agité et les travaux d'achèvement des deux autres ouvrages sont commencés.

Le port de Zeebrugge ou Heyst, construit en ce moment devant Bruges, sera au contraire un exemple de l'appropriation à la navigation rapide, par un seul môle, d'une côte complètement ouverte.

CONSTRUCTION DES MOLES.

Depuis les travaux de Poirel à Alger, tous les ports construits dans des localités exposées à la violence de la mer ont leurs môles et digues protégés par des blocs artificiels en béton ou en maçonnerie au mortier de ciment de Portland.

Les dimensions de ces blocs ont été continuellement en augmentant. Ceux de 100 tonnes sont d'usage courant et leur pose s'effectue le plus souvent au moyen de grues gigantesques appelées Titans (fig. 1). Mues d'abord par la vapeur, puis par l'eau sous pression, elles l'ont été à l'électricité à Bilbao et à Heyst.

Dans certaines localités, la violence de la mer est telle que même ces gros blocs résistent difficilement. A Bilbao, après de nombreuses avaries, on a dû avoir recours à des massifs composites, composés de douze blocs de 30 m³, disposés en deux étages dans un caisson en fer de 13 m de longueur, 7 de largeur et 7 de hauteur, et reliés ensemble par du béton coulé dans les interstices. On a ainsi formé des monolithes de 637 m³ pesant 1 300 t.

gage technique devient de plus en plus rigoureux, une réforme si simple ne puisse arriver à se généraliser. Au contraire, on complique encore les descriptions par l'adjonction des termes anglais, *breakwater*, *pier*, *wharf*, etc., pas plus précis et absolument inutiles.

A Heyst, les blocs sont encore plus volumineux et atteignent

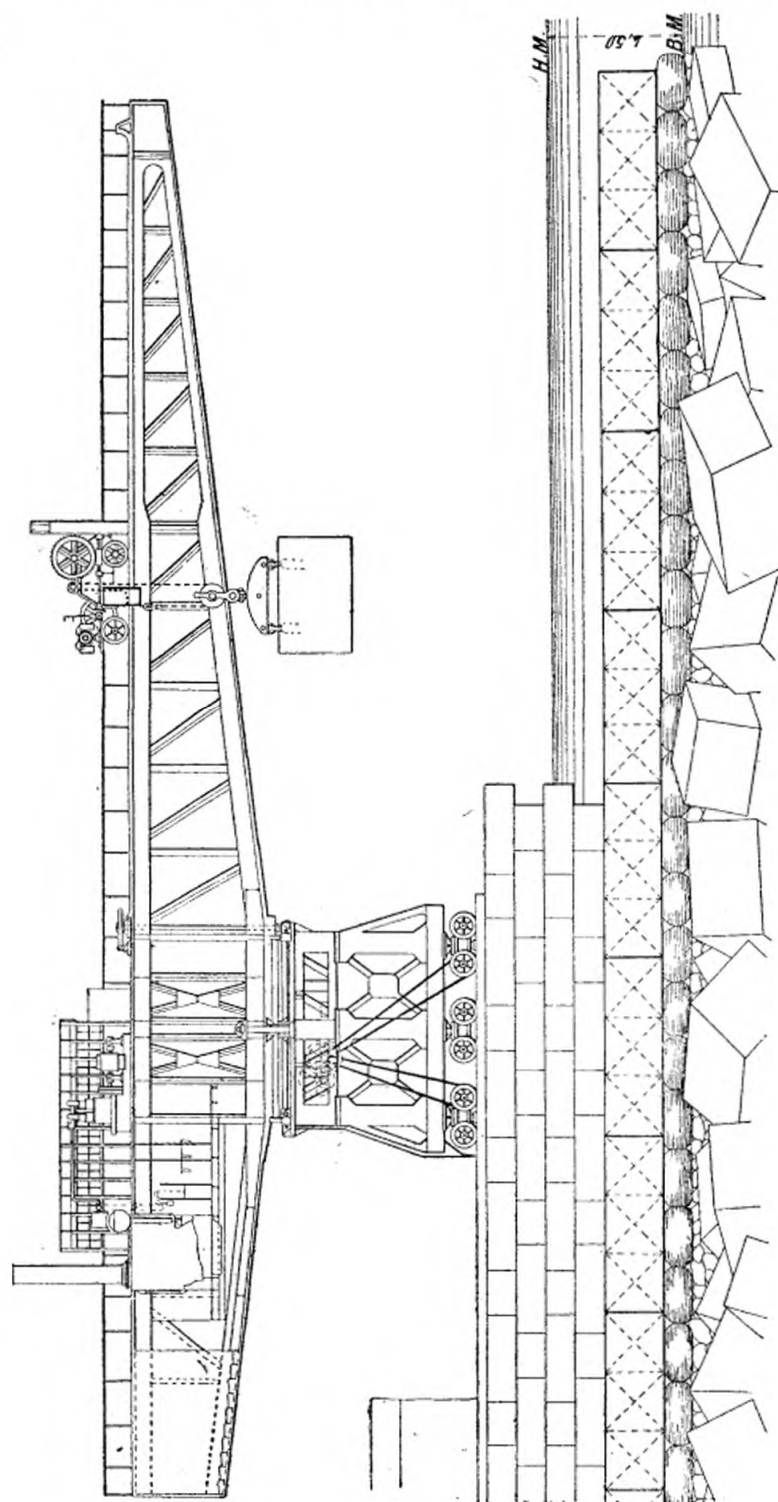


Fig. 4. — Titan.

3 000 t. Ils sont formés de caissons en métal et béton combinés, longs de 25 m, larges de 7^m,50 et dont la hauteur varie avec la profondeur. Construits à sec dans le futur bassin du port, qu'on remplit ensuite, ils flottent et sont remorqués jusqu'à leur poste où ils sont coulés et remplis de béton.

Le même système est appliqué à Bizerte pour la construction des môles de protection de l'avant-port; les blocs y pèsent 5 000 t.

DRAGAGES.

Les travaux maritimes sont à la veille d'une transformation radicale, déjà commencée. Elle sera opérée par les dragages. Les puissantes machines mises à la disposition des ingénieurs permettront de résoudre bien des problèmes jusqu'ici réputés insolubles, et de placer les ports à peu près à l'endroit où ils sont reconnus le plus utiles, sans se préoccuper avant tout des conditions de la côte.

Il est bien entendu qu'il s'agit ici des ports de grande importance, dont les frais de construction et d'entretien seraient couverts soit par leurs revenus, soit par les allocations qui leur seraient consacrées dans un but politique.

Les résultats obtenus dans nos ports du Nord, à Ostende, sur la barre des Charpentiers à l'embouchure de la Loire, sur celle de Liverpool, dans le Mississipi, permettent de regarder la question comme résolue. Nous n'avons pu savoir la dépense effectuée à Liverpool pour l'abaissement de la barre; mais l'entretien de deux dragues comme le *Brancker* et le *G.-B. Snow*, si puissantes qu'elles soient, est presque insignifiant en comparaison des revenus de la puissante cité. Aujourd'hui que l'expérience est faite, qu'elle a réussi au delà de toutes les espérances, contre l'opinion même de l'ingénieur si réputé qui dirigeait les grands établissements de la Mersey, il est clair que s'il fallait doubler ou tripler l'effort, la Direction des docks de Liverpool n'hésiterait pas à l'effectuer.

Les travaux qu'exécute le gouvernement russe sur le Volga seront, à n'en pas douter, un nouveau triomphe pour la drague, dont l'amélioration sera encore augmentée à mesure de ses propres succès.

CONSTRUCTION DES QUAIS. FONDATIONS.

La construction des quais est parfois d'une difficulté extrême, à cause de l'épaisseur des mauvais terrains, sur lesquels il est impossible

d'asseoir les fondations. L'emploi de l'air comprimé a permis, dans la plupart des cas, de traverser ces terrains et de fonder sur un sol suffisamment résistant.

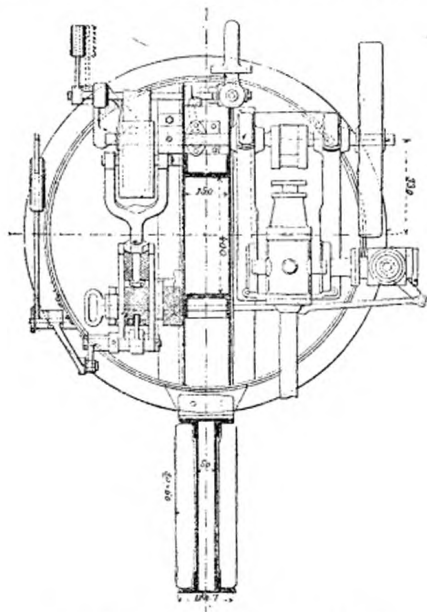


Fig. 2. — Cloche à extraire des déblais.

La portion supérieure de la cheminée d'extraction des matériaux constitue un sas de 1^m,50 de hauteur, séparé du reste par un diaphragme métallique de 10 cm de largeur. Il laisse donc libre une ouverture circulaire où peut passer le châssis qui porte la benne. A la partie inférieure du châssis est fixé un disque plus large que l'ouverture circulaire, contre laquelle il vient buter, lorsqu'on élève la benne. A ce moment un robinet évacue l'air comprimé du sas ; l'air qui reste dans la cheminée presse le disque contre le bord du diaphragme, muni d'une feuille de caoutchouc assurant l'étanchéité. On ouvre la porte du sas et la benne est basculée autour des tourillons qui la rattachent au châssis. En faisant rentrer l'air comprimé dans le sas, la benne redescend (fig. 2).

EXPLOITATION.

La manutention des marchandises doit être faite avec la plus grande célérité, pour permettre aux navires de recommencer leurs voyages dans le plus bref délai. La manœuvre par l'eau comprimée tient encore la préférence dans les installations, mais l'électricité tend à prendre une place qui sans doute deviendra prépondérante.

L'emploi des caissons est malheureusement assez dispendieux. L'usage du batardeau mobile, d'abord employé à Anvers, a diminué dans des proportions notables la dépense, en permettant de laisser dans la construction la moindre quantité possible de métal.

La fondation dans des caissons mobiles, indépendants, est une autre solution, qui a été adoptée à Bordeaux, à Livourne, à Gènes.

Nous rappelons l'ingénieuse disposition adoptée pour l'extraction des déblais.

Au Havre, à Hambourg, à Rotterdam, les premières expériences sur les grues électriques ont montré que ces engins pouvaient se plier aux exigences nombreuses du service des ports, mais qu'ils demandent encore des perfectionnements sérieux. Cependant dès aujourd'hui les établissements septentrionaux, où la gelée arrête parfois le service de l'eau sous pression, semblent devoir adopter définitivement l'électricité comme source d'énergie.

A Aberdeen, les pompes d'épuisement du bassin de radoub sont actionnées par une machine à gaz, ce qui est, pensons-nous, la première application d'un tel moteur dans les manœuvres des ports.

Transporteur Temperley (fig. 3). — Au Champ-de-Mars, étaient exposés divers modèles du transporteur Temperley, et à l'annexe de Vincennes un engin de grandeur d'exécution. L'usage de cet appareil se répand beaucoup depuis quelques années.

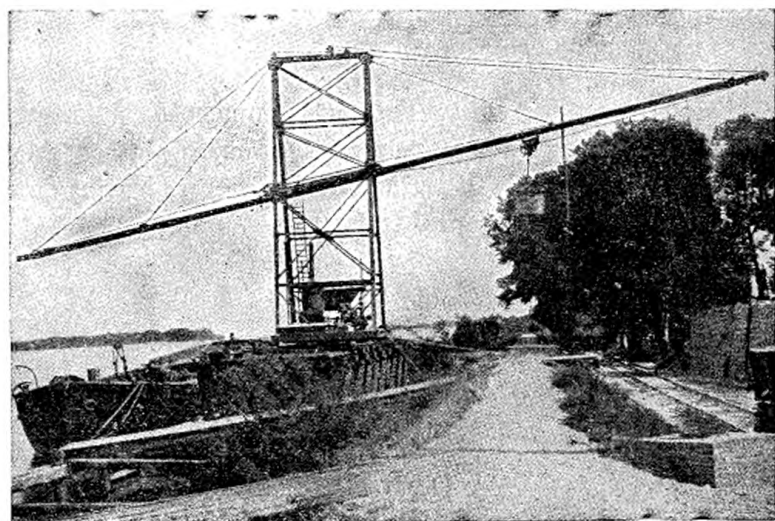


Fig. 3. — Transporteur Temperley.

Il comprend un chariot mobile sur une poutre aérienne et muni d'un mécanisme automatique au moyen duquel il se fixe sur la poutre pendant la montée ou la descente de la charge. Celle-ci s'accroche d'elle-même au chariot à la hauteur voulue, puis se déplace sur la poutre et se fixe de nouveau au point où a lieu le déchargement.

Toutes ces opérations s'effectuent très facilement par un seul câble qui s'enroule autour d'un tambour.

L'appareil prend les formes les plus diverses selon l'usage auquel il

est destiné ; pour les longues distances la poutre en fer à T est remplacée par un câble.

L'avantage du transporteur consiste en la rapidité et la précision des manœuvres et dans sa facile installation. L'organe de préhension et d'arrêt consiste dans une pièce d'un mécanisme fort ingénieux et résistant qui a valu à l'appareil son succès. Enfin la charge n'exécute que le mouvement strictement nécessaire.

Le transporteur s'installe fixe ou mobile, à terre ou sur des navires, qui s'en servent à la place des treuils ordinaires du bord.

Description des principaux travaux exposés.

FRANCE

ECLUSES.

Dunkerque, écluse Trystram. — Commencée en 1888 et mise au service en septembre 1896, l'écluse Trystram, la plus considérable de France, donne un accès direct de l'avant-port aux bassins de Freycinet. Ses dimensions sont : (fig. 4).

Largeur.	25 ^m ,00
Longueur de tête en tête	209 ,50
» entre buses extrêmes	176 ,75
» de sas utile	176 ,00
Profondeur du seuil sous le zéro des cartes.	5 ,00
Hauteur d'eau sur le seuil	{ hautes mers de mortes eaux 9 ,15
	{ hautes marées moyennes . 9 ,90
	{ hautes vives eaux moyennes 10 ,90

Une paire de portes intermédiaires permet la division du sas en deux de 106^m,80 et 69^m,70. Les portes d'aval sont munies des porte-valets.

Dans les bajoyers courent deux aqueducs longitudinaux de 2^m,70 de largeur et 3^m,50 de hauteur, munis de portes du type en éventail. Ils communiquent avec le sas par seize aqueducs de 1^m,70 de largeur. Avec une dénivellation de 3 m, le remplissage s'effectue en six minutes.

Des bateaux-portes peuvent se fixer aux têtes pour les réparations. Le siphon des conduites accessoires a 1^m,80 de diamètre. Un pont tournant est établi sur l'écluse.

La fondation, sur sable fin affouillable, s'est effectuée sur un pilotis

général, en pieux de chêne de 30 cm de diamètre et de 4^m,50 à 5^m,50 de longueur.

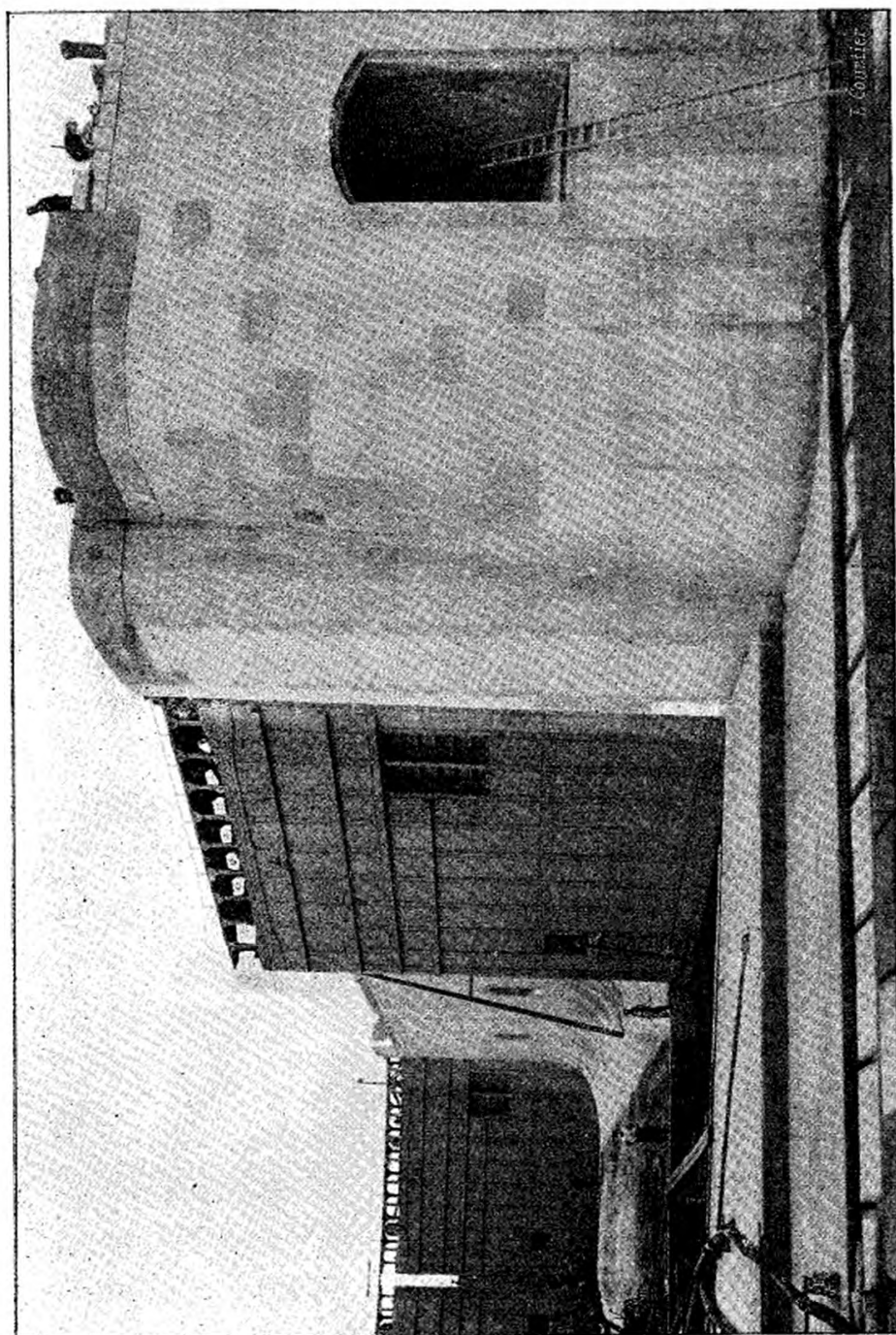


Fig. 4. — Écluse Trystram ; tête d'aval.

Le radier, épais de 4 m à 5^m,30, est constitué par une couche de

pavage en moellons ou en pierres de taille. L'épaisseur du béton est de 2 m dans le sas, 3 dans les chambres et 3^m,70 dans le para fouille. Il a été coulé entre des vannages de 9 m de hauteur aux têtes et 5 m latéralement.

Le radier du sas est plan sur 3 m ; il constitue sur les bords une anse de panier à trois centres, se relevant de 3 m.

Les bajoyers sont construits en briques ou en moellons, parementés en moellons smillés. Les parties exposées sont en granit (fig. 5).

La dose du mortier de ciment de Portland varie de 550 à 700 kg. par mètre cube de sable.

Épuisements. — Des batardeaux, à l'amont et à l'aval, circonscrivaient une superficie de quatre hectares comprise entre le chenal et les bassins Freycinet. Celui d'aval était en sable recouvert de terre forte protégée par un perré. Celui d'amont formait un demi-cercle de 200 m de longueur, établi depuis la cote + 8^m,50 jusqu'à - 4^m,50 extérieurement et - 7 m à l'intérieur. Il était composé de sable fin pur, étendu par couches minces, arrosées et damées. Pour éviter les avaries, les bassins n'avaient été remplis qu'à raison de 12 cm par 24 heures.

Un puisard en maçonnerie carré, de 6 m de côté, fut descendu à la cote - 13 m, au pied du batardeau d'amont. Il recevait toutes les eaux qu'épuisaient deux pompes centrifuges conduites par des machines de 10 et 15 chevaux.

L'aspiration par des tuyaux de 25 cm se faisait à des cotes variant de - 9^m,40 à - 7^m,40 ; le refoulement par des tubes de 20 cm s'élevait à + 8^m,60.

Le volume épuisé en vingt-quatre heures a varié de 4 000 à 5 000 m³. La dépense moyenne a été de 45 000 francs par an.

Portes. — Les trois paires de portes d'ebbe sont constituées par deux vantaux de 14 × 12^m,05 ; leur largeur est de 1^m,50.

Le cadre d'un vantail comprend, en outre des traverses supérieure et inférieure et des poteaux extrêmes, sept montants reliés par deux entretoises formant ponts étanches. Le bordage en tôle s'étend sur les deux faces. La partie centrale forme caisse à air ; les poteaux tourillon et busqué constituent des caisses à eaux ouvertes à l'amont. La vidange est opérée par l'air comprimé.

Les fourrures sont en greenheart.

Les montants et entretoises sont en tôle de fer galvanisée, sauf la traverse supérieure qui est en acier ; elle s'appuie sur le chardonnet par des sabots, également en acier, qui pressent contre une plaque de même métal scellée dans la pierre de taille.

Le vantail est muni de deux ventelles, dont la surface totale est de 6 m². Ne devant servir qu'en cas de réparations aux aqueducs, elles se manœuvrent par des crics à main.

Le vantail, dont le poids est de 153 t, est manœuvré par deux presses hydrauliques mouflées à six brins pour l'ouverture, à huit pour la fermeture. L'effort sur les chaînes de manœuvre est de 7 600 kg. à l'aval et 4 200 kg. à l'amont.

Les vantaux d'aval sont munis de freins hydrauliques qui les retiennent contre le ressac ; ces freins atteignent un effort de 30 t au moment où les vantaux rencontrent le busc.

Les porte-valets sont en fer.

L'écluse est munie de six cabestans de 2 à 5 t pour les quatre de tête et 1 à 2 t pour les intermédiaires.

Pont tournant. — L'écluse est franchie par un pont tournant à deux volées, de 52^m,50 de longueur et 4^m,66 de largeur. La manœuvre s'effectue à la main ou à l'aide d'appareils hydrauliques. Le poids du pont est de 139 t, le lest de 58 t.

Murs de quais. — Les murs de quai aux abords de l'écluse, dont le développement est de 462^m,10, ont été fondés dans 18 caissons de 10^m,13 à 30^m,50 de longueur, descendus jusqu'aux cotes — 7 m à — 9 m. Leur largeur, variable avec la profondeur de descente, était de 6^m,50 à 7^m,15 ; leur hauteur uniforme de 2^m,85.

Au-dessus de la chambre de travail de 1^m,80 de hauteur, s'élevaient des hausses fixes de 1^m,05 ; les faces latérales présentaient, sur leur milieu, une retraite de 3^m,50 de largeur et 1 m de profondeur destinée à permettre l'exécution des soudures ; ces retraites n'existaient pas en regard des maçonneries de l'écluse. Les murs sont arasés à la cote + 8 m environ.

Après fonçage, le caisson était bétonné. Les intervalles entre les caissons étaient également remplis de béton entre des panneaux constitués par quatre à cinq pieux jointifs de 30 cm d'équarrissage et de 12 à 15 m de longueur. Les joints étaient remplis par du béton coulé entre des panneaux ; ce fut le point le plus délicat de la construction.

Le dragage pour l'enlèvement des batardeaux a atteint 300 000 m³. La dépense totale a été de 9 500 000 francs.

Saint-Nazaire.— Le nouvel avant-port de Saint-Nazaire communiquera avec le bassin par une écluse à sas de 25 m de largeur et 212 m de longueur utile, divisée en deux sas partiels de 107 et 90 m. Les buscs seront à la cote — 6 m, ce qui donnera 8 m de profondeur à mi-marée, avec possibilité d'augmentation à 9 m.

L'écluse étant construite dans le gneiss, le radier est supprimé et les bajoyers ne constituent qu'un revêtement. Les aqueducs de tassement permettent le remplissage et la vidange du grand sas en six minutes.

JETÉES ET MOLES.

Dunkerque (1891-96). — L'entrée du port de Dunkerque a dû être élargie à 130 m à l'entrée et à 210 m en face du phare, afin de permettre en cet endroit l'évolution des grands navires. L'élargissement a été obtenu par la construction d'une nouvelle jetée Est, extérieure à l'ancienne qui a été démolie.

Afin d'éviter la propagation des lames par réflexion sur les parois de la jetée, la portion d'aval a été établie à claire-voie sur 201 m et mi-pleine sur 150 m. Le reste est plein. La longueur totale de la jetée est de 865 m.

Elle se divise donc, depuis l'aval, en :

- 201^m,83 de claire-voie, y compris le musoir,
- 149^m,39 de jetée mi-pleine jusqu'à la cote + 3 m,
- 273^m,25 de jetée pleine,
- 153^m,40 d'estacade établie sur le seuil d'un brise-lames,
- 61^m,35 d'estacade allant se raccorder avec l'écluse du bastion 28.

Les fondations, étant rendues très difficiles à cause de la présence de nombreuses épaves, ont été établies à l'air comprimé sur 42 caissons de 20^m,85 de longueur et dont les largeurs ont varié ainsi qu'il suit :

- 4^m,45 pour le brise-lames ;
- 5^m,50 pour les jetées pleine et mi-pleine ;
- 6^m,10 et 6^m,50 pour la jetée à claire-voie ;
- 9^m,80 pour le musoir.

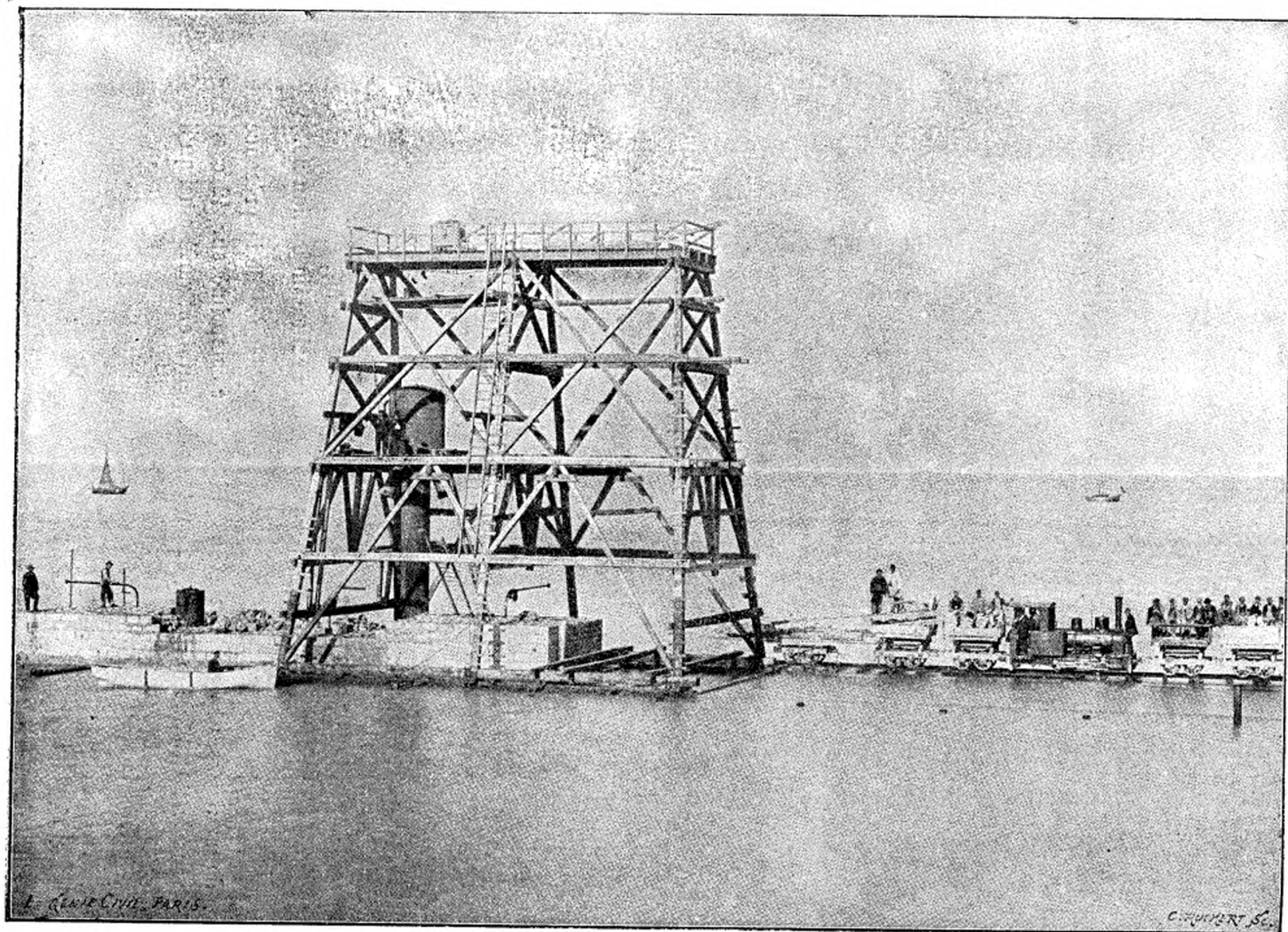


Fig. 6. — Construction de la jetée Est de Dunkerque.

La profondeur d'enfoncement a été d'environ 3 m jusqu'au trente-troisième caisson ; la rencontre de couches vaseuses l'a fait descendre ensuite à 6^m,84, puis à 8 m.

Les intervalles entre les caissons, de 7 à 55 cm, ont été fermés par des panneaux jointifs en bois, sauf au brise-lames et au raccordement, où ces panneaux ont été renforcés à l'arrière par une couche de béton descendant à — 3^m,35.

La préparation des matériaux et les compresseurs étaient établis à terre, près du bastion 28 ; le chantier était desservi par une voie ferrée parallèle à la jetée et dont le tablier était à une hauteur de 2^m,50 à 3 m.

L'enfoncement s'est opéré au milieu de grandes difficultés. Notamment, la conduite d'air du caisson n° 33 fut rompue par un coup de mer au moment du remplissage de la chambre de travail ; le caisson s'enfonça brusquement et il fallut une année pour remonter les maçonneries au niveau primitif (fig. 6).

D'autre part, la plage se relevait brusquement vers l'estacade et les caissons avaient à descendre de 2^m,50 après leur disparition sous le sable. L'enlèvement des cheminées nécessita leur protection par une chemise en briques ; des tiges de fer disposées aux angles du caisson servaient de repères pour leur guidage.

Les maçonneries de fondations étaient arrêtées à la cote + 1^m,70. La plateforme était réglée à + 9 mètres.

La maçonnerie du musoir s'élève à + 3^m,54. La superstructure en charpente comprend huit fermes espacées de 1^m,69 à 2^m,15, dont les poteaux montants sont encastrés dans la maçonnerie. Les poteaux et bracons sont reliés par trois cours de moises, aux cotes 3^m,81, 6 m et 8^m,70 (fig. 7 et 8).

Sur le plus élevé reposent les longerons du tillac.

La liaison des fermes se fait : par les longerons des moises, les liernes des poteaux extérieurs et les moises, trois cours de liernes entaillées sur les poteaux extérieurs, deux cours de liernes sur les moises et poteaux de l'axe, des écharpes extérieures, du côté du chenal, inclinées vers l'aval.

Le musoir, qui mesure 10^m,50 × 7^m,38, porte la tourelle d'un feu fixe.

La maçonnerie de la jetée à claire-voie, arasée à + 2^m,40, porte la charpente constituée par des fermes espacées de 2^m,10, reliées par

trois cours de liernes sur chaque face. La largeur du tillac est de 2^m,70.

Le même système est appliquée à la jetée mi-pleine (fig. 7 et 8).

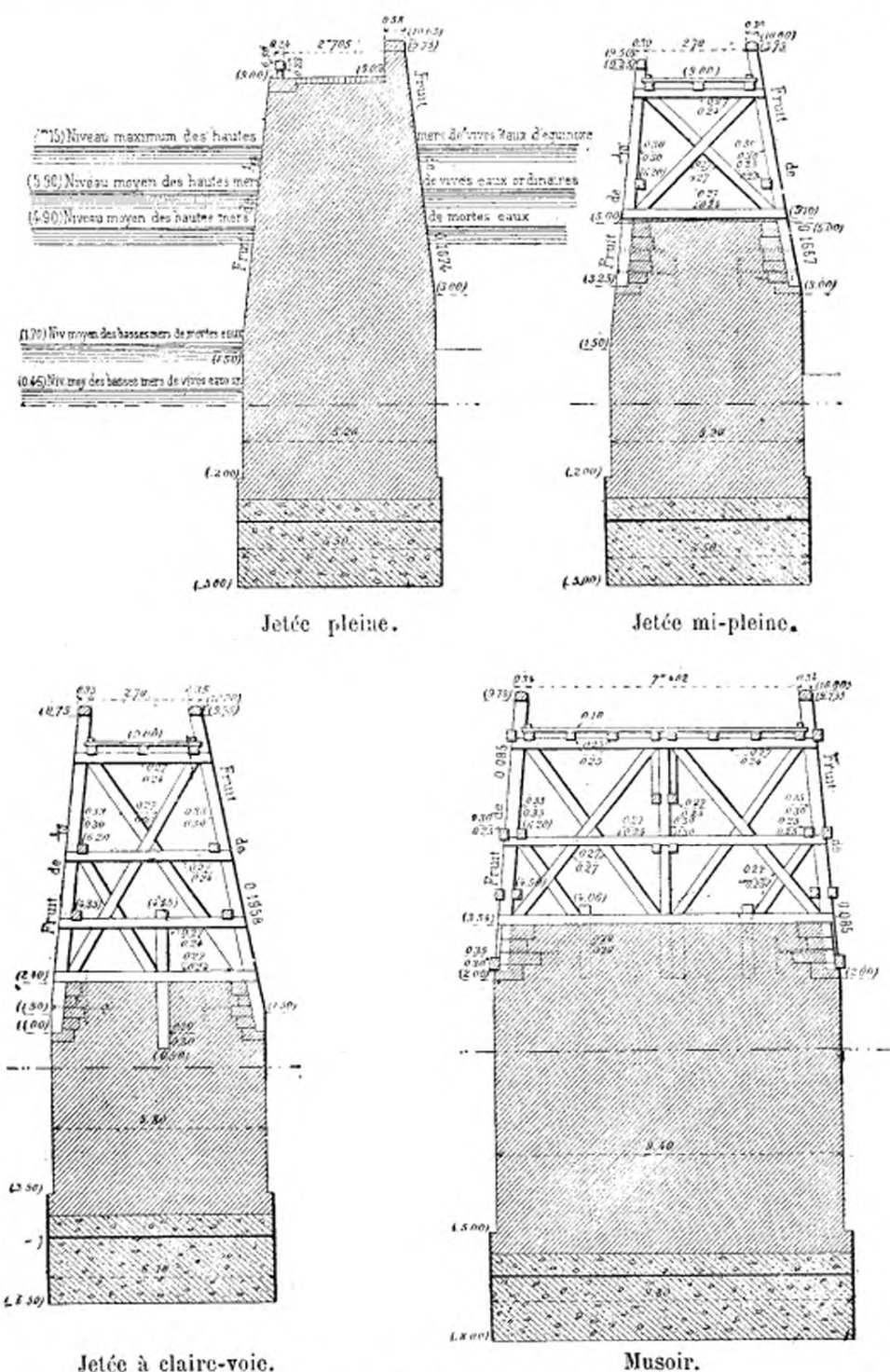


Fig. 7 et 8. — Divers profils de la jetée Est de Dunkerque.

Le brise-lames est limité le long du chenal par un massif de maçonnerie arasé à la cote + 2 m. Les fermes sont distantes de 3 m. Du côté

de la plage, il est fermé par une levée en sable, défendue par des couches de terre forte et de béton soutenues par des murettes fondées

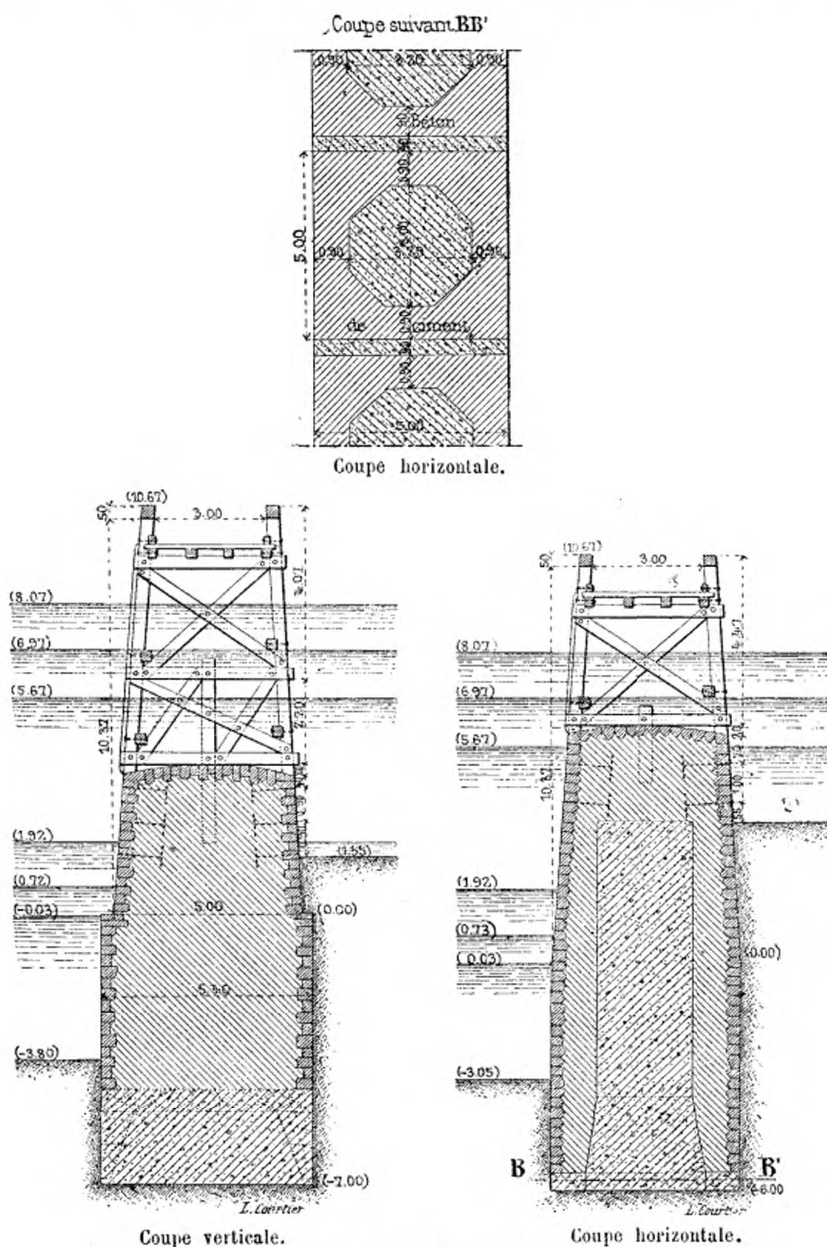


Fig. 9. — Calais, Nouvelle jetée Est.

sur un massif également de béton. Son pied est défendu par des lignes de pieux et palplanches.

Le revêtement du brise-lames est constitué d'une couche de béton de ciment recouverte d'une maçonnerie de moellons d'appareil de 40 cm d'épaisseur.

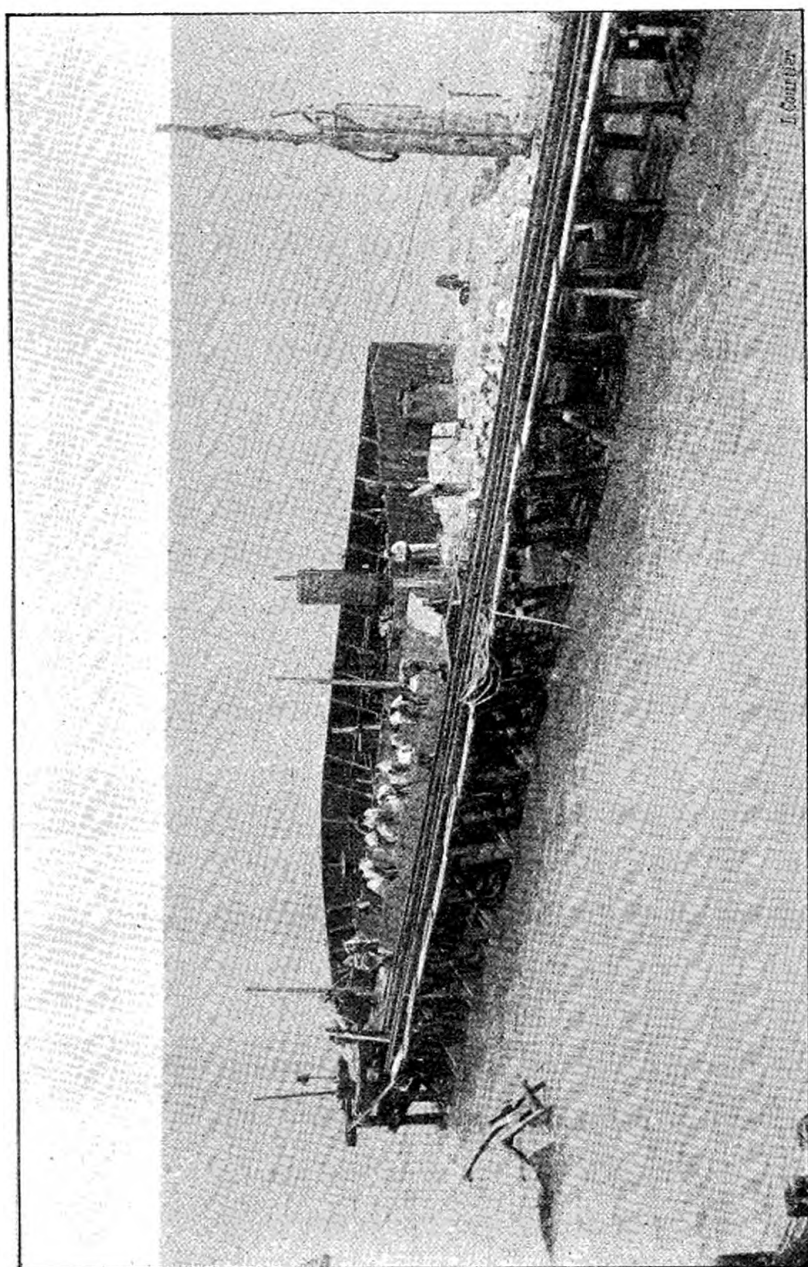


Fig. 10. — Calais. Fonçage des caissons.

La dépense a été de 3 680 000 francs.

Calais (1894-96). — Les mêmes raisons que pour Dunkerque ont conduit à la construction d'une nouvelle jetée Est.

Elle est longue de 248^m,78.

Les premières portions (165^m,45) ont été construites par havage avec injection d'eau, système qui avait si bien réussi pour les quais de l'avant-port, mais il fut très coûteux en pleine mer et l'on eut recours à l'air comprimé.

Les puits fondés par havage avaient 5 m \times 5 m, descendus aux cotes — 5 et 6 — m. La liaison des puits se faisait par des colonnes en béton (fig. 9).

Un sac en forte toile imperméable lesté inférieurement par des coupons de rails était descendu vers chaque extrémité de la rainure, puis rempli de béton, tandis que le pourtour recevait une injection d'eau jusqu'à la cote voulue. Le sac de béton prenait la forme de l'intervalle qu'il remplissait. L'intérieur était alors vidé et rempli de béton.

La fondation à l'air comprimé s'exécutait dans dix caissons de 17^m,70 \times 5^m,40, et dans deux autres de même largeur, mais de 21^m,63 et 18,29 de longueur. Le caisson-musoir a 27^m,90 \times 11^m,10 (fig. 10).

L'extraction des déblais s'opérait par l'air comprimé, qui rejetait le sable sur la plage; point n'était dès lors besoin de grands sas, ils n'avaient que le diamètre de la cheminée, un mètre.

Le joint entre deux caissons, de 30 cm, se fermait par un seul pieu en fer.

La Houle-sous-Cancale (1895-97). — Le môle de la Houle comprend un enracinement de 61^m,50 et un prolongement mixte en maçonnerie, fer et bois de 66^m,39.

Cette dernière partie se compose de vingt-deux fermes métalliques espacées de 3 m. Elles sont formées d'un cadre partagé verticalement en quatre parties égales par des traverses horizontales et fortifiées par des diagonales. La semelle inférieure débordé du côté de la mer et ce prolongement est maintenu par deux diagonales.

Les traverses supérieures sont entretoisées par des longerons métalliques supportant le platelage; au-dessous, l'ouvrage porte un fort contreventement horizontal dessinant entre trois fermes consécutives une croix de Saint-André; des longerons horizontaux assurent encore l'écartement.

Les traverses inférieures sont reliées par six cours de longerons horizontaux; tout ce grillage est noyé dans une couche de béton de 60 cm

d'épaisseur, surmonté d'un l'est en maçonnerie et pierres sèches.

Vers la mer existe un bordage en madriers de $23\text{ cm} \times 8\text{ cm}$, espacés de 2 cm et chevillés sur sept sommiers horizontaux reposant sur des longerons métalliques.

A l'intérieur, les défenses sont des pièces de $25\text{ cm} \times 25\text{ cm}$ verticales appuyées sur les fermes par cinq d'és en bois et encastrées supérieurement dans une mâchoire en bois.

Nouveau Môle de Cherbourg.— Le croquis de la section droite de ce môle est donné par la fig. 11. Nous ajoutons ici quelques détails sur les procédés de construction employés.

Le môle, qui part de la jetée du port de Querqueville, a $1\,140\text{ m}$ de longueur. L'infrastructure est constituée par un massif en enrochements arasé à la cote $+ 1^{\text{m}},25$ sur une largeur de $11^{\text{m}},30$. L'inclinais-

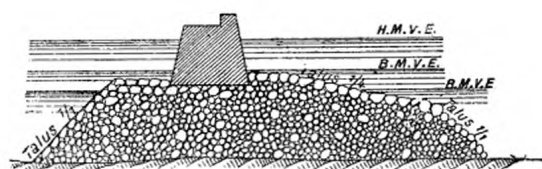


Fig. 11. — Cherbourg. Nouveaux môles.

son des talus est, du côté de terre à $1/1$, et au large de $4/1$ jusqu'à la cote $- 5\text{ m}$ et à $1/1$ au-dessous. De ce dernier côté, la portion à talus faible est protégée par un revêtement en gros blocs variant de 1 m à $2^{\text{m}},35$ d'épaisseur.

La superstructure est en maçonnerie, large de $11^{\text{m}},30$ à $8^{\text{m}},40$ sur la hauteur de $7^{\text{m}},95$, formée à la base de blocs artificiels de moellons, de 40 m^3 (100 t.), reliés par de la maçonnerie ; sa hauteur, de $6^{\text{m}},28$, est surmontée d'un mur abri de $1^{\text{m}},67$, à parement interne vertical, l'autre étant réglé avec un fruit de $1/10$.

Le musoir est circulaire, avec 7 m de rayon ; il est protégé par des blocs de 20 m^3 .

Les dimensions des blocs de 100 t. ont $5 \times 3^{\text{m}},20 \times 2^{\text{m}},30$ de hauteur.

Leur face extérieure est verticale et parementée ; les autres sont construites avec arrachements, entre lesquels s'effectuait la maçonnerie de liaison.

Le lève-blocs circulait sur une voie de 4^m,20 d'écartement, formée par deux rails jumelés. L'appareil de levage était constitué par un cylindre hydraulique pouvant osciller dans tous les sens. Un rochet monté sur la tige du piston faisait tourner celui-ci à volonté dans le cylindre. La pose des blocs dans toutes les situations possibles était donc aisée.

Les blocs artificiels étaient transportés par deux sur un bateau formé de deux flotteurs espacés de 14 m et fortement reliés par un pont sur lequel étaient établis deux appareils de levage pouvant effectuer un ripage transversal pour la pose.

Ce bateau a servi également à la pose des blocs de 30 t., par quatre à la fois.

Les blocs naturels de 10 à 35 t. étaient transportés par un ponton à bascule de 130 t., constitué par une coque pontée à trois enclaves, deux latérales et une postérieure, dans lesquelles sont établies des plateformes oscillant autour d'un axe horizontal. Un même levier effectuait le déclenchement des bascules latérales.

Saint-Nazaire (1898). — Les grands navires ne pouvaient pénétrer par la passe latérale du bassin de Saint-Nazaire. Une nouvelle entrée est établie suivant l'axe longitudinal du bassin ; elle se compose d'un avant-port de 510 m de longueur, limité par deux môles convergents, écartés de 370 m à la racine et laissant entre eux un espace de 120 m.

Les déblais seront opérés à sec dans l'avant-port asséché après fermeture de la passe par un batardeau.

Les môles, en maçonnerie, ont comme section droite un trapèze de 3 m de base supérieure, avec fruit de 1/6. La plateforme, à la cote + 7^m,50, est défendue par un parapet de 1^m,50 \times 1^m,50.

Une longueur de 360 m de fondations est établie à la marée sur le rocher. Le reste est fondé à l'air comprimé.

Le caisson employé mesure 12 \times 9 \times 4 m. Les angles portent quatre colonnes qui convergent vers une plateforme située à 13 m au-dessus, et qui porte deux treuils.

La chambre de travail a 1^m,90 de hauteur. La chambre superposée est divisée en neuf compartiments. Les quatre établis aux angles servent de sas à air, sauf un où est installé le compresseur. Les quatre compartiments intermédiaires sont des chambres à eau ; celui du milieu, ouvert, reçoit à volonté un lest de fonte.

Les quatre cheminées obliques ont 75 cm de diamètre et sont munies de portes à diverses hauteurs. Quatre bigues métalliques fixées aux colonnes supportent une passerelle mobile placée au niveau de la plateforme déjà exécutée.

Les manœuvres sont faites par l'électricité.

Après la mise à nu du rocher exécutée dans le caisson, la maçonnerie y est construite par assises de 25 cm ; le caisson est relevé chaque fois que deux assises sont terminées ; le relèvement se fait par douze vérins hydrauliques de 50 t.

L'arasement a lieu à la cote + 1 m, puis le caisson délesté est déplacé de sa longueur et l'opération recommence.

Au début, le déplacement avait lieu par amarres ; un accident fit abandonner ce système. Maintenant le caisson est suspendu, entre deux chalands jumelés par six chaînes actionnées au moyen de treuils.

Les joints, de 1^m,50 à 2 m, fermés latéralement par des palplanches, sont dragués puis nettoyés au scaphandre et remplis de béton de ciment de Portland coulé par un tube. Sur le rocher, les palplanches sont remplacées par des sacs de béton formant murettes.

La maçonnerie supérieure est exécutée à la marée.

Objet des travaux. — Les travaux d'approfondissement du bassin de Saint-Nazaire ont pour but d'amener le plafond de la grande darse à 1 m au-dessous des seuils de la plus grande des écluses d'entrée, et le plafond de la petite darse au niveau de ces seuils. Dans ces conditions, l'épaisseur de la couche à dégrader varie de 0^m,30 à 1^m,12. Le cube correspondant à l'exécution de ce programme s'élève à 100.000 m³.

Le fond du bassin est constitué par un gneiss à allure plus ou moins schisteuse, au milieu duquel se rencontrent en assez grande quantité des conglomérats de quartzites et des rognons granitiques.

Appareil dérocheur. — On a employé un appareil dérocheur Lobnitz ameublissant la roche par écrasement au moyen de pilons. Parmi les travaux de dérochement exécutés par ce procédé et assimilables à ceux du bassin de Saint-Nazaire, on peut citer : ceux de dérasement des seuils rocheux rencontrés lors de l'élargissement du canal de Suez, ceux d'approfondissement du port de Limerick et ceux de régularisation des Portes-de-Fer.

La dérocheuse, construite en 1893 et mise en service en mars 1894, est montée sur deux pontons en bois de 25 m de long, 4^m,75 de large et 2^m,45 de creux, reliés par cinq poutres transversales en I. Sur les

cinq poutres transversales repose, par l'intermédiaire de deux poutres longitudinales tubulaires, la charpente de l'appareil, formée d'un por-

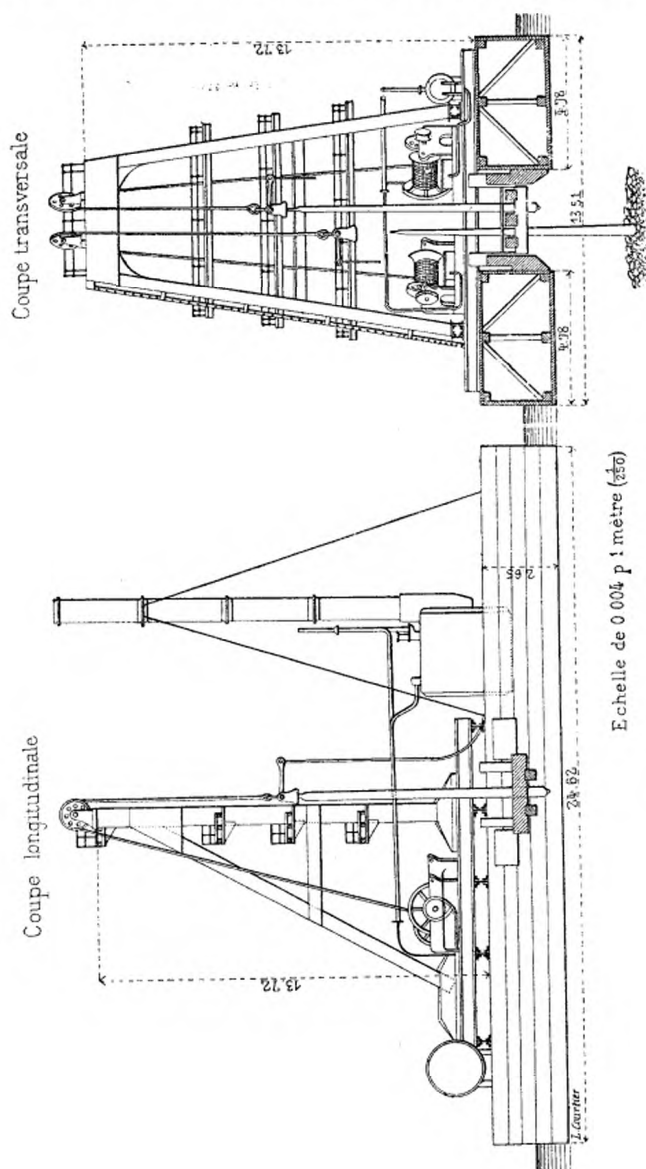


Fig. 12. — Appareil dérocheur de Saint-Nazaire.

tique à montants inclinés réunis à diverses hauteurs par trois passerelles et, à leur sommet, par une poutre horizontale formant chapeau et

soutenue par deux jambes de force. Les montants et jambes de force sont formés de poutres tubulaires en tôles et cornières. Le chapeau est également constitué par une poutre tubulaire en forme de caisson de 1^m,22 sur 0^m,34. Ce chapeau a 4^m,65 de longueur. Son sommet est à 13^m,72 au-dessus du plancher supérieur des pontons.

Au-dessus du chapeau du portique sont deux gros réas en fonte sur lesquels passent les câbles en fils d'acier qui soutiennent les pilons. Ces câbles viennent s'enrouler sur des treuils de manœuvre disposés sur un plancher établi entre les jambes de force du portique. Les pilons sont suspendus à ces câbles par l'intermédiaire de chapes en acier dans lesquelles viennent s'engager des déclics commandés au moyen de leviers. L'axe autour duquel se meut le levier du déclic traverse la partie supérieure d'une cloche en fonte pesant environ 500 kg. et qui vient coiffer la partie supérieure du pilon. Le déclic est maintenu dans sa disposition normale au moyen d'un ressort à boudin.

Tant qu'aucun effort n'est exercé pour tendre ce ressort, le pilon correspondant coiffé par la cloche peut être hissé sans que sa chute se produise.

Les pilons dans leur chute sont guidés par une cage-guide formée de pièces de bois garnies de plaques de tôle.

Plusieurs types de pilons ont été successivement employés. L'expérience a conduit à adopter des pilons d'une longueur moyenne de 11 m, pesant de 10 à 12 t. Le dernier type adopté donnant de bons résultats est terminé par un sabot dans lequel on emmanche une pointe d'acier de Commentry.

Exécution des travaux. — La surface à approfondir est divisée en un certain nombre de zones d'opération. La dérocheuse balaye chaque zone en décrivant une série de lignes parallèles ou « passes ».

L'avancement dans chaque passe est obtenu au moyen des quatre chaînes de papillonnage dont deux sont filées d'une quantité égale à celle dont s'enroulent les deux autres. Quant une passe est achevée, on agit sur les chaînes d'avancement de manière à déplacer le plan vertical des pilons de 1 m parallèlement à lui-même, et on recommence une passe nouvelle.

L'expérience a conduit à attribuer aux chutes des pilons une hauteur moyenne de 3 m. Dans la roche non décomposée, le nombre de coups de pilons nécessaire pour obtenir un enfoncement de 0^m,90 à 1 m est extrêmement variable : il varie de 5 à 10 pour le gneiss feuilleté et de 10 à 140 pour le granit compact.

La dérocheuse est un engin brutal; aussi les avaries survenues aux pions, à leurs chapes ou à leurs pointes, ont été multiples. Sur des

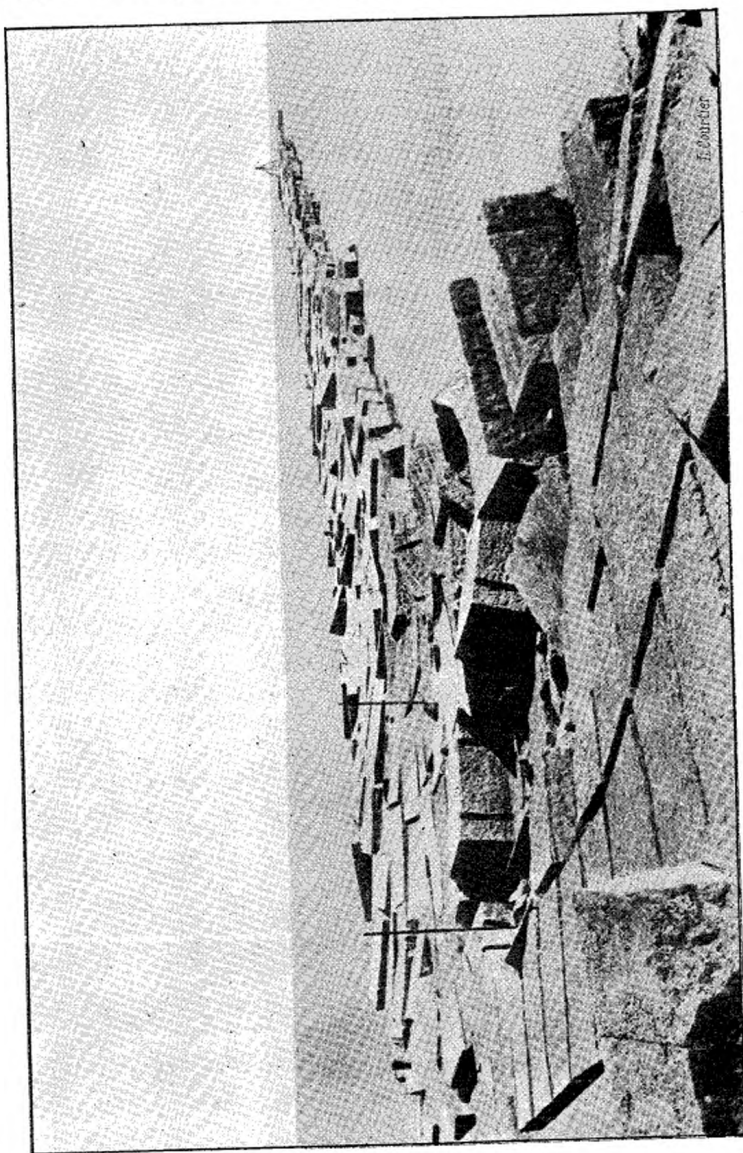


Fig. 13. — Cotte. Epi-Dellon

parties de rocher extrêmement dur, quelques pions se sont rompus dès les premiers coups. Mais en moyenne, avec un même pion, on a pu, avant sa mise hors d'usage, battre un nombre de coups variant de

35,000 à 40,000 ; et en somme, la solution est très économique si l'on est en présence d'un cube considérable à exécuter.

Il est impossible, avec la disposition actuelle de la dérocheuse, de

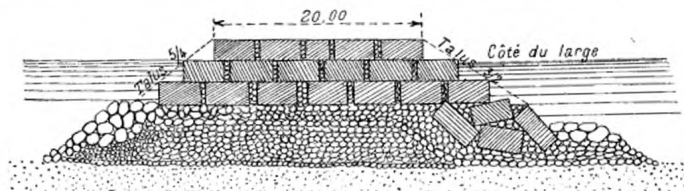


Fig. 14. — Digue de Cette.

pilonner à moins de 6^m,50 de l'arête d'un mur de quai. Dans cette zone, les travaux sont effectués à l'aide d'un caisson à air comprimé.

Les produits de l'ameublissement du fond sont enlevés à l'aide d'une drague à godets.

Cette (1881-1895). — La digue de protection du port de Cette a été prolongée de chaque côté par des portions désignées sous le nom d'Epideillon (fig. 13).

Leur but est de protéger les passes d'entrée du port contre les tempêtes du nord et d'améliorer les profondeurs de ces passes que les sables de la côte, soulevés par les tempêtes ou chassés de l'est à l'ouest par un courant littoral, tendent à diminuer. Ces profondeurs se réduisaient à 6 m après l'hiver; elles se maintiennent aujourd'hui à 7^m,50 et l'ensemble du port s'est approfondi d'un mètre. La passe de l'est est maintenant calme, même par mauvais temps.

Le mur se compose d'un enrochement arasé comme l'indique la fig. 14, formé de pierrailles (pierres jusqu'à 5 kg.) et de moellons (de 5 à 200 kg.). Ces matériaux ont été jetés de chalands qui ont également servi à la pose des blocs artificiels au-dessous de 4 m de profondeur. Au-dessus, ceux-ci ont été, par une grue flottante, régulièrement armés. Les joints sont remplis sous l'eau par des moellons, à l'air par du béton.

Les talus du musoir ont dû être renforcés au moyen de blocs de 30 m³ en maçonnerie (350 kg.) de chaux du Teil par mètre cube de sable pour le mortier).

La dépense a été de 5 750 francs par mètre courant, dans une profondeur de 10 m.

PORTS.

Le Havre. — De vastes travaux sont entrepris au Havre afin d'augmenter le mouillage de l'entrée et de protéger les passes contre les alluvions de la Seine. La profondeur en basse mer n'était en 1895 que de 2 m, et les dragages ultérieurs n'ont pu l'augmenter que d'un mètre.

Les navires avaient à suivre un chenal sinueux et une courbe de 700 m de rayon était décrite pour se présenter à l'écluse des Transatlantiques. Celle-ci est simple, accessible seulement pendant trois heures. La manœuvre, longue et difficile, des bâtiments interceptait les mouvements du port.

Pour remédier à ces divers inconvénients, les travaux en cours d'exécution sont les suivants :

- 1° Construction d'un nouvel avant-port, avec passes draguées.
- 2° Rescindement des jetées actuelles et d'une partie des fronts de la Floride, afin d'établir une communication directe entre l'ancien et le nouvel avant-port, le premier servant de bassin de marée.
- 3° Etablissement d'une nouvelle écluse.
- 4° Défense des falaises de la Hève.

Avant-port. — Limité par deux môles convergents, longs de 850 m (môle nord) et 875 m. Le premier est rectiligne. L'autre se compose de deux alignements de 800 et 75 m. La passe est de 200 m de largeur.

Le môle sud est relié à la terre par une estacade de 350 m de longueur, qui s'étend sur une fondation inclinée en pente douce et servira de brise-lames temporaire, car c'est là que s'ouvrira plus tard, en cas de besoin, l'entrée des nouveaux bassins à construire au sud des bassins Bellot et de l'Eure.

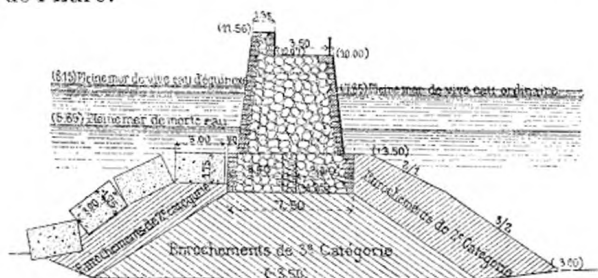


Fig. 14 bis. — Le Havre. Profil type des digues Nord et Sud.

La plage actuelle devant Frascati sera conservée dans son état naturel; le déferlement des lames sur cette grève plate concourra également

à atténuer le ressac. C'est une disposition employée avec succès en Italie.

L'avant-port et l'une des passes seront dragués à la cote — 4^m,50 et pourront l'être jusqu'à — 8^m,50 ; l'autre passe extérieure n'aura, pour le moment, que 4 m de profondeur.

Les navires ne rencontrent pas, dans l'avant-port, de courbe inférieure à 2 000 m.

L'avant-port actuel sera séparé du nouveau par un étranglement de 200 m. Comme la distance entre les môles d'abri mesurera 1 200 m, ces étranglements et dilatations successifs amèneront un abaissement de la houle, qui permettra l'utilisation du bassin de marée où sera construit, pour les transatlantiques, un quai d'accostage de 500 m de longueur avec une souille où ils pourront se maintenir à flot.

Ecluse à sas. — Réunira l'avant-port au bassin de l'Eure. Sas de 240 × 30 m ; seuil à la cote + 3^m50.

Défense des falaises. — Des revêtements protégeront le pied des falaises du cap de la Hève ; les parties éboulées seront mises à l'abri des vagues et prendront un talus qui empêchera toute chute ultérieure.

Détail des travaux. — Un petit port des travaux, qui sera en définitive utilisé pour la pêche, est construit à l'angle interne du môle nord, lequel se détache de l'ancienne batterie des Huguenots.

Sur l'emplacement de celle-ci a été installé un chantier ; l'espace occupé mesure 4 hectares et demi ; le bassin de marée a 9 000 m² : c'est un quadrilatère bordé sur trois côtés de 310 m de quais en maçonnerie, compris une cale de 92 m, inclinée à 1/10, destinée au lancement des blocs artificiels. Ce bassin est construit à la cote + 1^m,50.

La portion du môle nord qui le protège s'élève à la cote + 10^m,50. Une longueur de 200 m, où la plage découvre en basse mer, est fondée sur un massif de béton d'un mètre d'épaisseur ; le reste est établi sur une substructure d'enrochements. La plateforme est défendue, sur 10 m de largeur, par un revêtement de béton adossé à un cavalier.

Les môles sont construits suivant le type de Boulogne. Infrastructure comprenant un noyau d'enrochements employés par catégories, où les pierres pèsent de 40 à 1 000 kg., de 1 000 à 5 000 kg., de 5 000 à 10 000 kg. Les derniers servent de protection au talus et au pied extérieurs, près de terre ; plus loin, ils sont remplacés par des blocs artificiels en béton de 31 t (fig. 14 bis).

Cette infrastructure est arasée à la cote $+ 1^m,25$. Au-dessus, au môle nord en construction, des blocs de maçonnerie sont construits en place sur une largeur de $7^m,50$. Au môle sud, ce seront des blocs artificiels fabriqués à terre et posés en quinconces.

Après un tassement suffisant, ces blocs sont liés par de la maçonnerie et ils portent la superstructure en maçonnerie avec fruit de $1/10$, large de 3 m à la cote $+ 10$ m. La plateforme est protégée par un parapet de $1^m,50 \times 1^m,33$.

Les môles sont munis d'échelles en fer, d'organeaux et de bollards espacés de 50 m.

Musoirs. — Leur largeur sera de $13^m,50$ à la plateforme, située à la cote $+ 11^m,50$. Sur 30 m, la fondation, large de 16 m, sera à parois verticales et enfoncée à $- 11$ m, ce qui permettra l'approfondissement ultérieur à $8^m,50$.

Mode de construction. — Les enrochements sont immergés par des chalands à clapets.

Le prix moyen du mètre courant de môle est estimé à $4\,500$ francs.

Ecluse. — Grâce à l'abaissement du seuil, la durée des manœuvres à chaque marée sera de six heures. Le sol où est installée l'écluse est très mauvais et il est impossible d'établir les bajoyers et le radier sur un massif unique de fondation. Le radier sera construit sur un simple dallage en béton de peu d'épaisseur, incapable de résister aux sous-pressions, destiné seulement à protéger le sous-sol contre l'érosion. Le sas ainsi formé sera séparé des bassins à flot comme de l'avant-port par les massifs des deux têtes, formant barrages suffisants pour résister aux sous-pressions et au siphonnement des eaux sous les fondations.

L'ouvrage comprend donc trois parties :

1° Massif d'amont : Chambre de porte amont et musoirs de raccordement avec les murs du bassin de l'Eure. Fondations sur sable et gravier résistant, à la cote $- 9^m,50$.

2° Massif d'aval : Chambre de porte aval et raccordement avec les quais de l'avant-port. Fondations à $- 17$ m sur argile compacte.

3° Sas : Radier et bajoyers reliés aussi bien que possible. Fondations à des profondeurs variables selon l'allure du terrain.

Le couronnement des bajoyers est à la cote $9^m,50$. Les plus hautes eaux connues arrivent à $9^m,20$. La longueur totale de l'ouvrage est de 340 m.

Le choix des portes — busquées ou à un seul vantail — n'est pas encore fixé. La longueur utile du sas sera de $241^m,50$ dans le premier cas et de 226 m dans le second.

En aval de la porte amont il y aura un pont tournant semblable à celui du bassin Bellot. Les manœuvres seront exécutées à l'eau sous pression.

Les manœuvres de sasement se feront en 45 minutes au moyen de quatre aqueducs longitudinaux et de ventelles. La section totale des premiers est de 25 m².

La construction des deux têtes de l'écluse est seule commencée. Chacune se compose d'un massif principal formant batardeau étanche et correspondant à la chambre des portes et de deux massifs secondaires reliés au premier, prolongeant les bajoyers et les raccordant avec les ouvrages existants.

Les trois massifs sont fondés séparément sur caissons à air comprimé. Les longueurs suivant l'axe sont de 32 et 36 m pour les massifs principaux des têtes d'amont et d'aval, de 65 et 63 m perpendiculairement à l'axe.

Le caisson d'amont est assez abrité pour être construit sur place et foncé à $-9^m,50$. L'autre, construit sur cale, sera amené flottant à sa position et foncé à $-17^m,50$. Le fonçage sera rendu très difficile par la variation considérable de la marée, près de 9 m ; il sera exécuté à l'abri d'un batardeau où le niveau restera à peu près constant, celui de la mer moyenne.

Les caissons des massifs secondaires des bajoyers d'amont auront 38×17 m au nord et $23 \text{ m} \times 17^m,50$ au sud.

Des batardeaux transversaux en maçonnerie, à démolir après le travail, seront construits, pendant le fonçage des grands caissons, en travers des chambres de portes, à l'amont et à l'aval de chacun des massifs principaux ; ils serviront à appuyer les hausses des caissons et à contrebuter les bajoyers, puis à permettre la construction à sec et en place des vantaux des portes d'écluse.

La Pallice (1881-1891). — Le port de la Pallice a été creusé à cinq kilomètres au nord de la Rochelle, en un point désigné par M. Bouquet de la Grye, parce que les grandes profondeurs y sont très proches du rivage. La localité est d'ailleurs très abritée par les îles de Ré et d'Oléron. Les ouvrages comprennent :

Un avant-port délimité par deux môles convergents, creusé à la cote — 5 m et muni de brise-lames.

Un bassin à flot creusé à la cote — 4 m, avec une écluse à sas.
Deux formes de radoub.

Avant-port. — Les môles, éloignés de 400 m à leur racine, laissent 90 m entre leurs musoirs. Celui du sud, de 626 m de longueur s'avance aux fonds de — 5 m ; l'autre, de 433 m, s'arrête aux fonds de — 2^m,50.

L'avant-port, mesurant 12^{hect.},5 contient quatre bouées.

Les 200 premiers mètres de môle sud sont formés par une estacade sous laquelle est l'entrée d'une chambre d'épanouissement de 4 hect. pour les lames. L'autre môle est plein ; mais entre sa racine et le musoir nord de l'écluse existe un brise-lames de 300 m de largeur.

Au-dessus de ce brise-lame est établi un appontement métallique sur piles en maçonnerie, servant aux opérations dans l'avant-port des navires en escale. Devant cet appontement, une souille de 110 × 15 m, creusée à — 7 m permet aux navires pétroliers de séjourner à flot.

Dans l'avant-port, 530 m de quais sont accostables. Les môles présentent chacun une cale de déchargement (fig. 15).

Les navires peuvent pénétrer et s'échouer dans la chambre d'épanouissement.

Écluse. — Large de 22 m, de 167^m,50 de longueur utile, elle est munie d'une paire de portes de flot et de deux de portes d'ébbe. La profondeur sur les buses est celle de l'avant-port. La manœuvre des portes se fait à la main et la durée d'un sassement est de 30 minutes.

Bassin à flot. — Le périmètre est de 1 800 m, avec longueur utilisable comme quais de 1 600 m.

Formes de radoub :

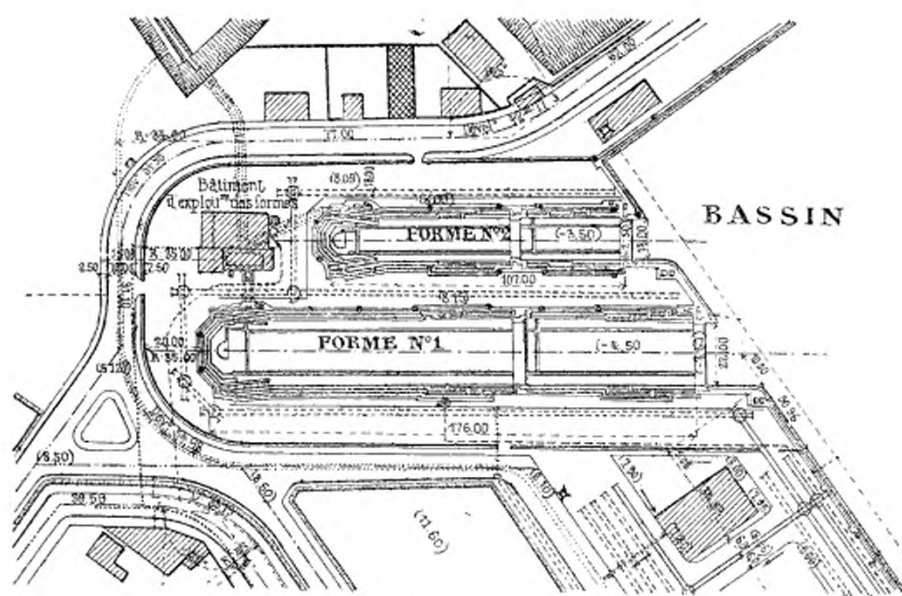
	N° 1	N° 2
Longueur	180 m	111 m
Largeur d'entrée	22 m	14 m
Cote du seuil et des tins	3,50	2,50

Chacune peut être divisée en deux sas.

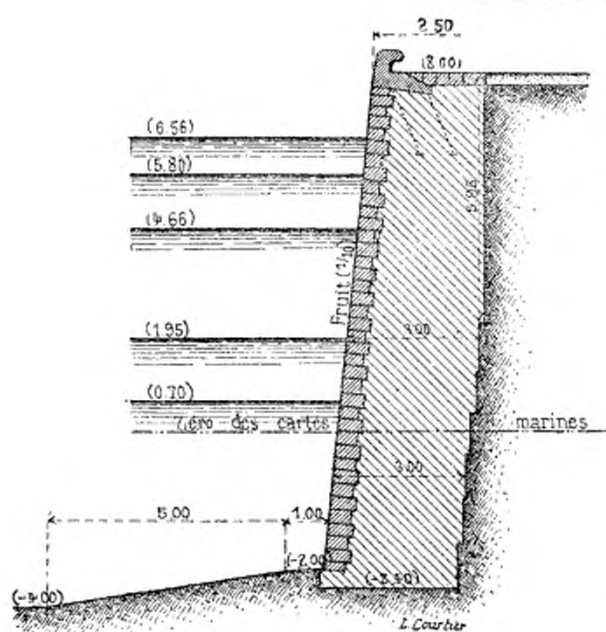
Les épuisements se font par des pompes centrifuges à axe vertical, logées dans un puisard et à commande directe par un moteur horizontal placé sur le sol. L'épuisement de la forme 1 se fait en cinq heures.

Outillage. — Six hangars couvrant 7 350 m². Une grue fixe de 10 t. à bras et dix grues mobiles de 1 500 kg.

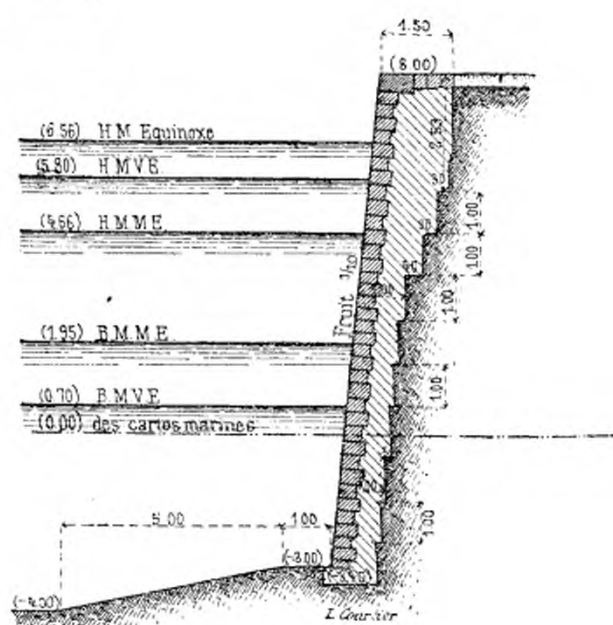
Dix kilomètres et demi de voies ferrées sur les quais, plus celle des grues.



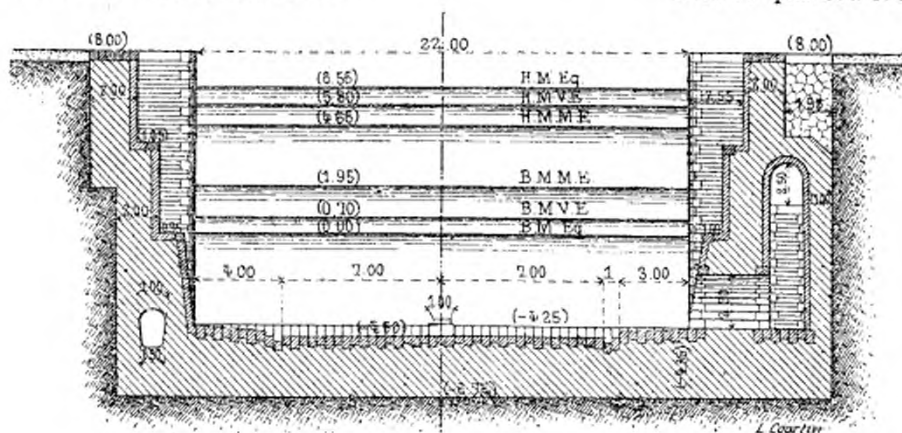
Plan des formes de radoub.



Profil dans l'axe du contrefort.



Murs de quai Sud et Nord.



Coupe transversale de la forme de radoub n° 1.

Fig. 15. — La Pallice.

Un entrepôt réel des douanes à trois étages, dont la surface couverte est de 768 m².

Marseille. — En 1898 le mouvement du port de Marseille a été de 16781 navires (entrées et sorties réunies) jaugeant douze millions de tonnes.

La manutention des marchandises a porté sur 6273 000 tonnes. Elle s'opère sur 12220 m de quais, l'excédent des 17000 m réellement existants n'étant pas directement utilisable. C'est donc un rendement moyen annuel de 460 t par mètre courant.

Le rendement est d'ailleurs plus élevé sur certains quais ; il est de 700 t aux bassins d'Arenc et du Lazaret, concédés à la Compagnie des Docks et Entrepôts, de 900 t et plus au quai de rive du bassin de la Joliette.

Des navires sont obligés d'attendre plusieurs jours une place à quai ; les surfaces d'eau sont également insuffisantes, vu le nombre des navires en réparation ou désarmés.

Pour remédier à ces inconvénients, un nouveau bassin, dit de la Pinède, a été commencé en mai 1897. Il est construit à la suite du bassin National et la digue sera prolongée sur 530 m pour créer un nouvel avant-port nord.

Bassin de la Pinède. — Il a la forme d'un rectangle de 600 × 500 m communiquant avec le bassin National et avec l'avant-port par des passes de 100 m, pratiquées dans l'ancienne traverse de la Pinède et la nouvelle, dite de la Madrague.

La longueur a été limitée à 600 m, parce que celle de 925 m donnée au bassin National était trop considérable et permettait au mistral de soulever des vagues très gênantes.

Le quai de rive a été établi à 15 m plus en mer que celui du bassin National, afin d'éviter des frais de dérochement.

La passe d'entrée est à 100 m de la digue générale, contre laquelle peuvent en conséquence stationner des navires sans gêner l'entrée des bâtiments ; une seconde file même pourra mouiller contre ceux amarrés à la digue.

Deux traverses de 100 m de largeur et dont les longueurs sont respectivement 250 et 130 m serviront à augmenter le développement des quais accostables. La traverse de la Madrague aura 110 m de largeur vers la terre et 80 vers le large. Entre elle et la traverse de 130 m sera aménagé un petit port de pétrole.

Au large du môle de 130 m il reste un bassin de 370 m, où peuvent se faire les évolutions des navires.

La traverse de 250 m est assez en retrait de la passe de la Pinède pour ne pas gêner le passage des bâtiments. Cette traverse sera aménagée, dans sa largeur de 100 m, de la façon suivante :

Une voie charretière centrale de 7 m, puis successivement et de chaque côté :

Deux voies ferrées occupant une zone de 8 ^m ,50	17 m
Une zone de 30 m occupée par un hangar ou un lieu de dépôt	60 »
Un quai de 8 m avec voie ferrée et voie des grues	16 »
	<hr/> 100 m

Sur les traverses terminales (la Pinède et la Madrague), la zone de dépôt sera plus considérable.

Sur le quai de rive, la largeur du quai sera de 70 m ; en dehors une largeur de 45 m sera affectée à des voies de remisage, à des entrepôts et à un tramway.

Les fondations des murs de quai, établies à 9 m, permettront l'approfondissement du bassin à 8^m,50. Le développement des quais sera de 2780 m, tous utilisables.

Enfin le prolongement du quai de rive du nouveau bassin et un môle coudé, de 346 m de longueur, enraciné au cap Janet, délimiteront un bassin de remisage pour les navires en démolition et le matériel flottant. La passe d'accès sera de 100 m.

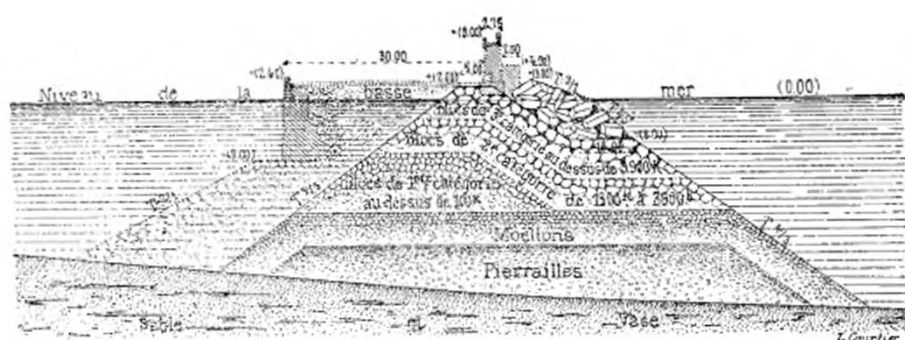
La dépense prévue est de 20 millions, sans l'outillage.

Exécution. — La digue générale est continuée par des fonds de 25 à 33 m, suivant un profil analogue à celui antérieurement appliqué (fig. 16).

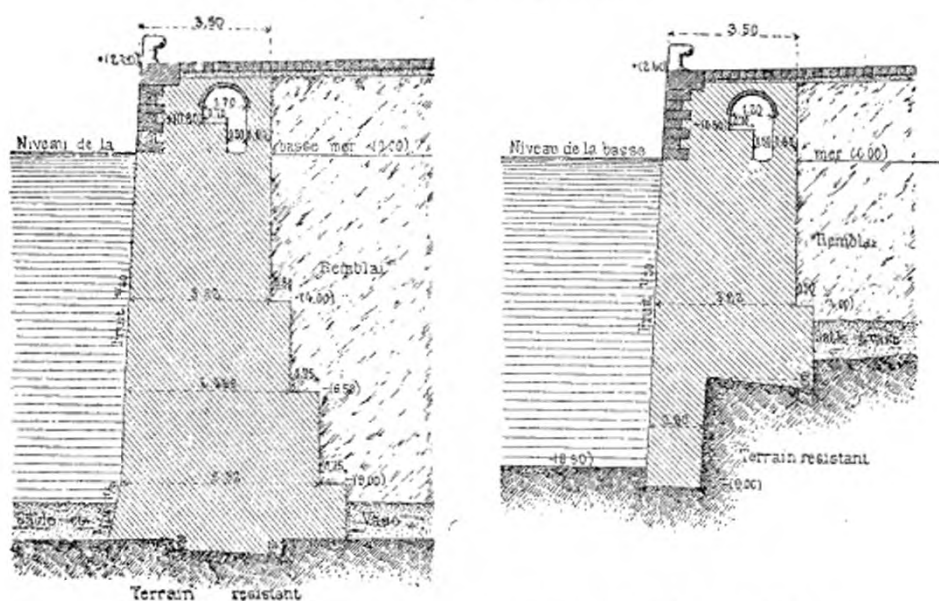
Quant aux murs de quai, ils sont établis sur le terrain résistant tant que celui-ci est rencontré au-dessus de la cote — 12 m.

Autrement, on drague jusqu'à cette cote et l'on construit sur un substratum en enrochements. Les figures indiquent les divers profils usités suivant les cas.

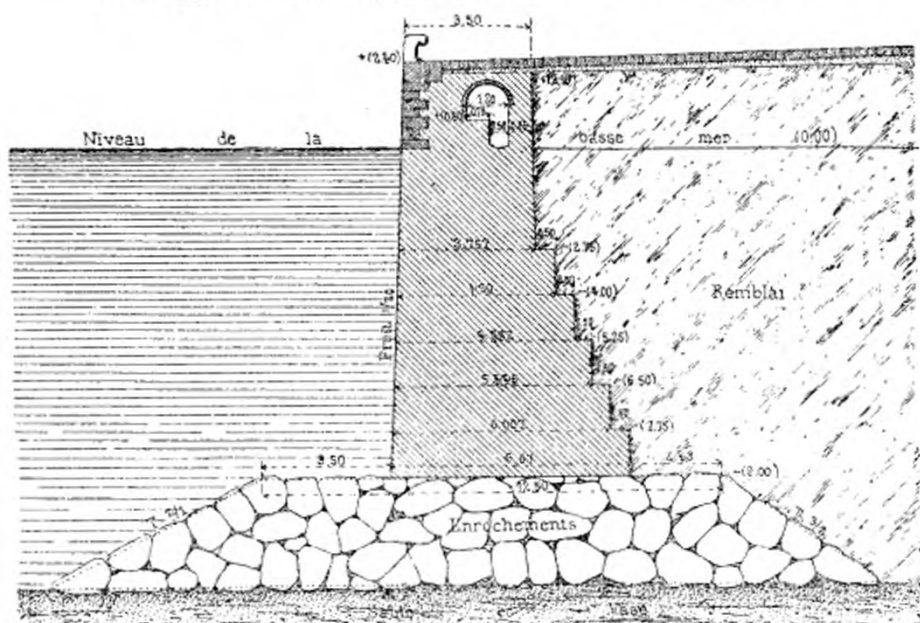
Les murs sont construits en maçonnerie ordinaire. Jusqu'à la cote — 1^m,50 on travaille à l'air comprimé dans cinq caissons mobiles ; au-dessus et jusqu'à la cote + 0^m,50, dans une caisse métallique formant batardeau et qu'on épuise. Au-dessus de la basse-mer un parement en moellons smillés est terminé par un couronnement en pierres de taille.



Profil de la digue extérieure.



Profils types des murs de quai pour profondeurs inférieures à 12 m.



Profils types des murs de quai pour profondeurs supérieures à 12 m.

Fig. 16. — Marseille, Bassin de la Pinède.

Les caissons varient de $20^m,20 \times 6^m,67$ à $18 \times 5^m,40$ m, avec chambre de travail de 2 m de hauteur, surmontée d'une caisse à lest de maçonnerie et de lest. Une cheminée centrale sert au personnel, deux aux matériaux.

Les caissons sont suspendus entre deux chalands qui servent à les déplacer. Avec un premier, on construit à la suite l'un de l'autre des massifs de $1^m,20$ de hauteur, formant la base du mur et espacés d'un mètre. Avec le second caisson, on construit des blocs semblables aux premiers et qui leur sont superposés. Ce second caisson est posé à cheval sur deux blocs consécutifs, le milieu sur la rainure. Un sca-phandrier ferme les extrémités de celle-ci par des murettes et on la remplit de béton coulé.

Quatre des caissons servent à cette construction. Quant au cinquième, il est mobile par lui-même. Il mesure 18×9 m et sa hauteur est partagée en deux parties : chambre de travail, 2 m, et chambre d'équilibre, $2^m,50$. Le lest en gueuses est réparti entre les deux chambres et disposé dans les contrefiches de celle de travail ; il est en maçonnerie dans l'autre, qui peut encore recevoir à volonté de l'air comprimé ou de l'eau.

Aux quatre angles du caisson et au-dessus de la chambre d'équilibre s'élèvent des puits régulateurs, cheminées de 3 m débouchant dans l'atmosphère, reliées à leur partie inférieure à une cheminée centrale, de moindre diamètre. Celle-ci peut à volonté être remplie d'eau ou d'air, lesquels par les tubes inférieurs se répartissent à volonté dans les quatre puits latéraux ou dans quelques-uns seulement, par l'intermédiaire de robinets.

L'introduction d'eau dans les puits permet d'immerger le caisson et *vice versa*. Le caisson est disposé pour travailler à diverses profondeurs, mais on l'emploie surtout pour les assises inférieures.

Suivant la distance du caisson au rivage, les matériaux sont approchés par une passerelle ou par un chaland.

Quand le terrain résistant se rencontre à une profondeur moindre de $8^m,50$ on ne descend le mur jusqu'à — 9 m que sur une portion de son épaisseur (fig. 16). Dans le caisson posé sur le terrain, qui est imperméable, on creuse une fouille de la largeur voulue et l'on y exécute la maçonnerie, qui reprend toute son épaisseur au-dessus du sol.

Le caisson batardeau qui sert à l'exécution des maçonneries de la cote — $1^m,50$ à + $0^m,50$ est une caisse en tôle de $17 \times 4^m,20 \times 2^m,90$ pesant 25 t, à parois renforcées par des armatures portant à leur partie

inférieure des consoles. D'autre part, tout le long de l'arête inférieure des parois et du côté intérieur, est rivée une tôle de 0^m,25 de largeur, qui s'écarte obliquement des parois avec lesquelles elle forme un coin.

Ce batardeau coiffe exactement le bloc de la dernière assise, qui mesure 16^m,50 \times 3^m,70. Des pièces de bois circulaires, entourées d'une garniture en corde tressée et recouvertes d'une forte toile, sont coincées entre la maçonnerie et la tôle oblique. L'eau étant épuisée à l'intérieur de la caisse au moyen d'une pompe centrifuge mue par un moteur électrique, la sous-pression serre les pièces et l'étanchéité est suffisante ; la maçonnerie est alors exécutée.

La caisse est enlevée, à la fin du travail, par une grue flottante.

Les intervalles sont remplis à l'air libre par le procédé indiqué ; mais, à cause de la hauteur des joints et des vagues, les extrémités sont closes par des panneaux en bois reliés par des tirants en fer, avant la construction des murettes.

L'usine installée à terre pour la production de l'air comprimé et de l'électricité comprend :

Trois machines à vapeur : une fixe et deux demi-fixes, avec des puissances de 80, de 50 et de 25 chevaux.

Quatre compresseurs d'air, d'un débit de 3 m³ chacun par minute.

Un compresseur de 21 m³.

Deux dynamos ; débit : 175 ampères à 115 volts.

Une dynamo ; débit : 80 ampères à 115 volts.

Une des machines demi-fixes sert à l'éclairage ; l'autre n'est qu'une machine de secours.

Les équipes sont de huit heures ; le travail s'exécute de jour et de nuit.

BATEAU-PORTE.

Calais (1889-1891).— Le bateau-porte de la forme de radoub est une caisse rectangulaire de 4^m,20 de largeur sur 3^m,14 de hauteur, dont la paroi supérieure est située à 0^m,20 au-dessous du plan normal de flottaison. Trois grandes poutres horizontales, dont deux constituent le fond et le ciel de la caisse, résistent à la pression de l'eau.

Au-dessous de la caisse un diaphragme porte la quille du bateau, sur lequel est placé le lest fixe.

Le volume de la caisse est juste suffisant pour assurer la flottaison et la stabilité. L'immersion est produite par l'ouverture des bondes de

fond ; les mouvements de l'eau sont réglés par une cloison centrale.

A la partie supérieure et sur 13^m,75 de longueur existe au milieu du bateau une caisse à eau de 2 m de largeur, remplie à volonté d'eau des conduites de la ville, qui sert à régler le relevage.

L'immersion est produite par l'introduction de 23 m³ d'eau dans la caisse à air. L'eau est ensuite rejetée dans la forme mise à sec.

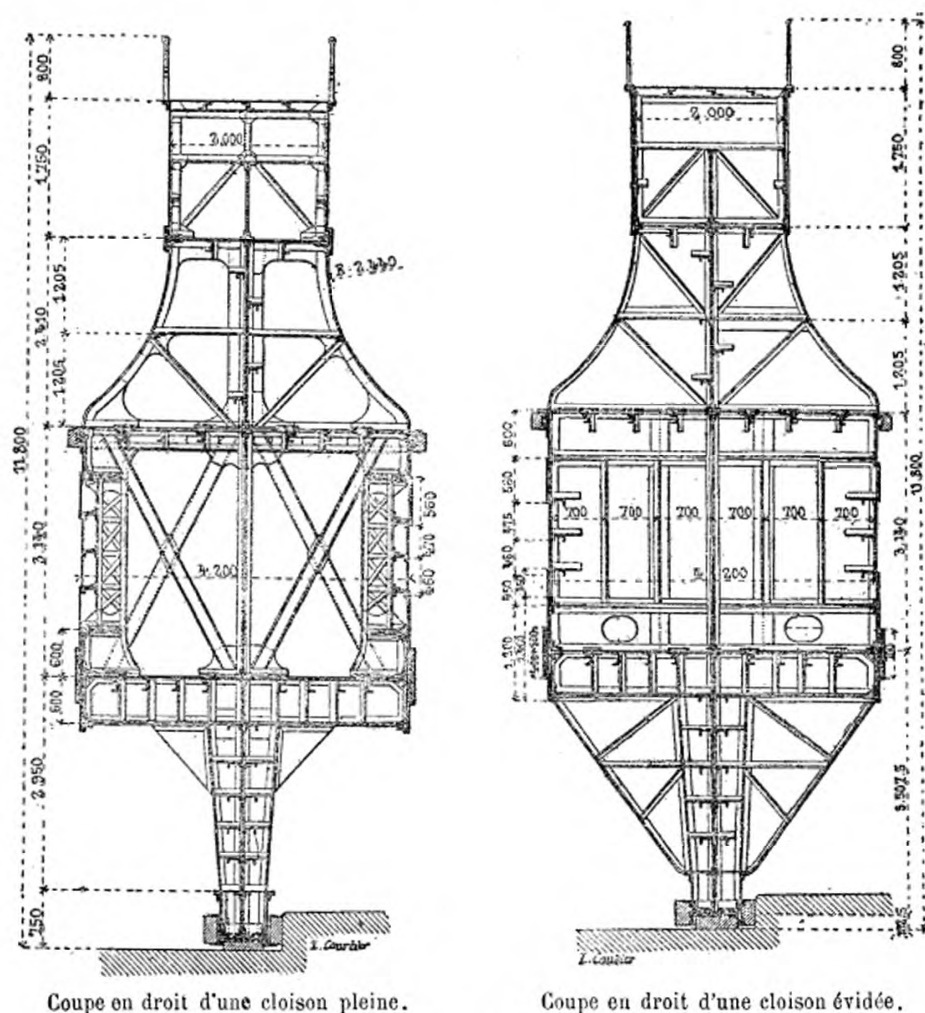


Fig. 17. — Bateau-porte de Calais.

Le relevage du bateau s'opère en introduisant dans la caisse supérieure 23 m³ d'eau, puis laissant entrer l'eau dans la forme ; le bateau ainsi lesté se décolle doucement.

La caisse supérieure peut être utilisée pour l'échouage du bateau. Le relevage immédiat peut même être obtenu quand on s'est servi de la caisse à air pour provoquer l'échouage. Dans ce cas on fait écouler

l'eau de lestage dans deux compartiments latéraux, d'où elle est retirée par deux petites pompes rotatives à bras.

Des tubes étanches traversent verticalement la caisse à air et ont pour but de laisser échapper l'air qui serait emprisonné au-dessous d'elle, du côté de la forme, tandis que celle-ci est remplie.

Coût : 177 240 francs.

PORTES D'ÉCLUSE.

Boulogne (1895-1896). — Elles sont destinées à fermer l'écluse du bassin à flot, dont la largeur est de 21 m et la saillie du busc de 1/5.

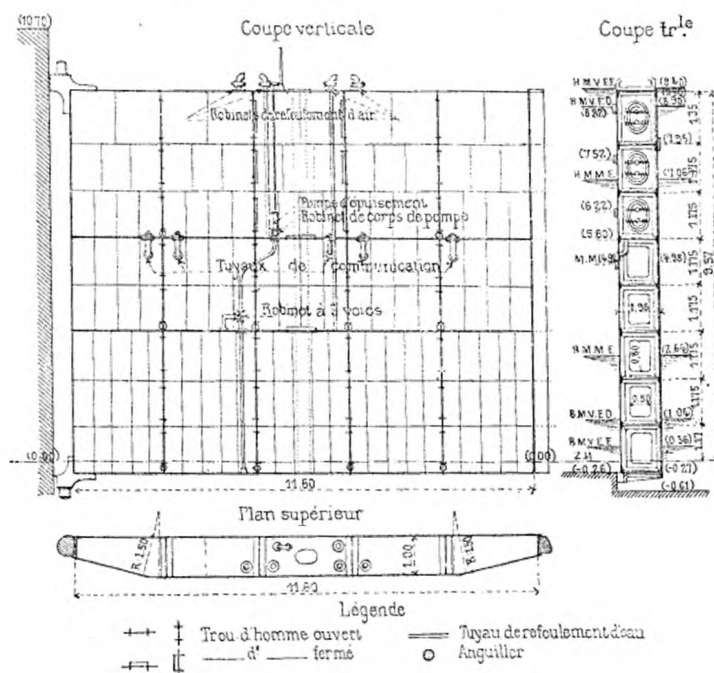


Fig. 18. — Porte d'écluse de l'écluse à sas.

Chaque vantail a 12^m,28 de largeur sur 9^m,57 de hauteur et 1 m d'épaisseur ; son poids est de 80 t et son déplacement de 100 t (fig. 18).

Il comprend :

Un cadre formé des traverses supérieure et inférieure et des poteaux tourillon et busqué ;

Sept entretoises pleines, distantes de 1^m,173 d'axe en axe ;

Quatre montants verticaux à âmes évidées, distants de 2^m,32.

Un double bordé continu de 10 à 12 mm d'épaisseur.

Une série de membrures verticales variables, sur lesquelles est fixé le bordé.

Les âmes du cadre ont 15 mm d'épaisseur ; celles des autres pièces 10 mm. Les poteaux tourillon et busqué et les taquets de butée des volets sont en greenheart.

Toute la partie inférieure du vantail, jusqu'à la cinquième entretoise intermédiaire, constitue une caisse à air divisée en deux parties par la troisième entretoise formant cloison étanche. Au-dessus de cette caisse à air, la mer pénètre librement à l'intérieur de la porte au moyen de cinq tuyaux de communication de 0^m,10 de diamètre placés à l'aval ; mais le compartiment compris entre les deux montants verticaux les plus voisins de l'axe est disposé de manière à pouvoir former au besoin cheminée de descente ; une pompe de cale et une échelle qui se prolonge jusqu'à l'entretoise inférieure s'y trouvent installées.

Des trous d'homme permettent de circuler dans les compartiments.

Le pivot est en acier, la crapaudine en bronze. Le tourillon supérieur de 240 mm de diamètre s'engage dans un coussinet de bronze que porte le collier.

Mise en place. — Les pièces principales ont été construites à l'atelier, puis montées et assemblées sur un terrain incliné voisin de l'écluse. Après exécution de la face amont, le vantail a été retourné ; à cet effet, après l'avoir muni de deux tourillons placés en son milieu, on l'a soulevé par deux vérins hydrauliques de 50 t montés sur chevalets, puis élevé à 10 m de hauteur, retourné et ramené.

Les portes furent ensuite galvanisées et peintes, puis descendues de façon à flotter à marée montante et halées dans le sas. Elles furent redressées verticalement à l'aide de deux bigues installées sur le bajoyer, descendues ensuite jusqu'à emboîtement du tourillon dans la crapaudine ; le clavetage du collier achève la mise en place.

Ces opérations ont été faites après la fermeture des portes d'aval, et abaissement du niveau de l'eau à la cote + 7 m.

L'immersion du vantail après redressement a nécessité l'introduction dans la chambre à air inférieure d'un lest d'eau de 15 t.

La dépense a été de 140 000 francs.

CAISSON POUR RÉPARATIONS.

Calais (1894-1896). — Ce caisson, employé pour la réparation des murs de quais, est entièrement métallique ; il est formé de trois parois verticales et d'une horizontale, en tôle d'acier, reliées solidement entre elles. La paroi verticale qui réunit les latérales est brisée, de façon à diminuer son volume en facilitant son adhérence contre les murs (fig. 19).

Le caisson est muni latéralement de deux flotteurs, dont la partie inférieure comporte un compartiment isolé qui constitue la caisse de coulage ; il communique avec l'atmosphère par un tuyau d'échappement d'air.

Les poutres d'appui sont garnies de pièces en bois munies de paillets en tresses, qui assurent l'étanchéité.

La chambre de travail a 4^m,50 × 2 m.

Manœuvre. — Le caisson, mis à l'eau par une grue, flotte et est halé devant le quai, où il est maintenu par des amarres. L'immersion est produite par l'ouverture de bondes. On accoste le caisson contre le mur par des palans, et l'intérieur est épuisé par une pompe centrifuge que conduit une locomobile de 13 chevaux. Le caisson s'applique contre le quai et l'assèchement complet s'obtient au moyen d'un pulsomètre dont la vapeur est fournie par la locomobile.

Le déplacement s'opère en réintroduisant l'eau.

La dépense du caisson a été de 21 000 francs.

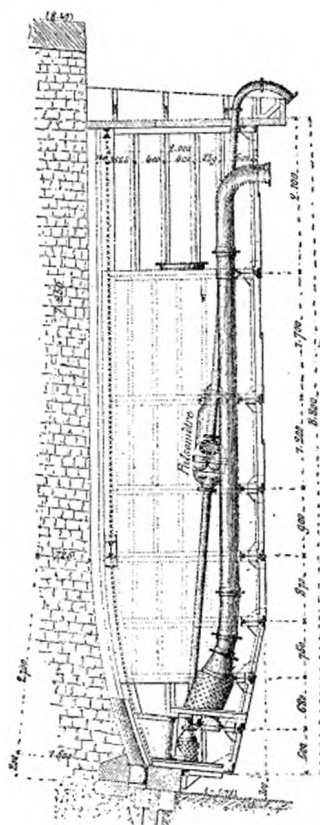


Fig. 19.
Caisson pour réparations.

PONT.

Pont tournant du Pollet, Dieppe. — Ce pont franchit le chenal de 40 m de largeur qui conduit de l'avant-port au nouveau

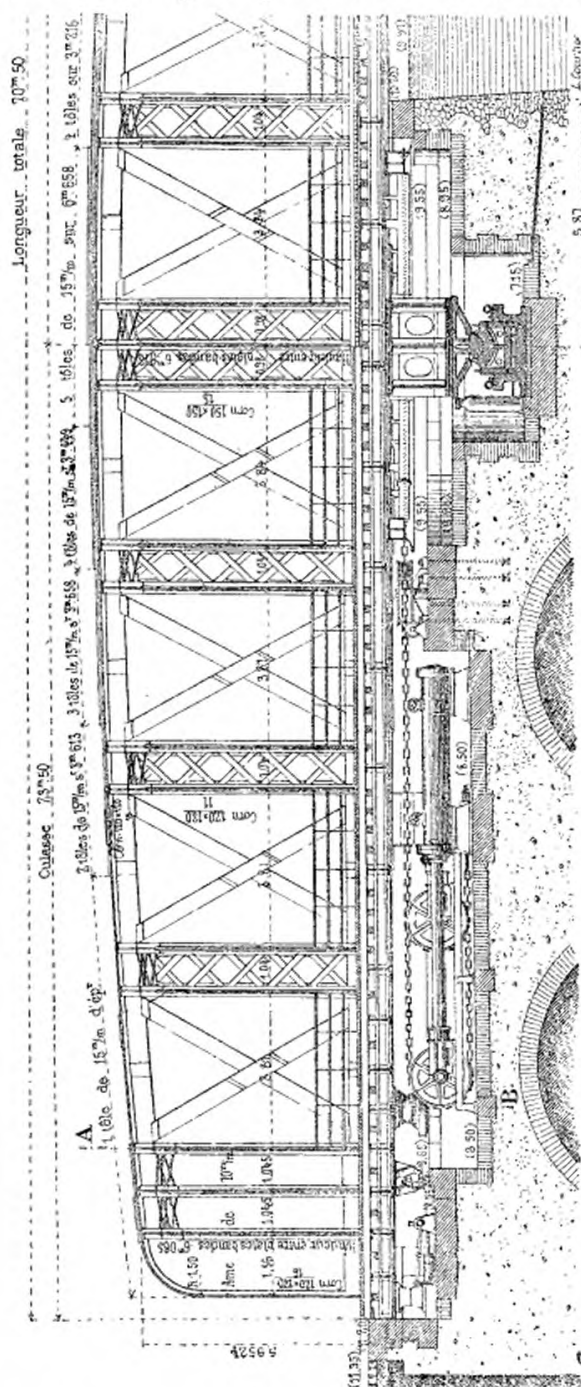
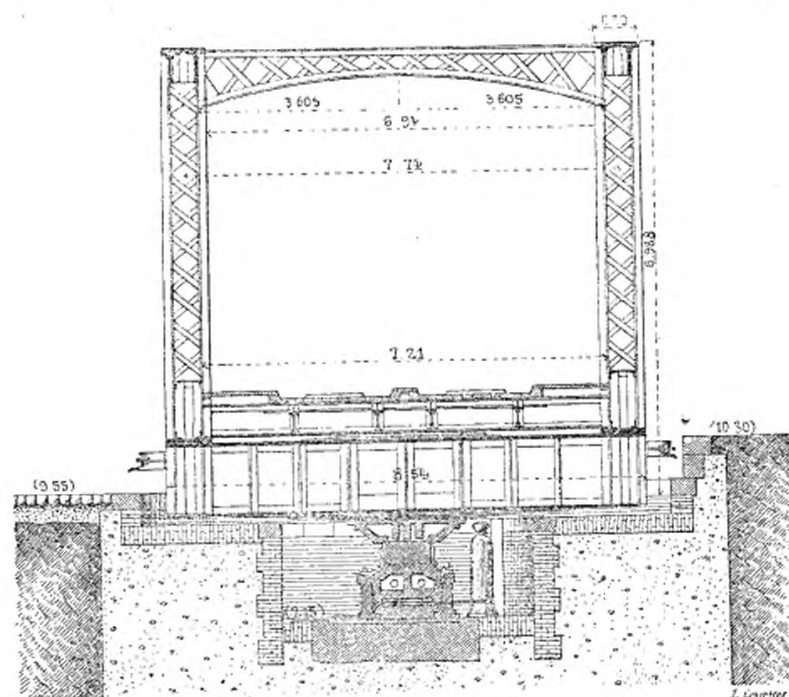


Fig. 20. — Pont tournant du Pollet. Élévation partielle.

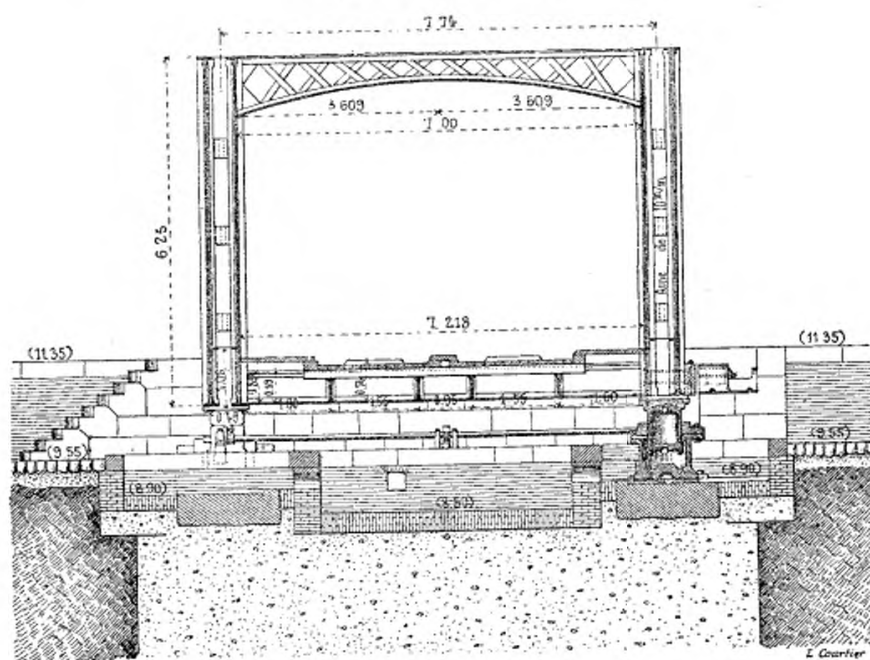
bassin à flot. Il est tournant, à deux voies charretières (fig. 20).

Tablier métallique. — La volée, de 47 m, s'appuie d'un mètre sur

la rive opposée. Ouverte, elle laisse entre elle et le bord du quai une



Coupe au droit du pivot.



Coupe transversale du tablier.

Fig. 20. — Pont tournant du Pollet.

largeur de 1^m,60 pour le service de la navigation. La longueur de la cu-

lasse est de $23^m,50$, moitié de celle de la volée. La longueur totale est donc de $70^m,50$; la largeur de 7 m, dont $4^m,50$ pour la chaussée et $2^m,50$ pour les trottoirs.

Pour être à l'abri de la mer, le tablier est placé à $0^m,50$ au-dessus des plus hautes eaux; bien que ce soit là un maximum, il a fallu réduire l'épaisseur du tablier à $0^m,70$ afin de ne pas enterrer le seuil des maisons voisines. Il est constitué par des entretoises de $0^m,60$ de hauteur, espacées de $2^m,425$, reliées par quatre cours de longerons placés de façon que les pièces de pont de $0^m,15 \times 0^m,15$ en sapin qu'elles supportent affleurent la face supérieure des entretoises. Ces pièces, espacées de 455 mm, sont recouvertes d'un plancher en madriers de sapin jointifs.

La chaussée est divisée en deux zones par un heurtoir de $0^m,50 \times 0^m,12$; le plancher, dans l'espace où roulent les roues, est recouvert de bandes d'acier de 450×14 mm. Entre elles, sous les pieds des chevaux, sur $1^m,10$ de longueur, sont des lames d'ormes de 60 mm de saillie.

Les trottoirs, en saillie de $0^m,15$, sont formés de madriers de chêne de $0^m,06$ reposant d'un côté sur une longrine fixée aux pièces de pont et de l'autre côté sur une corniche attachée aux poutres maitresses.

Les poutres maitresses sont en caissons; leur table inférieure est horizontale, la supérieure est en arc de cercle de 65 m de rayon. La hauteur des poutres, de $7^m,113$ au droit du pivot, n'est que de $5^m,973$ à l'extrémité de la culasse et $2^m,753$ à celle de la volée. Les tables ont une largeur de $0^m,80$, une épaisseur qui va de 70 à 15 mm du pivot aux extrémités du tablier; elles sont réunies par des montants espacés de $4^m,85$ et par des croix de Saint-André.

Les montants sont formés par quatre cours de doubles cornières de $\frac{120 \times 120}{11}$ mm verticales, réunies deux à deux par des lames de treillis de 150×10 mm. Ils sont ainsi assez résistants sans être trop grêles.

Les croix de Saint-André sont constituées par des âmes de $0^m,50$ de hauteur, des tables de $0^m,40$, réunies par des cornières de $\frac{100 \times 100}{10}$ mm disposées dans un même plan; l'assemblage se fait en interrompant chacune des pièces sur la moitié de sa largeur au point de croisement. Les sections y sont rétablies par la réunion des extrémités des tables coupées au moyen de couvre-joints et du renforcement des âmes par des cornières.

Les croix de Saint-André sont fixées par leurs extrémités à des tôles

formant âmes pleines des poutres maitresses sur 60 cm de hauteur et 1^m,03 en haut et en bas ; ces âmes doubles ont 10 mm d'épaisseur et sont distantes de 50 cm, distance correspondante à l'écartement des cornières formant l'ossature des montants verticaux.

Le contreventement supérieur est formé de poutres à treillis en forme de caisson, rappelant les montants verticaux au droit desquels on devait les placer, terminées horizontalement à leur partie supérieure et cintrées inférieurement suivant un arc de cercle de 524 mm de flèche.

Ces poutrelles sont semblables (celle du pivot est double) ; placées au niveau des tables supérieures des poutres maitresses, leur hauteur au-dessus du tablier diminue en s'éloignant du pivot.

Elles relient les poutres maitresses perpendiculairement à l'axe ; la liaison est renforcée par des fers en U de $\frac{220 \times 100}{7}$ mm qui se croisent sur les poutrelles où les fixent de larges goussets.

Inférieurement, les poutres maitresses sont contreventées par des croix de Saint-André en fers plats de 200×10 mm, croisés sur les entretoises du tablier.

Le lest de 234^t,5 dépasse de 20 t celui qui correspond à l'équilibre du pivot, excédent nécessaire à la stabilité pendant la rotation.

Il est disposé sous le plancher entre les entretoises qui, sur une longueur de 8^m,46 à partir de l'extrémité de la culasse, ont été renforcées et placées à des distances variant de 930 mm à 1^m,215. De même les extrémités des montants des poutres maitresses, dans l'intervalle de 50 cm laissé entre les âmes pleines verticales, est rempli de fonte. L'espace occupé mesure $3,65 \times 2,45$ m ; cette hauteur étant comptée au-dessus des semelles inférieures.

Le chevêtre est en double caisson de 8^m,54 \times 2^m,30.

L'épaisseur des tables horizontales varie de 84 à 24 mm, du centre aux extrémités. Les trois âmes pleines verticales qui les réunissent sont formées de tôles doubles, épaisses de 13 mm, fixées aux tables par de doubles cours de cornières de $\frac{140 \times 140}{15}$ mm. Elles sont consolidées par des cloisons transversales espacées de 875 mm, en tôle de 8 mm encadrée de cornières simples de $\frac{130 \times 90}{15}$ mm. L'écartement des cloisons est de 50 cm aux extrémités du chevêtre, au droit des poutres maitresses, et d'un mètre au centre au droit du pivot ; en ces points les cornières formant encadrement des cloisons transversales sont doubles.

Le tablier pèse 499^t,3 dont 443,9 de métal et 53,6 de charpente, soit 7 086 kg. par mètre courant.

Il faut y ajouter le lest : 234^t,3, le chevêtre : 40^t,3 et le poids du mécanisme 36 t, en tout 810 t.

Le mécanisme comprend : la couronne en fonte portant la chaîne de rotation (14^t,2), une portion de cette chaîne (4^t,6), la rotule et son bâti (11^t,6), les roulettes, les blocs d'appui supérieurs de culasse (3^t,6).

Le travail des fers, correspondant au passage sur chaque voie de voitures à un essieu chargé de 8 t, est de 5^k,68 pour les longerons du plancher et 5^k,48 pour les entretoises.

Mécanisme. — La manœuvre s'opère par l'eau sous pression. Le piston plongeur du corps de presse, formant pivot, porte un demi-cylindre horizontal concave, dans lequel tourne une rotule en demi-cylindre convexe fixée sous le chevêtre.

En service, le tablier ne repose pas sur le pivot ; il reste un jeu entre les deux demi-cylindres. Chaque poutre maîtresse porte : à l'extrémité de la volée sur une plaque de fonte fixée au bord du bajoyer de la rive opposée ; à 5^m,34 du pivot sur une autre plaque de fonte fixée au bord du bajoyer près du pivot ; enfin à l'extrémité de la culasse sur un coin mobile qui glisse entre deux plaques de fonte, l'une boulonnée au-dessous du tablier, l'autre scellée dans la maçonnerie de l'encuvement.

La culasse porte, à 20^m,50 du pivot, sur deux roulettes qui normalement sont à 16 cm au-dessus de leur chemin de roulement, un rail circulaire fixé dans l'encuvement.

A 18^m,62 du pivot, au droit des poutres maîtresses, sont également placés dans l'encuvement deux vérins hydrauliques, dits presses de basculement.

Le diamètre du pivot est tel que, pour soulever le tablier, l'eau sous pression doit agir en même temps dans la presse du pivot et dans celles de basculement.

La rotation s'opère par deux appareils funiculaires ; la chaîne de rotation va de l'un à l'autre en s'enroulant sur la couronne en fonte.

Pour ouvrir le pont, il faut :

1° Donner la pression dans la presse du pivot, par un robinet. L'eau soulève le pivot de façon à faire disparaître le jeu entre la rotule et la crapaudine, mais est insuffisante à lever le tablier.

2° On donne alors la pression aux presses de basculement, également

par le robinet *ad hoc*. Le tablier se soulève de quelques millimètres et les appuis de culasse sont dégagés;

3° L'eau est alors envoyée à l'appareil qui retire les coins ; l'extrémité de la culasse devient libre ;

4° On évacue l'eau des presses de basculement ; la culasse, vu son excédent de poids, s'abaisse et les galets reposent sur la voie de roulement. Le pivot surmonte l'effort de la presse centrale et repose au fond de la crapaudine ; mais il ne fait que le toucher, car l'excédent du poids est porté par les galets ;

5° Dès lors la rotation est aisée ; elle s'exécute par l'appareil funiculaire d'ouverture.

Les manœuvres inverses amènent la fermeture.

Dépense : Maçonneries	89 900
Tablier métallique.	224 145
Mécanisme.	191 120
Surveillance	24 835
	<hr/> 530 000

PONT TOURNANT ET BASCULANT DE MISSIESSY.

La passe d'entrée du bassin de Missiessy, à Toulon, est large de 30^m,50. Elle est franchie au moyen d'un pont tournant et basculant, construit par MM. Daydé et Pillé. Il ne fait que se soulever au passage des petits bâtiments tels que les torpilleurs et ne s'ouvre que pour les grands navires.

Ses caractéristiques sont les suivantes :

Longueur totale	89 ^m , 95
» de la volée	56 ^m , 90
» de la culasse	33 ^m , 05
Largeur d'axe en axe des poutres	5 ^m , 20
» libre	4 ^m , 50
Hauteur des poutres au droit du pivot	7 ^m , 00
» » à l'extrémité de la volée	3 ^m , 08
» » » de la culasse	3 ^m , 16
Poids { du tablier. 255 } 450.	
{ du plancher et de la voie 70 }	
{ du lest de culasse 125 }	

Le poids est donc d'environ 9 t par mètre d'ouverture (fig. 21).

Rotation.—L'axe de rotation est placé à 3^m,50 du bord du quai — où il reste, quand la passe est ouverte, un espace de 2^m,70 pour les besoins de la navigation.

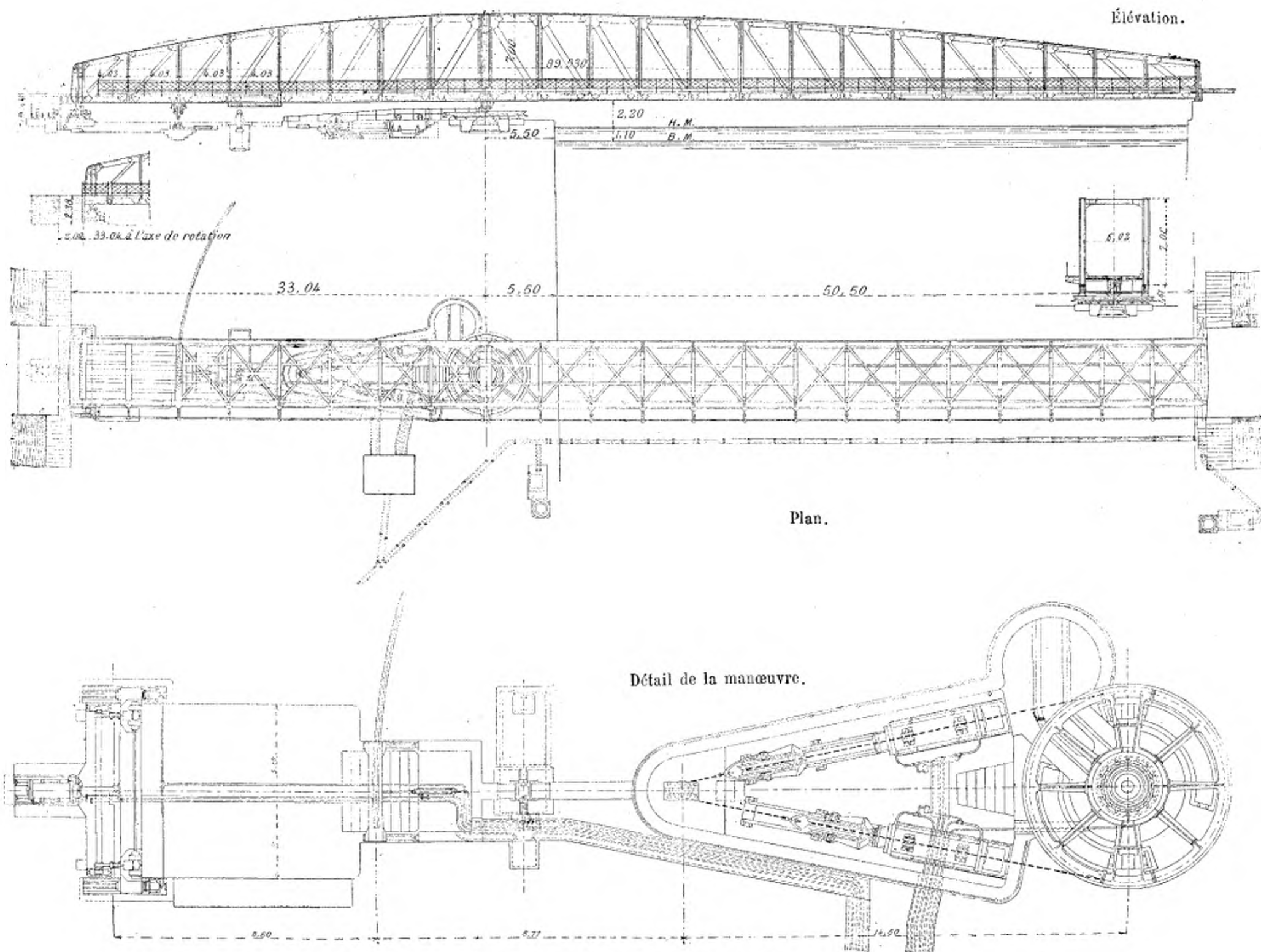


Fig. 21. — Pont tournant de Missiessy.

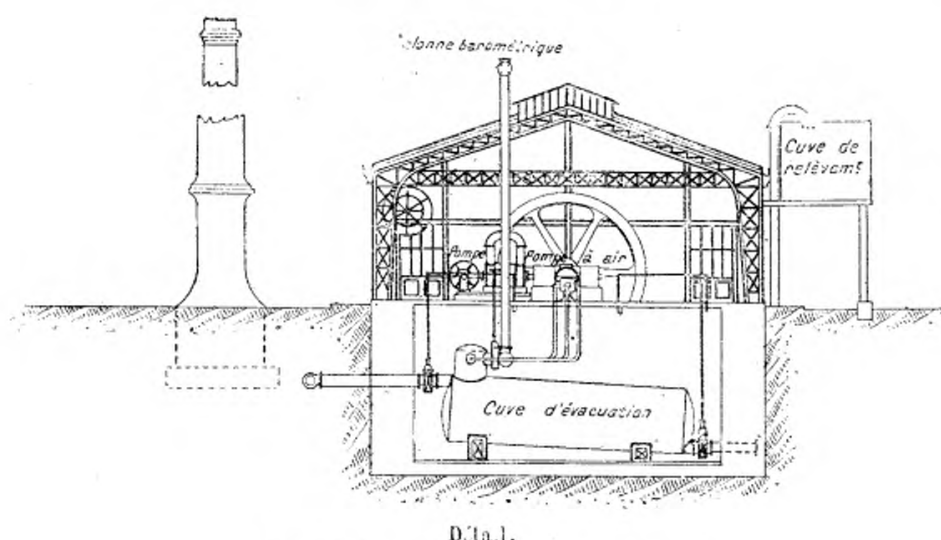


Fig. 21 bis. — Pont tournant de Missiessy.

Le pivot est constitué par le plongeur d'un corps de presse ; sa course, inférieure à un centimètre, est limitée par une embase ; un jeu de billes est interposé entre cette embase et son appui, pour permettre l'accès de l'eau.

Les appareils de calage se composent d'une poutre transversale portant la culasse et reposant sur des glissières de chaque côté de la fosse où l'arrière du pont descend pendant le basculement.

Cette poutre est actionnée par une presse hydraulique à double effet agissant horizontalement en son milieu : son mouvement est assuré par deux bielles, une à chaque bout, qui les réunissent à deux leviers calés sur un même arbre. La poutre entraîne avec elle les appuis, munis de galets, du pont ; ceux-ci pendant le mouvement de calage, s'engagent sous des talons inclinés fixés à l'arrière des poutres, de manière à faciliter l'entrée des pièces d'appui, à surface horizontale.

Le décalage est aidé par deux presses auxiliaires destinées à vaincre la résistance d'une contre-pente ménagée sous les talons inclinés de l'arrière des poutres et permettant aux pièces d'appui de s'engager à fond.

Les appuis latéraux sont constitués par des rotules à axe horizontal transversal, autour duquel oscille le pont. Ces rotules font corps avec des patins appuyés sur une couronne de glissement circulaire. L'appui du pont sur le plongeur central est une rotule placée sur le même axe que les précédentes. L'ensemble constitue donc un seul axe d'oscillation.

Le pont ne quitte jamais ses appuis fixes. La presse centrale le soulève juste pour supprimer le frottement ; la stabilité est donc très grande.

Les galets de roulement sont au nombre de deux, fixés sur un balancier destiné à répartir également la charge.

Basculement. — La culasse descend dans une fosse. La voie de roulement est portée, à l'aplomb des galets, sur un châssis rectangulaire, dit chariot de ripage, lequel se ripe dans l'axe du pont sur deux glissières qui l'appuient à ses extrémités ; le mouvement est donné par une petite presse à double effet.

La presse de basculement est établie verticalement dans l'axe du pont ; c'est sur la tête de son piston que repose le pont aussitôt qu'il est abandonné par les appareils de calage. C'est la presse aussi qui relève le pont ; le piston, au sommet de sa course, rencontre une butée qui met en action la presse de calage.

La pression de l'eau est de 53 kg par centimètre carré. Il est intéressant de noter les quantités d'eau nécessaires à la manœuvre. Le mécanisme de rotation est à double puissance, suivant la force du vent.

Basculement complet. . . .	41 lit.
Relèvement »	133 »
Ouverture, petite puissance. .	316 »
» grande »	350 à 650 »
Fermeture, petite »	355 »
» grande »	400 à 700 »

La durée d'une manœuvre est de 3 minutes.

AQUEDUC-SIPHON.

Le Havre. — Un aqueduc-siphon a été construit sous le canal de Tancarville, pour continuer un des égouts-collecteurs de la ville. Le canal a en ce point 100 m de largeur et 8^m,30 de hauteur ; le terrain est du sable vaseux, de mauvaise qualité (fig. 22).

La conduite est formée de deux tuyaux parallèles de 1^m,10 de diamètre en tôle d'acier de 12 mm ; ils sont entretoisés ensemble et noyés dans un massif de béton de 2^m,10 de hauteur et dont les bases inférieure et supérieure ont 5^m,20 et 2^m,80. Ces tuyaux sont rectilignes sur 102 m et se terminent par des raccords en tôle de 1^m,20 de diamètre, coudés à angle droit et débouchant verticalement dans des puisards établis dans les murs des quais.

Les puisards en maçonnerie furent fondés d'abord et construits sur

trois de leur faces jusqu'à un niveau supérieur au plan d'eau du canal. La face du côté du canal ne pouvait être montée qu'après la pose de la conduite en tôle ; il restait donc ouverte une coulisse dans laquelle descendaient les extrémités coudées des tuyaux pendant leur mise en place.

On établit d'abord une plateforme générale en béton à la cote — 3 m à l'abri d'un batardeau, au moyen d'un caisson mobile à air comprimé de 3^m,60 × 3 m, suspendu à un échafaudage fixe descendu à l'intérieur d'une enceinte de pieux jointifs ; celle-ci est prolongée sur toute

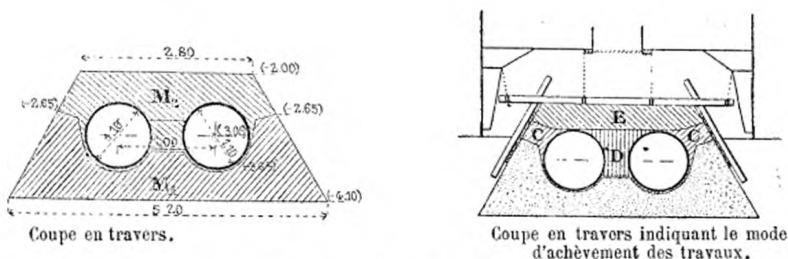


Fig. 22. — Aqueduc siphon du Havre.

la hauteur du puisard et reliée avec la plateforme en charpente sur laquelle sont établis les quais voisins ; le fond de l'enceinte avait été pilotée, après dragage.

Les raccordements des puisards avec les aqueducs de chaque côté furent exécutés à sec, après épuisements, avant la rupture des batardeaux, qui eut lieu ensuite pour la construction de la branche horizontale du siphon.

Après celle-ci la face incomplète des puisards s'exécuta aussi dans le caisson mobile à air.

Le siphon a été établi à 83 cm au-dessous du plafond du canal. Le massif de béton, commencé à la cote — 4^m,10 se construisit à l'air comprimé dans un caisson mobile de 9^m,83 × 3 m, suspendu par des vérins à un échafaudage porté sur chalands.

Ce massif est fondé en deux portions : on fit d'abord la partie inférieure, jusqu'à la hauteur du diamètre horizontal des tuyaux ; ceux-ci étaient alors posés et le massif était achevé.

Le fond du canal se trouvait à la cote + 1^m,13 ; une drague y creusa une rigole jusqu'à la cote — 4^m,10 ; mais celle-ci se combla par des dépôts vaseux qui gênèrent beaucoup. La maçonnerie s'exécuta dans le cais-

son par longueurs de 9^m,50. Le massif inférieur s'exécutait en deux fois : la première partie montait jusqu'à la hauteur de la base des tuyaux ; là, on relevait le caisson ; des gabarits maintenaient un encoffrement qui permettait de construire les murettes séparant et bordant les tuyaux.

Chaque portion du massif, longue de 9^m,50, se terminait du côté de l'avancement en un talus interrompu par une risberme destinée à servir d'appui au caisson dans sa position suivante et à faciliter les raccords. Ceux-ci s'effectuaient par des murettes latérales, en glissant des planches sous le couteau jusqu'à la rencontre des parements des murettes de la reprise précédente.

Après l'exécution complète du massif inférieur et visite des points défectueux, au moyen du caisson, les tuyaux amenés flottants furent suspendus à douze vérins, dont quatre aux extrémités sur échafaudage fixe et les huit autres sur chalands. Remplis d'eau ils descendirent à leur place ; on leur avait disposé des ceintures de cordes qui, ménageant un vide autour d'eux, facilitaient le bourrage du mortier et du béton tout autour.

Ce bourrage s'exécutait dans le caisson, à l'intérieur d'un encoffrement suspendu au plafond de la chambre de travail ; un batardeau en sacs de béton, établi à l'extrémité du caisson, permettait l'épuisement et le bourrage à sec autour des tuyaux.

Dépenses, sans les raccordements, 300 000 francs.

AMÉLIORATION DE FLEUVES.

La Seine.

Il est inutile de refaire l'histoire des premiers travaux entrepris sur la Seine et dont le succès a été si complet, ni de ceux d'entretien qui se sont exécutés de 1866 à 1888. Une commission technique a, en 1885, adopté le programme suivant pour la continuation des travaux.

Tracer les rives autant que possible suivant les lois qui conviennent aux cours d'eau à fond mobile et faire concorder pour le mieux les actions du flot et du jusant ;

Régler l'écartement dans la mesure nécessaire pour ne pas gêner la propagation du flot et augmenter autant que possible les volumes d'eau introduits par les marées.

Régler dans le même but les sections d'écoulement et les profils en recourant aux dragages ;

Etablir et limiter les tracés des levées dans leur partie aval, de ma-

nière qu'elles ne puissent avoir d'effet nuisible sur les entrées des ports du Havre et de Honfleur.

Pour assurer la libre propagation des marées, les anciennes levées entre Quillebeuf et la Risle ont été remaniées. Sur la rive gauche, entre Quillebeuf et l'Epi de la Roque, le long du Marais-Vernier, une nouvelle levée, en arrière de l'ancienne, portera la largeur à 730 m au sommet de la courbe de Radicatel.

Sur la rive droite, une levée haute a été construite en aval de Tancarville, qui donne au lit majeur une largeur de 1 200 m devant la Risle ; l'ancienne levée basse a néanmoins été maintenue jusqu'à l'Epi de la Roque pour limiter le lit mineur.

En aval de la Risle, le tracé de la levée nord décrit une courbe convexe de grand rayon et s'arrête au méridien de Saint-Sauveur ; sa longueur est de 6 500 m à partir de la Risle.

Au Sud, le tracé de la levée se détache de celle de la Risle et décrit une sinuosité très aplatie de 4 800 m de longueur jusqu'au méridien de Fiquefleur. Au delà est prévu un prolongement éventuel devant raccorder les levées aux jetées d'Honfleur.

A l'heure actuelle les travaux exécutés sont les suivants : 1° au nord, un cordon d'enrochements de 4 500 m de longueur, qui ont fixé les bancs existant en arrière ; 2° Au Sud, à partir de la Risle, une longueur de 1 000 m de levée, arasée à un mètre au-dessus des basses-mers de morte eau ; 3° un cordon de galets sur le tracé de la levée entre Quillebeuf et l'Epi de la Roque, au sud.

Des dragages complètent ces travaux. Ont été abaissés les hauts-fonds entre Rouen et la Bouille ainsi que celui du Trait, les passes de Biesard, Moulineaux, Bardouville, des Meules et des Flaques ; les seuils sont partout à un mètre au-dessous du zéro.

Des dragages par succion sont entrepris dans l'estuaire. Les travaux de la Seine coûteront en tout cinquante millions.

Balisage. — Il existe tout un système de feux établis à terre entre Rouen et Caudebec. Depuis 1892, le balisage lumineux a été étendu à tout l'estuaire, par des bouées en forme de bateaux, portant un réservoir à gaz d'huile pour l'alimentation du brûleur de la lanterne. Le gaz est fabriqué à Honfleur dans une usine spéciale. Les bouées en place, au nombre de 25 à 30, sont disposées par couples tous les 1 500 m.

Aujourd'hui Rouen reçoit en vive eau moyenne des navires de 7 m de tirant d'eau, qui viennent du Havre en sept à huit heures.

Le trafic a passé de 500 000 tonneaux de jauge en 1860 à 2 millions de tonneaux. Le tonnage des marchandises dépasse 2 millions de tonneaux, sans compter celui qui provient du trafic fluvial.

La Garonne maritime.

Le fond de la Garonne entre Bordeaux et le Bec d'Ambès est vaseux ; ses matériaux meubles reposent sur des argiles plus fermes, affouillables cependant. Des hauts-fonds ont de tout temps encombré le lit.

De 1850 à 1880 des levées en enrochements furent établies sur divers points ; elles eurent pour effet d'abaisser certains hauts-fonds, mais d'autres se reformèrent ; les dragages essayés prouvèrent d'autre part que, seuls, ils ne pourraient suffire à l'amélioration.

L'amplitude de marée est à peu près la même à Bordeaux qu'à l'embouchure. Le niveau des pleines mers y est plus élevé ; la propagation du flot dans cette portion était donc satisfaisante. En amont de la ville il eût été possible d'obtenir des conditions meilleures, car l'amplitude s'y abaisse rapidement, mais les travaux auraient dû s'étendre sur 70 km, sans résultat certain.

On se décida à traiter directement la portion maritime.

Les maigres étaient dus à des défauts de deux sortes :

1° Défauts de tracé en plan ; 2° défauts dans la succession des sections moyennes d'écoulement, en appelant ainsi, par exemple pour le jusan, l'expression $S = \int_0^T \frac{s dt}{T}$ calculée pour le profil en travers considéré (s est l'aire du profil en travers mouillée à l'heure t du jusan et T la durée du jusan).

Les moyens employés pour remédier à ces défauts furent les suivants :

Rectifier les courbures du lit des basses-mers par des recoupements et de préférence par des avancements de la laisse de basse-mer ;

Réaliser les avancements au moyen d'épis plongeurs, entre lesquels se formeraient des plages vaseuses accolées aux berges ;

Régler la hauteur et la pente de ces plages de manière que la diminution de la surface dans un profil en travers, combinée avec des dragages simultanés, assurât à la fois des formes convenables pour les profils et des valeurs régulièrement croissantes vers l'aval pour les sections moyennes d'écoulement ;

Constituer les épis plongeurs par de simples files de pieux clayonnées, peu coûteuses, et les construire progressivement, de façon à suivre

leurs effets sur la transformation du lit, à le modérer ou à l'accentuer.
Les résultats sont satisfaisants.

Passe de Bassens. — Voici le mode d'exécution pour cette passe, la plus longue et la plus mauvaise jusqu'en 1893.

La principale défectuosité provenait du rapprochement du sommet de courbure situé sur la rive gauche, au 12^e km. depuis le port de Bordeaux, à moins de 2 000 m de l'inflexion et de la petitesse relative du rayon de courbure qui retenait sur cette rive le courant de flot.

Entre les kilomètres 7 et 11 existait sur la rive droite un faux chenal, terminé en cul-de-sac, produit par le courant du flot, tandis que séparé de lui par un faite, le chenal du jusant se trouvait sur la rive gauche.

Or, en fait, il est impossible sur la Garonne d'aménager en même temps d'une façon satisfaisante les sections moyennes de jusant et de flot, à cause de l'amplitude des marées, de la grande différence entre les durées des ces deux phases de la marée et de la forme accore des berges. Il faut, suivant les circonstances, choisir. Au Bec d'Ambès, le flot a une action prépondérante, ce sont les sections de son chenal qu'on a améliorées. Il en est autrement à Bassens.

Les sections d'écoulement avaient été obtenues par l'observation d'un certain nombre de profils en travers qu'on devait conserver, soit parce qu'ils s'étaient montrés constants pendant de longues années, preuve qu'ils étaient bien adaptés au régime, soit parce que leur modification aurait lésé de graves intérêts, comme des ouvrages existants ou des usines établies.

La méthode des moindres carrés détermina la parabole cubique qui, donnant une loi de succession régulière, passait par ces points imposés.

Pour procéder graduellement, on se borna d'abord à réaliser sur la rive gauche, où existaient dans le faux-chenal des profondeurs de 3 m, l'avancement de la ligne de basse-mer. Il fallut 19 épis dont 17 étaient inclinés à 45° contre la direction du courant de flot à détourner ; leur espacement était tel que deux enracinements successifs comprissent entr'eux le double de la distance à la berge de la ligne des extrémités en rivière.

Ils étaient formés de deux files moisées de pieux, espacés d'un mètre à un mètre et demi suivant la violence du courant. Chaque file portait des clayonnages ; elles convergeaient ; leur espacement était de 4 m à l'enracinement et 2 m à l'extrémité.

La hauteur des têtes, qui était à la berge à la cote + 5^m,20 au-dessus

des plus basses eaux connues, soit un peu au-dessous des hautes vives eaux, s'abaissait à l'extrémité à la cote $+ 2^m,30$.

Des moises transversales réunissent les pieux des deux files et vers la terre une troisième file intermédiaire consolide l'ensemble.

La dépense fut de 130 francs le mètre courant.

Les épis furent d'abord construits de deux en deux sur la moitié de leur longueur; de pareille façon fut construit ensuite l'intermédiaire; enfin le tout reçut sa longueur définitive.

Les clayonnages sont formés de faisceaux d'osier de 10 cm de diamètre et de 5 m de longueur, entrelacés sur les pieux; ils étaient exécutés graduellement, à mesure que le fond s'exhaussait, sans jamais dépasser de plus de 50 cm le niveau atteint par les vases et en maintenant toujours aux clayons supérieurs la pente cherchée pour la plage vaseuse artificielle.

En deux ans, le colmatage atteignit parfois 5 m. En même temps des dragages étaient exécutés. L'axe du chenal définitif projeté fut abaissé de 75 cm au-dessous de la cote désirée $- 3^m,50$. On retira 785 000 m³.

Les sections d'écoulement se sont sensiblement régularisées, tout en restant supérieures aux nombres calculés. Le jusant a pris sur la rive droite une prédominance considérable, la vitesse du flot a diminué sur l'autre rive. Les profondeurs se sont maintenues à $- 4$ m, au lieu des $- 3^m,50$ désirés.

Cependant les deux chenaux du flot du jusant ne se sont pas complètement fondus ensemble et il reste le long de la tête des épis des grandes profondeurs inutiles. On complète maintenant l'avancement de la rive gauche jusqu'à la limite théoriquement admise pour le lit mineur, ce qui exige le prolongement des épis d'aval; quatorze épis sont de plus en construction; quelques-uns sont encore dirigés contre le flot; mais là où les vitesses des deux phases sont peu différentes, les épis sont construits normaux à la berge, en vue d'économie.

Pour la même raison, le rideau de clayonnage est établi unique. L'ossature se compose d'une seule file de pieux moisés, contrebutée de distance en distance par des palées de trois pieux également moisés. La dépense est réduite d'un tiers.

Passe du Caillou. — Les conditions étaient analogues; aussi le procédé de traitement a été le même; mais comme l'écart entre l'état primitif et les sections cherchées était moindre, il a été inutile de faire

monter aussi haut les plages artificielles. Les épis ne s'élèvent qu'à la côte + 3 mètres, et les talus sont plus doux. Les ouvrages n'ont qu'une ligne de pieux.

Passé du bec d'Ambès. — L'île qui partage en deux la Garonne au bec d'Ambès forme le bras d'Ambès ou fleuve principal et le bras de Macau. Mais une saillie étranglait le premier et donnait au tracé des courbures discordantes. Le rescindement de cette saillie a rendu au lit une surface de plus de 20 hect.; la propagation de la marée dans la Garonne a été ainsi facilitée.

Des dragages ont également gradué les aires des sections d'écoulement. Enfin le bec d'Ambès a été prolongé. Le colmatage a été obtenu au moyen de lignes de clayonnages convergentes et étagées.

Le prolongement du bec est d'un kilomètre et est défendu par un massif d'enrochements; la formation des plages sur les deux côtés a été facilitée par de courts épis additionnels reliés aux lignes de pieux supportant les clayonnages longitudinaux. Les alluvions s'élèvent au niveau des pleines mers moyennes.

Les hauts-fonds se sont améliorés. Le maigre existant à l'aval du confluent a disparu. Celui de l'amont se maintient, mais aux environs de la cote cherchée.

TRAVAUX DE DÉFENSE.

Pointe de Grave. — Les terrains de la pointe de Grave sont généralement au-dessous du niveau des pleines mers et sont protégés contre l'océan par des dunes, contre le fleuve par des travaux de défense continus.

Ces travaux se partagent en trois groupes :

Le premier, situé du côté de la mer, commence à 2 000 m au nord de Soulac; il est limité par la pointe de Saint-Nicolas, constituée par des rochers émergeant à basse mer.

Le deuxième est compris entre la pointe Saint-Nicolas et la jetée de Grave.

Le troisième comprend tous les ouvrages situés sur le fleuve au sud de la jetée de Grave.

Devant les ouvrages des deux premiers groupes, les vagues sont violentes, les courants de marée sont faibles et il y a peu d'affouillements; l'argile, qui forme le sous-sol résistant, affleure à des cotes assez élevées dans le premier groupe, tandis qu'il n'émerge jamais dans le second.

Au troisième groupe, les vagues sont atténuées, mais le courant de jusant est fort et affouille assez pour qu'on ait dû prévoir la facilité de rechargement des ouvrages.

Premier groupe (les Huttes). — Il comprend :

Un grand brise-mer longitudinal submersible, de 1375 m de longueur; six épis transversaux de 170 à 190 m de longueur, parallèles à la ligne de plus grande pente de l'estran et quatre petits brise-mers longitudinaux.

L'épi transversal de Saint-Nicolas, de 200 m de longueur.

Grand brise-mer longitudinal ou des Huttes. — Sa forme épouse en plan le tracé des dunes littorales; il se compose d'un noyau d'enrochements variant de 100 à 150 kg., défendu des deux côtés par des parafeuilles, dont celui du large, de 3 m de largeur, est fondé à la cote + 25 cm; l'autre de 50 cm de largeur, à la cote + 3^m,50 (fig. 23).

Le long de la face extérieure, de chaque côté du parafeuille, ont été battus des pieux, espacés de 3 m du côté de terre et jointifs au large.

En arrière du parafeuille, du côté de terre sur une largeur de 3 m, a été disposé un noyau d'enrochements recouvert par une chemise en maçonnerie avec moellons en hérissons.

Au large, le noyau d'enrochements a son talus réglé à 5/1 et recouvert d'une chemise de maçonnerie de 40 cm d'épaisseur, protégée par des blocs naturels d'une à deux tonnes, encastrés dans la maçonnerie et destinés à briser les lames.

Une risberme de 3 m de largeur, formant couronnement, a été ménagée, à partir du mur de parafeuille de terre, à la cote + 4^m,67. Elle porte une voie ferrée qui amène les matériaux pour les réparations des avaries et le rechargement des gros blocs.

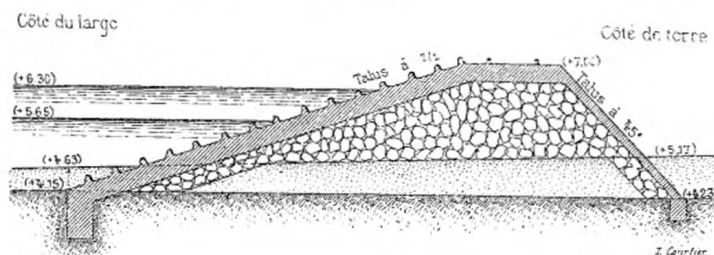
Le pied du talus du brise-mer, côté du large, était d'abord protégé par des blocs naturels de 3 t.; ils furent enlevés et remplacés par des blocs artificiels de 3 × 3 m fondés directement sur l'argile; les affouillements les font descendre, au milieu de deux pieux battus pendant leur exécution.

Ce brise-mer a permis à la dune de se former ainsi en arrière; les abaisséments de la plage et le recul de la laisse des basses-mers ont été arrêtés.

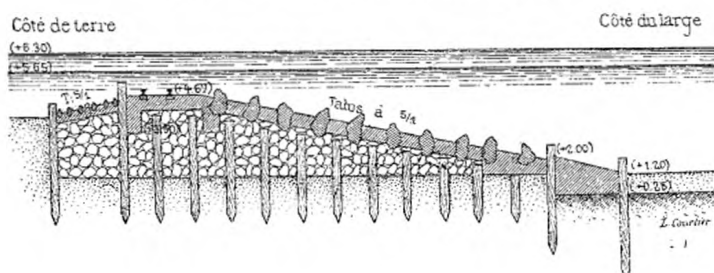
Epis. — Les six épis transversaux étaient espacés de 200 m; le premier se trouvait à l'extrémité sud du grand brise-mer. Ils mesuraient

120 m de longueur et se composaient d'un noyau d'enrochements de 100 à 150 kg., ou d'argile, recouvert d'une chemise de maçonnerie de 40 cm d'épaisseur, en dos d'âne. Les risbermes et la tête étaient défendus par des fascinaiges.

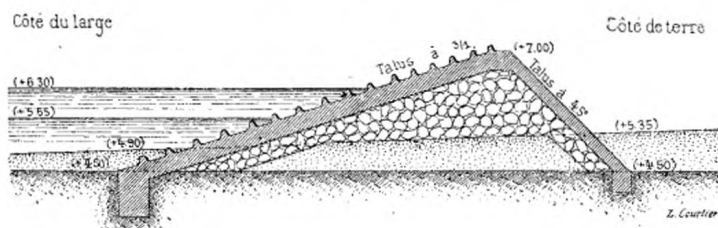
Ces épis ont été démolis par la mer.



Profil-type du brise-mer des Huttes entre les épis 5 et 7.



Profil-type du brise-mer des Huttes.



Profil-type du brise-mer des Huttes entre les épis 2 et 5.

Fig. 23.

Petits brise-mers longitudinaux. — Ils ont remplacé les épis. Ils se composent d'un noyau de sable élevé jusqu'au niveau moyen de la plage et recouvert d'enrochements de 75 à 150 kg. Le tout est protégé par une chemise en maçonnerie de 40 cm d'épaisseur, avec pierres en hérissous du côté du large et de 20 cm du côté de terre, sans hérissous, ainsi que par des murs de parafouille encastrés dans l'argile.

Dans celui qui se trouve entre les trois derniers épis, la largeur de la risberme de couronnement est de 2 m, pour recevoir une voie. Tous les 40 m, des murs de refend de 80 cm d'épaisseur localisent les avaries; entre ces murs sont établies des buses en ciment, de 60 cm de diamètre, qui assurent l'écoulement des eaux des embruns.

Epi de Saint-Nicolas. — Long de 200 m, il s'enracine au pied de la dune et s'appuie à son extrémité sur le rocher de Saint-Nicolas; sa direction est normale à la dune.

Le profil transversal est constitué par un noyau d'enrochements de 80 à 160 kg. reposant sur l'argile, protégé par une chemise de maçonnerie de 0^m,40 d'épaisseur et deux murs de para fouille. La risberme en dos d'âne a 3 m de largeur.

L'enracinement est à la cote +7 m et l'extrémité à +12 m. Celle-ci est constituée par un mur de 20 m de longueur maçonné sur le rocher. Les avaries sont circonscrites par des murs de refend d'un mètre d'épaisseur, tous les 20 mètres.

L'épi Saint-Nicolas a parfaitement rempli son but; le pied de la dune est même renforcé par des apports de sable.

Deuxième groupe, la Claire. — Il comprend :

La jetée de Grave, de 260 m de longueur ;

Onze épis transversaux, de 100 à 120 m, et un transversal de 180 m, parallèles à la ligne de plus grande pente de l'estran ;

Le brise-mer longitudinal de la Claire, de 130 m, destiné à remplacer les six premiers épis au sud de la jetée de Grave (fig. 24).

Jetée de Grave (1844-1845). — Elle se compose d'une partie insubmersible de 166 m et d'une sous-marine de 93 m. La première est constituée par un noyau d'enrochements et de blocs de béton, recouvert par une chemise en maçonnerie de 0^m,50 d'épaisseur; le revêtement a une partie horizontale de 6 m de largeur avec voie ferrée, réglée à la cote +7^m,60 et des talus à 45° des deux côtés. Ceux-ci sont défendus par des blocs artificiels de 40 m³.

La partie sous-marine est formée d'enrochements d'une à deux tonnes.

Épis de la Claire (1844-1854). — Semblables à ceux de la Hutte, n'ont pas donné de meilleurs résultats.

Brise-mer de la Claire (en exécution). — Il se compose d'une série de blocs creux de 4 × 4 m, espacés de 0^m,40, descendus par lavage

jusqu'à la cote $+2^m,30$, c'est-à-dire à un niveau inférieur à celui des plus basses cotes constatées après désablement.

Leur base est alors fermée par une couche de béton de chaux hydraulique de $0^m,80$; puis ils sont remplis de sable. La partie supérieure est recouverte d'une chemise en maçonnerie de $0^m,30$ d'épaisseur avec talus

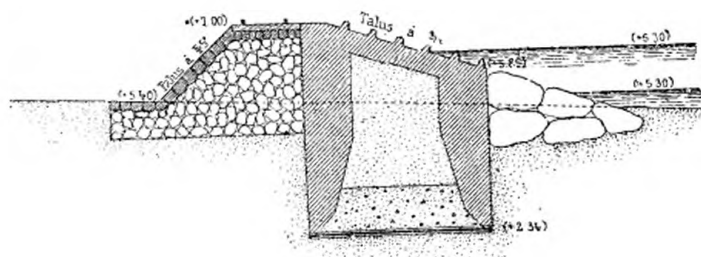


Fig. 24. — Profil-type du brise-mer de la Claire.

à 3/1, terminé vers la terre par une risberme de $0^m,50$ de largeur à la cote $+7$ m. Le talus reçoit des moellons en hérissons qui brisent la mer.

Les affouillements de l'estran s'évitent par la pose, en avant des blocs, d'enrochements d'une à deux tonnes, au moyen d'une grue de 6 t marchant sur un massif de $1^m,50$ de largeur, situé en arrière des blocs et constitué d'enrochements de 75 à 150 kg., recouverts d'une chemise en maçonnerie de $0^m,35$ d'épaisseur.

La crête du massif affleure celle des blocs ; le talus de terre est à 45° . Une risberme ménagée à la cote $5^m,40$ amortit le choc des lames qui passent par dessus.

L'écoulement des eaux est assuré par des buses de $0^m,30$ espacées de 40 m.

Dépense : 1 100 000 francs.

Troisième groupe, le Fort. — Il comprend :

L'éperon de Grave, de 250 m ;

Des levées intérieures sur une longueur de 1 420 m ;

La « Digue de la Chambrette », de 1 230 m.

L'épi de la Barbe Grise, de 210 m.

Éperon de Grave (1845-1847). — Il se compose d'une partie de 120 m au-dessus et une de 130 m au-dessous des basses-mers.

Il est constitué par des enrochements de 12 à 150 kg., avec talus à

45°. Sur une longueur de 90 m, la crête, de 2 m de largeur, est arasée à la cote +7 m. Sur 160 m, les enrochements ont été dispersés. Sur les premiers 90 m, la crête et la partie supérieure sont maçonnées; au-dessous de la partie maçonnée du talus nord, on a disposé des enrochements d'une à deux tonnes.

Levées intérieures. — Les lames, en tournant autour de la jetée, atteignaient la côte au sud; les courants du fleuve, très violents, augmentaient les érosions. Cette partie est défendue par des levées en enrochements, qu'on recharge sans cesse.

Sur une longueur de 320 m à partir de la jetée, ces murs s'appuient contre l'ancienne dune; le talus est à 2/1. Au-dessus de l'étiage, le talus, défendu par des enrochements de 800 à 2400 kg., s'arrête à la cote +7^m,30, cote du terre-plein des voies de service.

Le reste des levées, sur 1100 m, est construit en avant de la dune; il y a ainsi talus vers le large et vers la terre. La crête maçonnée sur 0^m,40 à 0^m,50 d'épaisseur, large de 2 m, est arasée entre les cotes 5^m,15 et 7 m; les talus sont à 3/2 à terre et 3/1 au large. Le noyau est formé d'enrochements de 100 à 150 kg., le talus du large est défendu par des blocs de 1000 à 2400 kg., celui de terre par des blocs d'une demi-tonne à une tonne.

Digue de la Chambrette. — Pour arrêter le recul de la dune à l'extrémité sud des levées intérieures, où il y avait tendance à la formation d'une anse, il y a été construit (1876) une levée en argile défendue par un tapis de fascines réunis par des clayons. Très coûteuse d'entretien, elle a été remplacée en 1893 par l'ouvrage en enrochements dit « Digue de la Chambrette », situé à 300 m au large (fig. 25).

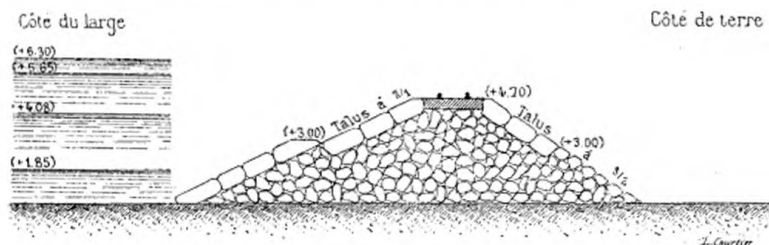


Fig. 25. — Profil-type de la digue de la Chambrette.

Elle est constituée par un noyau d'enrochements de 12 à 150 kg., avec talus de large à 2/1 et de terre à 3/2. La couronne, à la cote + 4^m,70, a 3 m de largeur.

La crête et les talus du large au-dessus de la cote $+3$ m sont protégés par des blocs d'une à deux tonnes ; à cette cote est établie une risberme de $1^m,50$ de largeur, en blocs de mêmes poids.

Les blocs sont posés par une voie ferrée d'un mètre, établie en un massif de maçonnerie de $0^m,35$ qui couronne la crête.

Épi de la Barbe Grise (1877). — Établi pour détourner les courants qui longent la pointe de la Chambrette, au sud des levées intérieures, il sert aussi de débarcadère aux embarcations de la rade du Verdon. A la racine, sur 50 m, il est formé par un noyau d'argile rapportée de $1^m,15$ d'épaisseur, reposant sur le sable de la plage. A l'extrémité, sur 160 m, l'argile est remplacée par des enrochements.

La protection consiste en une chemise en maçonnerie de $0^m,35$ encastrée dans le sable de la plage sur 1 m. Ses talus sont à 45° ; ils sont raccordés par une risberme formant couronnement de 3 m de largeur, allant des cotes $+6^m,50$ à $+3$ m, de la racine à l'extrémité.

Dépense totale : 13 205 000 francs.

PORTS DE LA MÉDITERRANÉE.

Nous donnons ici quelques renseignements sur divers travaux récents non exposés.

La Nouvelle. — On achève la construction d'une darse de 200×110 m, avec $4^m,50$ de profondeur d'eau.

Cannes. — L'abri très précaire constitué par l'ancien môle a été complété, d'abord par l'allongement de ce môle, puis par la construction d'un autre, établi à l'est, pour arrêter les vagues provenant de cette aire. La darse a été creusée à la profondeur de 6 m.

Nice. — Un pareil mouillage a été assuré aux navires à Nice, dont le bassin extérieur a été agrandi. De nouveaux travaux sont projetés pour mettre le port à la hauteur des besoins du commerce, qui se développe rapidement.

Ajaccio. — Le quai Napoléon a été prolongé de 220 m et des dragages ont assuré la profondeur de 6 m. On va sous peu allonger le môle de la Citadelle de 80 m.

Bastia. — Des travaux analogues ont été entrepris à Bastia ; le quai

a été allongé de 230 m, les profondeurs ont été portées à 6 m et le môle sera prolongé de 200 m.

Mostaganem. — Tout le projet dressé en 1882 pour la construction d'un port artificiel de 10 hectares est en voie d'achèvement. Il comprend le prolongement du môle sur 190 m ; il se raccordera avec une portion presque parallèle au rivage. Au Sud-Ouest, un môle nouveau de 340 m, perpendiculaire à la portion précédente, assurera la tranquillité.

Alger. — Le prolongement des môles a réduit la passe d'entrée à 200 m. Trois cents nouveaux mètres de quais ont été construits, ainsi que trois cales de carénage.

Dans la baie de l'Agha, on crée un avant-port pour remédier à l'insuffisance des terre-pleins du port actuel. Il consiste en un mur de quai soutenant un remblai de 19 hectares et protégé par un môle de 300 m de longueur partant du coude du môle sud d'Alger.

Tunis. — Deux môles longs de 513 et 596 m, écartés de 250 m et atteignant les fonds de 6^m,50 protègent un chenal long de 1 200 m, avec 100 m de plafond et 6^m,50 à 7 m de profondeur, donnant accès de la mer au canal maritime. Celui-ci, dont la profondeur est la même, a 9 km. 1/2 de longueur avec un plafond de 30 m. Au milieu de la longueur est établi un garage long de 500 m, large de 44 m.

Le bassin maritime de Tunis a 400 × 300 m ; celui de la Goulette est un trapèze dont les côtés parallèles ont 160 et 300 m ; celui-ci n'a que 2^m,50 de profondeur ; il est pourvu d'une petite cale de radoub de 40 m. de longueur.

Sousse. — Le bassin de Sousse, de 28 hectares, dont 13 dragués à —6^m,50, est délimité par deux môles de 236 et 638 m de longueur, laissant entre leurs musoirs une passe de 70 m. Elle est encore couverte par un môle extérieur de 530 m. Le développement des quais est de 500 m.

Sfax. — Le chenal d'accès, long de 3 km., large de 22 m au plafond, est creusé en mer, sans protection. Il donne accès à un bassin de 10 hectares, creusé à —6^m,50.

Mode de construction. — Ces divers travaux n'ont rien de particulier à être signalé dans leurs détails. Nous ferons une exception pour

les quais du port de Tunis, fondés dans de très mauvais terrains.

La fouille a été draguée jusqu'à la cote — 8^m,80. Le fond est rempli par une couche de sable de 3 m d'épaisseur, destinée à assurer l'égale répartition de la pression ; le reste du remblai est en moellons jusqu'à la cote — 5 m, où il est arasé. Sur ce substratum sont disposés des piliers en maçonnerie, espacés de 8^m,23 d'axe en axe. Ces piliers, en forme de pyramide quadrangulaire tronquée, ont à la base 5^m,50 × 2^m,70, et au sommet 5 m × 1^m,50. Leur hauteur est de 5^m,40. Un vide de 3^m,30 × 0^m,80 à la base et de 4 m de hauteur, ménagé dans chacun des piliers, contribue à l'alléger.

Les maçonneries ont été construites dans une enveloppe métallique ayant la forme du pilier, avec des dimensions légèrement supérieures ; elle est composée de deux parties, l'une de 0^m,80 de hauteur qui reste en place, l'autre qui forme batardeau mobile et est enlevée après la construction.

Sur les piliers sont disposées sept poutres métalliques recouvertes de tôles en acier galvanisé supportant une aire en béton avec pavage en bois.

BELGIQUE

Bruges et Heyst. — Bruges, bien que située dans l'intérieur, a eu jadis une importance considérable comme ville de commerce maritime. Des canaux, dont le débouché a plusieurs fois varié, la reliaient à la mer ; mais les ports d'attache ont été tous ensablés et la prospérité de la ville avait complètement disparu. Depuis 1877 divers projets ont été dressés pour lui donner un accès direct à la mer par Heyst, dont le littoral semble le moins exposé à l'invasion des sables. L'ensemble en cours d'exécution comprend deux parties : une en mer, servant d'escale ; l'autre est le véritable port de Bruges ; elles sont reliées par un canal maritime (fig. 26).

Port d'escale. — Il est abrité par un môle courbe.

Plein sur l'estran, le môle est en estacade à partir de la laisse des basses-mers, sur 300 m de longueur, afin de permettre la circulation des courants de marée et d'atténuer le dépôt de vase à l'intérieur.

L'estacade est formée de palées en pieux d'acier distantes de 5 m. L'extrémité du large s'appuie sur une culée en maçonnerie fondée à l'air comprimé, par des fonds de 4 m à la cote — 8^m,50.

Le reste du môle est plein ; sa base est constituée par des blocs de 2 500 à 3 000 t, longs de 23 m, larges de 7^m,50 et dont la hauteur varie selon la profondeur de la mer (fig. 26 bis).

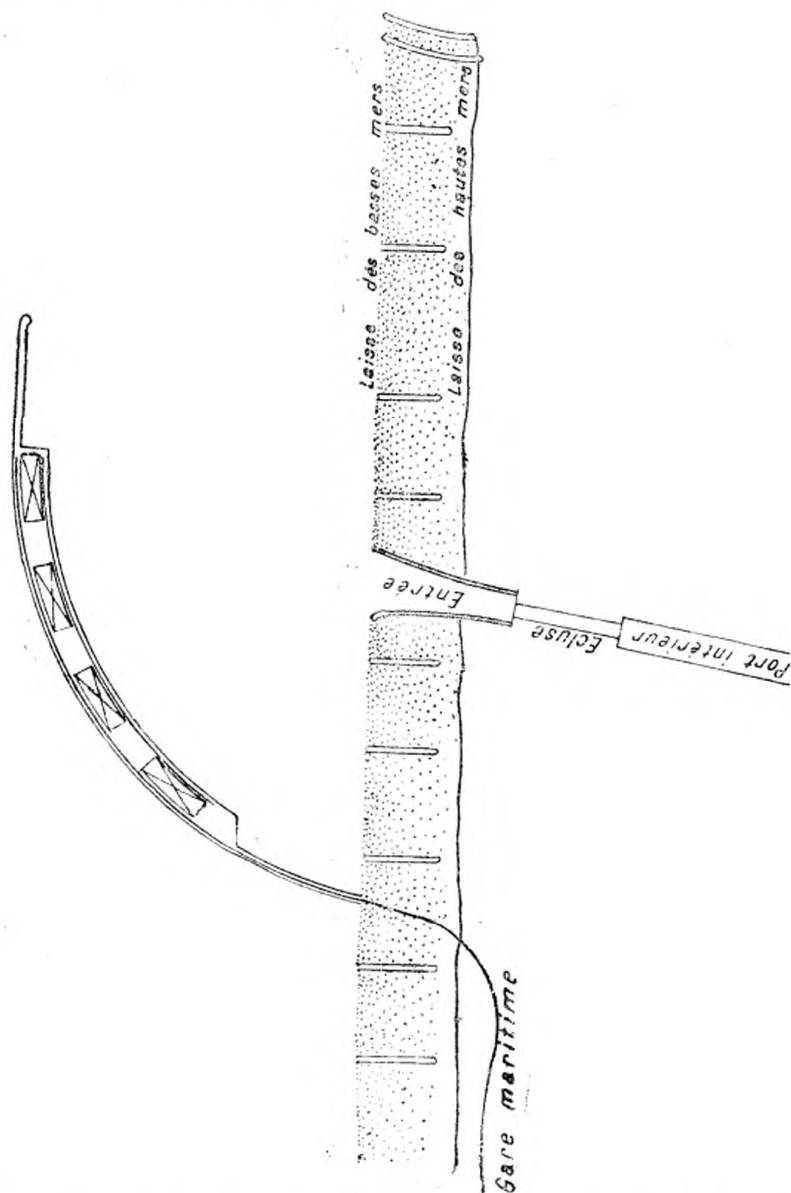


Fig. 26. — Port de Zeebrugge.

Ils reposent directement sur le fond préalablement arasé et s'élèvent jusqu'à la cote + 1 m. Au-dessus, le mur se compose de blocs de béton

de 50 t, arasés à la cote $+7^m,30$ qui est celle des quais et terre-pleins. Un mur d'abri, de $5^m,70$ de hauteur, complète la protection.

Le mur en blocs de 50 t a 5 m d'épaisseur. Cette épaisseur est portée à $6^m,50$ à l'extrémité du môle, où n'existe pas de terre-plein d'appui ; là de même, la largeur des gros blocs est de 9 m.

Le terre-plein a 74 m de largeur ; il est compris entre le mur extérieur et un mur de quai dont la construction est identique à celle du premier.

Le fond est dragué à 8 m de profondeur tout le long du quai, sur

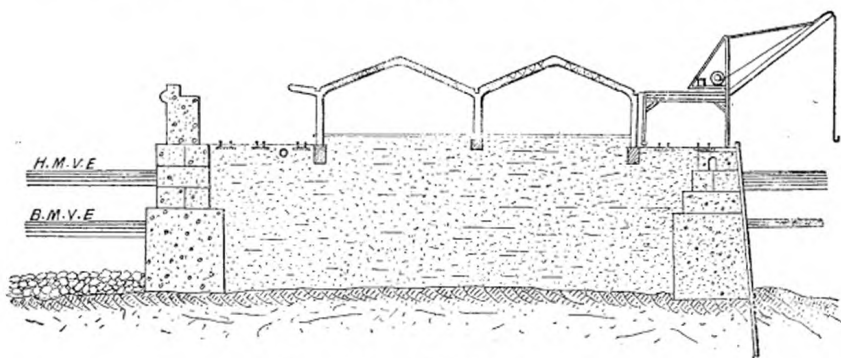


Fig. 26 bis. — Môle de Heyst.

300 m de largeur. Une longueur de 375 m a ses fondations établies à $-9^m,50$ pour permettre l'approfondissement, s'il est reconnu nécessaire.

Le môle abrite la rade contre les vents dominants et les tempêtes de l'O et du N O. La rade a 110 hectares.

Port intérieur. — Le chenal s'ouvre dans la rade abritée ; il a 50 m de largeur au plafond et 6 m de profondeur. Les talus, à $1/3$ jusqu'à la cote zéro et à $1/2$ au-dessus, sont protégés par un revêtement en moellons maçonnés reposant sur une file de pieux et palplanches.

Au plan d'eau le chenal a normalement une largeur de 116 m, qui s'évase et atteint 200 m à l'estran, afin de faciliter l'entrée et la sortie. Dans cette portion, le chenal est limité par des jetées basses en moellons maçonnés, surmontés d'une passerelle donnant accès aux feux de musoir.

La longueur du chenal est de 150 m. Il aboutit à une écluse maritime de 20 m de largeur, avec sas de 158 m et seuil à la cote $-5^m,50$.

Elle donne accès à un bassin d'arrière-port de 660 m de longueur et 50 m de largeur au plafond, 98 m au plan d'eau établi à la cote $+3^m,50$, bordé de perrés.

Le canal maritime a une largeur de 22 m au plafond, 70 m au plan d'eau et une profondeur de 8 m. Le talus est à 3/1 jusqu'à $1^m,50$ au-dessous de la surface, cote où est établie une berme de $1^m,50$. Le talus qui le surmonte est à 2/1 et est protégé sur une hauteur verticale de 3 m par un perré de moellons posés à sec sur un corroi d'argile.

Le port de Bruges comprend trois bassins dont le premier constitue une gare de virement.

L'axe des deux bassins d'opération est parallèle à celui du canal; ils sont séparés par un terre-plein de 120 m de largeur.

Au bassin Ouest on a : longueur, 540 m; mouillage, $6^m,50$; rives en talus perreyé avec appontements.

Bassin Est : Développement des quais, 800 m; largeur, 90 m; mouillage, 8 m.

Le fond du bassin ouest est relié par une écluse de $97^m,40 \times 12$ m avec le canal d'Ostende. La hauteur d'eau sur le buse est de 4 m.

Le port d'escale sera muni de hangars, d'un outillage électrique, tandis que le port de Bruges aura des moteurs à vapeur.

Fabrication des blocs. — Le fait le plus remarquable de ces travaux est l'emploi des blocs de 3 000 t; on conçoit qu'ils ne peuvent être manœuvrés par les moyens ordinaires. Ils sont construits en forme de caisses creuses, sans fond supérieur, dans le bassin d'arrière-port mis à sec; quand ils seront tous terminés, l'eau sera introduite dans le bassin; ils flotteront et seront remorqués à leur place (fig. 27).

Les caisses sont en tôles raidies par des membrures; elles sont garnies de béton; des moules appropriés ménagent les vides qui doivent les rendre flottables.

Le travail comporte trois phases :

A l'avant du chantier un pont roulant dépose à leur place les tôles et membrures, qui sont montées. Un second pont roulant, dont une des volées repose sur la rive Est, à proximité de la bétonnière, porte les voies où circulent les bennes de béton qui se déversent dans les caissons, dont le fond est ainsi bétonné.

Les moules sont alors placés par deux grues électriques de 5 t portées sur un troisième pont roulant.

Toutes ces manœuvres s'exécutent en même temps par cinq caissons placés en files.

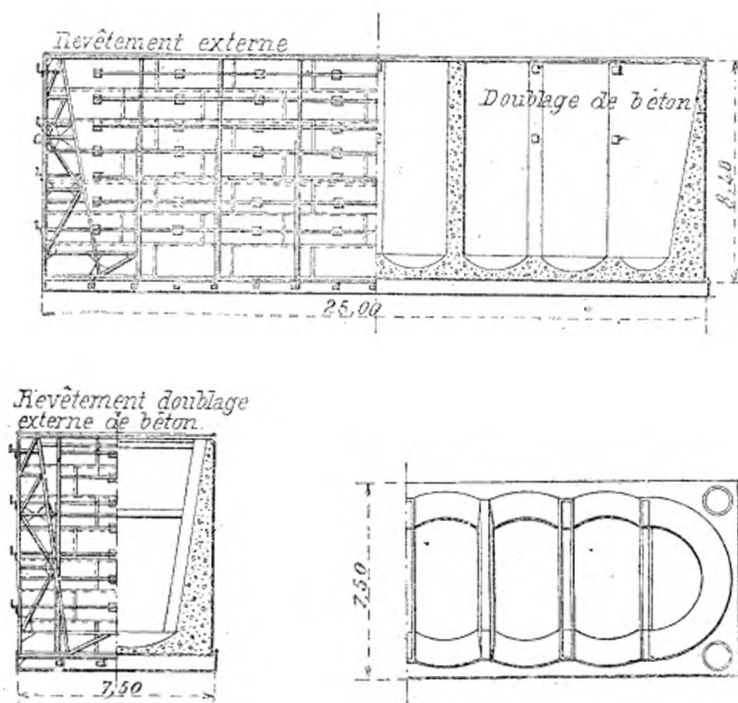


Fig. 27. — Blocs de Heyst.

Enfin les caisses flottées et échouées à marée basse sont remplies de béton en place.

PORTS ALLEMANDS

Königsberg. — Cette ville commerciale de la Prusse orientale est située sur le Pregel, qui se jette dans le *Frische Haff*, lagune communiquant avec la mer Baltique par la passe de Pillau, dont les profondeurs, ainsi que celles de la rivière, sont insuffisantes pour la grande navigation.

On achève en ce moment un canal de 28 km. de longueur avec 22 m au plafond et 6^m,30 de profondeur. Les dragages s'exécutent dans un terrain très dur et défavorable. De plus, sur une étendue assez considérable, il a fallu se défendre contre l'envahissement des vases par une

double rangée de pieux entre lesquels on a introduit des fascines et des pierres.

Stettin. — Stettin, qui est en quelque sorte le port de Berlin, est situé sur l'Oder, à 65 km. de la Baltique, à laquelle il est relié par la Swine, le Stettiner Haff et un chenal spécial établi au milieu des élargissements maritimes de l'Oder.

Ce chenal est actuellement dragué de façon à permettre l'accès de navires de 7 m de tirant d'eau.

Stettin est devenu un port franc qui consiste en un bassin de 1200 m de longueur sur 100 m de largeur; un deuxième bassin est déjà prévu. Leurs quais offriront un développement de 4300 m.

Hambourg. — Hambourg est situé sur l'Elbe, à 100 km. de l'embouchure; l'amplitude moyenne de la marée y est de 1^m,80; mais avec les crues elle peut atteindre 6 m. La profondeur du chenal est de 7 m à basse mer.

Jusqu'en 1866, les navires s'amarraient dans le fleuve à des ducs d'albe et déchargeaient par des allèges. On construisit entre 1860 et 1870 les bassins de Sandthor et de Grasbrook sur la rive droite de l'Elbe. On a préféré les bassins de marée pour laisser toute facilité de communication aux bateaux qui trafiquent sur l'Elbe supérieure.

Le développement de Hambourg a suivi son entrée dans le système des douanes de l'Empire allemand, une partie du port restant franc. On construisit successivement sur la rive droite le Baaken Hafen et sur la gauche les bassins Hansa, India, Moldau, Petroleum, Saale et Spree.

Les canaux Zoll, Oberhafen et le Binnen Haven, situés en dehors des limites du port franc, assurent autour de l'enceinte libre un passage qui a nécessité pour le dernier bassin une coupée de 200 m exécutée avec une dépense de 50 millions. Le passage Zollcanal n'est séparé du port franc que par des ducs d'albe et des barrières flottantes. En y comprenant la rivière, les canaux et les bassins latéraux, la superficie du port franc est de 376 hect.; les bassins pour les navires de mer occupent 130 hect. et ceux pour les bateaux de rivière 54 hect. Autour des premiers il y avait, en 1894, 23^{km},3 de quais (rapport $\frac{1}{180}$).

Cette situation est insuffisante pour les besoins de Hambourg et l'on

va construire quatre nouveaux bassins à l'ouest du port franc dont deux immédiatement. L'un offrira de 7^m,30 à 9 m d'eau, l'autre seulement 3^m,75.

Le Baaken Hafen est le bassin le mieux outillé ; sa largeur moyenne est de 250 m ; la partie affectée aux voiliers est la plus large ; les navires s'y amarrent aux quais ainsi qu'aux ducs d'albe du centre.

Un beau relief de Hambourg figurait à l'Exposition.

Brême. — Après la régularisation du Weser, Brême a pu avoir un port particulier, qui a coûté une quarantaine de millions. C'est un port franc.

Sa superficie est de 100 hect. ; sa longueur maxima de 2 500 m, sa largeur moyenne 400 m. Le bassin est long de 2 km., large de 120 m et communique avec le fleuve par une passe de 60 m, tournée vers l'aval.

La différence entre les basses eaux et les plus hautes, déterminées par les crues, est de 7 m ; néanmoins le bassin n'est pas clos. On a adopté cette solution à cause de la longue durée de l'étalement dans la rivière, qui facilite les opérations, et aussi à cause de la perméabilité du sous-sol qui aurait fait varier de 4 m le niveau d'un bassin à flot.

Le bassin est creusé à 6 m au-dessous des basses eaux, sauf les extraordinaires, qui descendent à un mètre plus bas.

Les murs sont percés d'un tunnel longitudinal où sont posés les conduites d'eau et les fils électriques. Les premières sont alimentées en hiver par l'eau de condensation des machines, de sorte que la température du tunnel reste presque constante.

Les hangars, de 40 m de largeur, ainsi que les magasins, sont construits suivant les méthodes les plus modernes. Il existe deux magasins à grains : l'un a 170 m de longueur sur 40 m de largeur ; il n'a qu'un étage sur un tiers de sa largeur, du côté de l'eau, et deux sur le reste. L'autre, de deux étages, mesure 270 × 30 m.

Les magasins, symétriquement placés le long des quais, sont abondamment servis par des grues, des treuils, des élévateurs, des voies ferrées. Un tip de 15 tonnes sert à l'embarquement du charbon.

L'outillage comprend 83 grues hydrauliques, d'une puissance totale de 1 500 tonnes (74 sont mobiles et 11 fixes), cinquante élévateurs et treuils dans les magasins et 17 treuils entre les lignes des voies de quais. Les grues sont généralement à triple pouvoir.

Une grue flottante est à double pouvoir, 10 et 40 tonnes.

L'éclairage électrique par arc ou à incandescence est répandu à profusion.

Geestemunde. — Les améliorations apportées au port de Geestemunde ont été la conséquence de la transformation des bâtiments pêcheurs en navires à vapeur. Le nouveau bassin s'ouvre sur le Weser ; il est long de 1 200 m., large de 60 et est profond de 4^m,40.

Les bords sont munis d'estacades, élevées de 1^m,50 au-dessus des plus hautes mers ; les navires y débarquent le poisson par leurs propres moyens.

La vente se fait sous des hangars longs de 550 m et larges de 20, pavés de briques sur mortier de ciment. La moitié de la largeur, celle qui ne longe pas le bassin, est partagée en sections de 9 m de longueur louées comme bureaux et magasins.

En arrière des hangars, sur un terrain de 40 m, existent des glaciers pour la conservation du poisson.

Les dépenses effectuées pour ce port de pêche s'élèvent à 10 millions de francs.

ANGLETERRE ET COLONIES

Nous empruntons à un excellent rapport de M. Vernon-Harcourt quelques détails sur les travaux maritimes entrepris dans l'Empire britannique.

Colombo. — On connaît le premier travail exécuté à Colombo (Ceylan). Un môle unique, au sud-ouest, long de 1 283 m, avait suffi à donner à l'espace abrité le calme nécessaire pour que les navires puissent opérer en toute tranquillité dans le fond du bassin.

Le mouvement commercial se développa tellement sur cette côte jusque là inhospitalière que les manutentions durent s'opérer jusque près du musoir du môle ; mais là la protection n'était plus assurée.

On construit en ce moment deux nouveaux ouvrages :

Un môle nord-est, long de 335 m et une digue de 853 m de longueur, laissant entre elles et les môles deux entrées.

Le système de construction de la digue est le même que celui du môle primitif. Sur un substratum d'enrochements s'élève une supers-

structure formée de blocs artificiels de 17 à 32 tonnes, posés en assises inclinées et reliés par des sacs de béton tassés dans des rainures oblongues, verticales, qui s'étendent entre les blocs sur toute la hauteur du mur (fig. 28.)

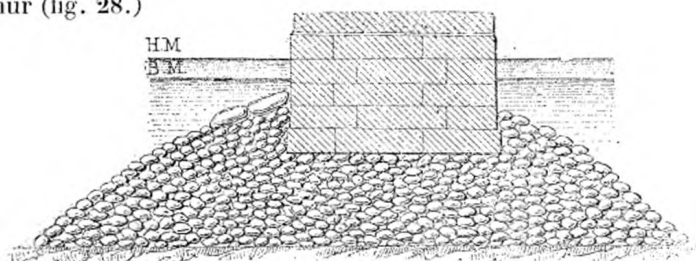


Fig. 28. — Môle de Colombo.

Celui-ci est couronné par une chape de béton coulée en place.

L'épaisseur de la superstructure (9^m,60) est de 60 cm moindre que celle du môle sud-ouest ; en revanche, le substratum a été arrêté à la profondeur de 9^m,40 au lieu de 6^m,10. Il est vrai que la digue est fondée par des fonds un peu plus considérables, de un mètre et demi à 2 m.

Le môle nord-est, qui n'est battu que par les petites lames soulevées par la mousson soufflant de ce rumb, ne se compose qu'd'enrochements.

La pose de ces enrochements, ainsi que du substratum de la digue, se fait au moyen d'échafaudages continués provisoirement au travers de la passe du Nord.

Le bassin abrité mesure 267 hect. L'entrée Ouest est large de 244 m avec 12 m de profondeur ; celle du nord de 213 m avec 10 m et demi de mouillage.

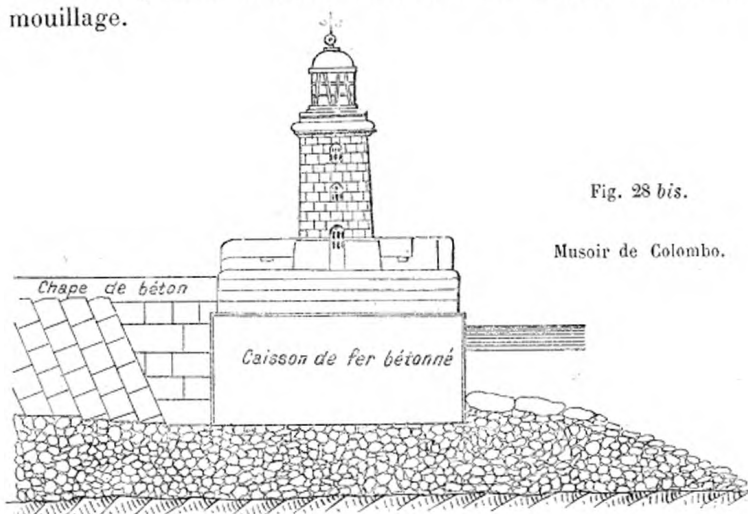


Fig. 28 bis.

Musoir de Colombo.

Une partie du bassin est creusée à la profondeur de 8 m. Une cale de radoub de 183 m de longueur sera annexée au port.

Douvres. — On a récemment terminé à Douvres un môle Est, pour protéger l'entrée du port commercial, et en outre un vaste port militaire, entièrement conquis sur la mer (fig. 29).

Port commercial. — Le môle Est du port commercial est un viaduc en fer à claire-voie, sur 384 m de longueur; elle est pleine sur le reste de son étendue, qui est de 503 m. L'extrémité présente une légère

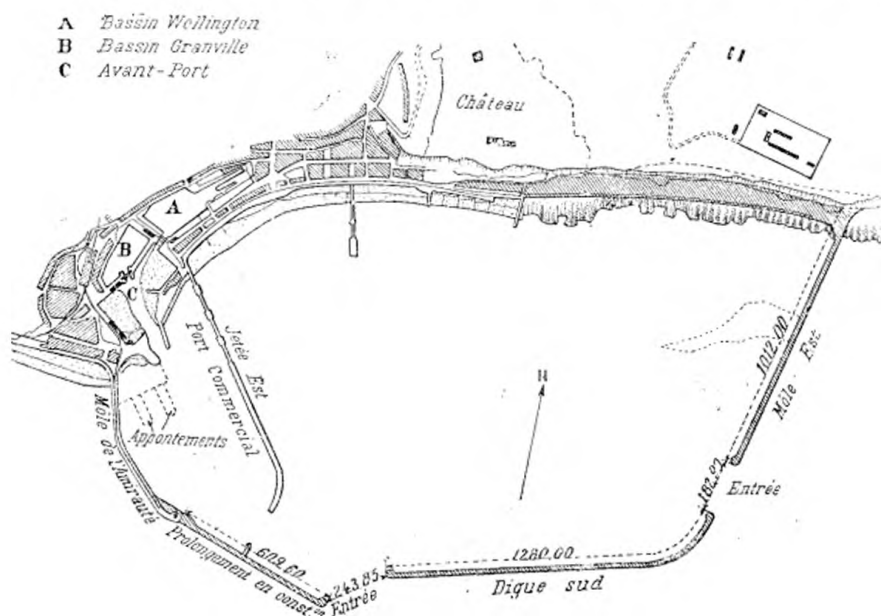


Fig. 29. — Port de Douvres.

courbe inclinée vers l'épi, long de 128 m qui se détachera du prolongement du môle de l'Amirauté, lequel vient déterminer l'entrée, large de 143 m, par un fond de 12^m,60.

On sait que la construction de ce môle Est a déterminé de violents ressacs, qui disparaîtront à l'achèvement du môle de l'Amirauté.

Le viaduc en fer, large de 9^m,14, est construit par travées de 12^m,20 portées par trois colonnes creuses en fer forgé, réunies par des entretoises. Les deux colonnes extérieures, dont le diamètre est de 1^m,21, sont munies de vis en acier fondu et sont enfoncées dans le sol crayeux. Celle du milieu repose sur un bloc de granite placé dans un cylindre

en fonte de 2^m,43 de diamètre enfoncé dans la craie et comblé de béton.

La partie pleine est large de 10^m,66 au couronnement et de 14^m,62 à la base. Elle est formée de blocs de béton, posés sur le calcaire creusé d'une rigole dont la profondeur minima est de 90 cm. Ce travail a été exécuté par des dragues à mâchoires, des scaphandriers et des cloches à air comprimé, qui ont servi également à la pose des blocs.

Ceux-ci pèsent de 12 à 20 tonnes. Les faces vues des parements sont revêtues de moellons de granite. Ils sont tous posés par assises et sont reliés latéralement par des clefs en queue d'aronde introduites dans des mortaises ménagées pendant le moulage.

Au-dessus de la marée basse les blocs sont posés au mortier de ciment de Portland. L'ensemble est recouvert d'une chape de béton.

Port militaire. — L'espace abrité sera de 247 hect. dont 130 ont une profondeur dépassant 9^m,14. La protection sera assurée par les ouvrages suivants :

Un prolongement de 610 m du môle de l'Amirauté, une digue de 1280 m, presque parallèle au rivage et recourbée à son extrémité vers le môle qui fermera le port à l'Est et sera long de 1 012 m.

La passe sud aura 244 m de largeur ; l'autre 183 m ; elles seront établies par les fonds de 12^m,80. Devant la première le flot passe avec une vitesse de quatre nœuds et demi en vives eaux ; aussi a-t-on placé l'entrée en retrait.

Digues et môles sont construits en blocs de béton parementés en moellons de granite au-dessus de la marée basse. Ils pèsent 40 t au prolongement du môle de l'Amirauté et 30 t dans les autres ouvrages. Le profil de l'ancien travail est conservé avec quelques minimes modifications.

Le charbon se fera le long du môle Est, qui sera muni d'un quai et d'un mur abri.

La dépense sera d'une centaine de millions de francs.

Portland. — Le port de refuge de Portland n'était protégé que par un môle et une digue ; celle-ci était parallèle au rivage, qui complétait l'ensemble de protection.

Mais comme cette baie est aussi station militaire, il a fallu la fermer complètement afin de la mettre à l'abri de l'attaque des torpilleurs ; on a récemment construit une nouvelle digue de 1 432 m et un môle de

1 390 m. Les entrées sont larges de 168 et 183 m ; celle du Nord a une profondeur de 12 m, l'autre de 13 m.

Les ouvrages sont construits en enrochements.

La surface d'eau abritée est de 930 hect., dont 575 ont plus de 9 m de profondeur ; le port est donc quadruple de celui de Douvres actuellement en construction.

Peterhead. — La baie de Peterhead est située sur la côte nord-est de l'Ecosse. Elle présente des profondeurs allant jusqu'à 15 m. Le gouvernement y construit en ce moment un vaste port de refuge, simplement en fermant la baie par un môle rectiligne de 990 m de longueur dont le musoir atteindra le fond de 17^m,40. L'entrée se trouvera au nord entre le musoir et le cap South Head. Elle aura 350 m de largeur.

La superficie enclose est de 102 hect., dont la moitié présente des profondeurs supérieures à 9 m.

Les 305 premiers mètres du môle ont été construits en blocs formant un mur à léger fruit fondé directement sur le roc. Sur le reste de la longueur, le mur repose sur un enrochement arasé à la profondeur de 13 m au-dessous de mer basse. C'est la plus grande profondeur qu'on ait encore donnée à la fondation d'une superstructure ; elle a été motivée par les observations des effets éprouvés durant une tempête d'octobre 1898, où le fond a été remué jusqu'à 11 m et demi.

La superstructure est large de 14 m. au couronnement ; elle est construite en blocs de béton de 41 tonnes, parementés en moellons de granite. Les assises sont horizontales et les blocs sont réunis en queue d'aronde.

La tablette supérieure est protégée par un mur de garde.

Comme Portland, Peterhead emploie la main-d'œuvre des prisonniers. L'avancement ne dépasse guère 30 m par an et l'achèvement ne sera obtenu qu'en vingt et un ans. Le prix prévu est de 25 000 francs par mètre courant ; il est de 30 000 à Douvres, tandis qu'à Colombo on ne dépasse guère 11 000 francs.

ITALIE

La majeure partie des ports de la Péninsule a reçu durant les dernières années des améliorations considérables. On ne cite générale-

ment que celui de Gênes et il semble admis que le don de 20 millions fait par le duc de Galliera a seul permis la transformation du grand établissement maritime dont la concurrence est aujourd'hui si redoutable pour Marseille. Mais la part contributive de l'État a été de beaucoup plus importante. Le Gouvernement, d'ailleurs, n'a rien négligé pour l'amélioration des divers ports de la Péninsule et Naples, par exemple, a été largement doté.

L'Italie n'a exposé aucun modèle de ses ports ; mais les atlas, les photographies, les plans publiés par l'Administration donnaient les détails les plus complets sur ses travaux. Nous rappelons la mesure très libérale et très avantageuse adoptée par la nation voisine. Tous les projets de ports sont publiés avant la mise à exécution. La discussion s'ouvre dans les sociétés, les journaux techniques. Les ingénieurs officiels ont le bon goût d'y puiser les objections, les propositions avantageuses et de remanier en conséquence leurs conceptions.

Il y a peut être dans cette manière d'agir une partie du secret des succès de nos confrères d'outre-monts.

Gênes. — Les travaux exécutés dans ce port sont trop connus pour qu'il soit besoin d'y insister. Depuis 1889, le môle Galliera a été prolongé et le musoir est fondé par les profondeurs de 28 m ; le môle Giano, qui part de la rive opposée, réduit à 600 m la largeur de l'entrée, dimension d'ailleurs considérable.

Ce dernier môle abrite le port des mers du troisième quadrant qui sont de beaucoup les plus violentes. L'orientation de l'entrée est si heureusement choisie que le calme ne cesse de régner dans la surface abritée, même durant les plus violentes tempêtes, comme celle du 27 novembre 1898.

« Enflée par le vent du sud-ouest, la mer prit en quelques heures un aspect terrible ; des lames d'environ 7 mètres de hauteur vinrent se briser contre la grande jetée de l'ouest (môle Galliera) en produisant des jets qui l'enveloppaient jusqu'à 30 mètres de hauteur sur des longueurs variant de 200 à 300 mètres à la fois, ainsi que l'ont établi des photographies instantanées prises dans la matinée.

« Malgré la violence de cette tempête exceptionnelle, aucun sinistre n'a été signalé, ni dans le port ni dans l'avant-port, et les navires abrités n'ont eu qu'à renforcer leurs amarres contre le vent, la mer étant demeurée dans l'espace protégé aussi calme que par les gros temps ordinaires ». (M. Giaccone.)

Cette tempête a prouvé aussi la solidité des môles. Celui de Galliera n'a été endommagé que sur une longueur de 150 m à peine ; les avaries ont consisté dans le renversement ou le déplacement de la grande muraille de protection, dans la projection des blocs artificiels de la superstructure jusqu'à une profondeur inférieure à 6 m.

Pour donner une idée du déchainement de la mer, il suffira de dire que parmi les massifs de maçonnerie déplacés, on en a mesuré qui pesaient plus de 800 t.

Les navires trouvent partout un minimum de 9 m de profondeur, jusqu'au pied des 13 traverses ou *ponts* le long desquels ils opèrent, chacun de ces ponts étant d'ailleurs affecté à des manutentions soigneusement distinctes.

Les travaux en cours d'exécution à Gênes ou achevés durant ces dernières années sont les suivants :

Agrandissement d'un quai le long de la rue Carlo Alberto ;

Comblement de l'ancienne darse du Mandraccio avec création à sa place d'un quai de 170 m de longueur, pour les navires de fort tonnage ;

Construction d'un quai de 140 m de longueur à côté du pont Cristoforo Colombo ;

Agrandissement du pont B. Asserato, dont la longueur sera portée de 200 à 400 m et sa largeur de 100 à 128 m.

Agrandissement du pont Federico Guglielmo, pour porter de deux à quatre le nombre des places à quai ;

Construction de nouveaux quais dans l'avant-port.

Le développement total des quais atteindra alors 8 600 m.

Or, le mouvement annuel des marchandises oscille entre 4 millions et demi et 5 millions de tonnes, transportées par 12 à 13 000 navires. Le rendement du mètre de quai, qui est aujourd'hui de plus de 700 t, pourra être ainsi abaissé à 600 t, ce qui est encore un chiffre considérable. Le nombre des appareils de manutention est d'ailleurs proportionné et comptera en définitive 75 grues hydrauliques, sans compter celles à main ou à vapeur. Leur produit est donc d'environ 60 000 t par an, soit 300 par jour.

Les anciens hangars couvraient plus de 5 hect. On en a construit encore sept de 16 000 m² de superficie ; quatre grands magasins ont été établis sur le pont F. Guglielmo.

L'industrie privée a édifié dans une petite anse, à l'extérieur de l'ancien *Molo Nuovo*, près du phare de la *Lanterna*, à l'abri d'un épi en

blocs artificiels arrimés, des magasins à pétrole de 105 sur 15 m, avec une annexe de quatre réservoirs en tôle de 6 000 m³.

Sur le *Molo Vecchio*, de magnifiques magasins généraux à quatre étages couvrent 65 000 m².

Sur le quai de San Limbania est édifié le magasin à blés (Compagnie des Silos de Gênes), qui présente tous les perfectionnements les plus récents et contient 44 000 t (fig. 30).

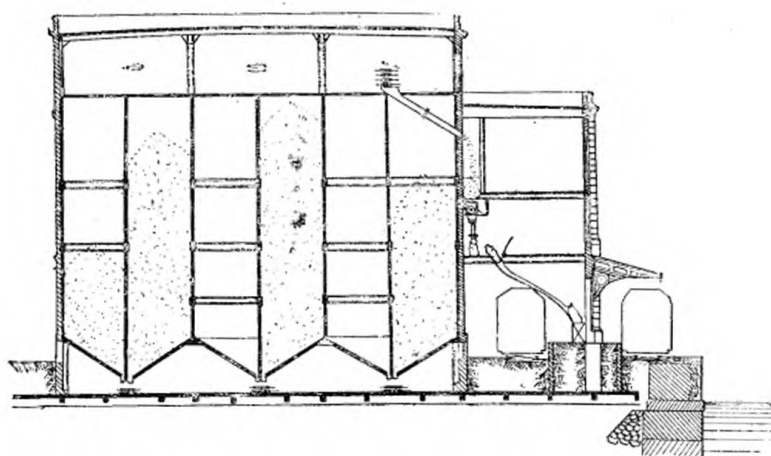


Fig. 30. — Silos de Gênes. — Coupe transversale.

Enfin c'est aussi à une Compagnie qu'appartient le bassin de radoub flottant, de 78 m de longueur, qui peut recevoir les navires de 2 500 t. Il complète les deux cales sèches construites derrière le môle Giano et dont l'une a 213 m de longueur.

Livourne. — D'importants dragages ont amélioré la situation commerciale du port de Livourne. Une nouvelle digue, dite de la Vegliaia, de 480 m de longueur, a été établie au sud et protège l'entrée de ce côté contre les vents dominants.

Savone. — Le port de Savone est une sorte de succursale de celui de Gênes, principalement pour le transit intérieur. La superficie du bassin est de 22 hect. ; il comporte 1 800 m de quais (rapport 1/80), dont 1 300 sont accostables pour les grands navires. Très bien abrité, il a été récemment agrandi par la construction de la darse Victor Emmanuel ; un quai nouveau a également été établi.

Venise. — Les navires mouillaient jadis seulement dans les canaux de Venise. La darse nouvelle ou Station Maritime et le canal de la Giudecca offrent maintenant un développement de 2 300 m de quais avec 8 à 9 m de profondeur à leur pied, profondeur qui sera portée partout à 9 m.

On construit en ce moment 750 m de nouveaux quais; ils sont largement pourvus de moyens de manutention; on y compte 30 grues hydrauliques ou électriques, et la longueur totale des voies ferrées de la station maritime et des abords est de 25 km.

Un magasin à blés (silos) contient 30 000 t de grains.

Ces divers travaux, qui ont coûté des sommes considérables et que complèteront bientôt des dépôts pour les vins, les huiles, etc., ont été exécutés par la Compagnie des chemins de fer du réseau Adriatique, dont Venise est le port principal et qui a dépensé pour l'établissement des quais à la Darse Maritime et à la Giudecca 11 millions de francs. Ces quais comportent un rendement annuel de 550 t par mètre de longueur. Quinze millions ont été affectés au creusement dans les canaux des espaces destinés aux navires.

Il est nécessaire de rappeler les résultats obtenus aux passes de Malamocco et du Lido grâce à l'établissement de môles convergents en mer, par le gouvernement Italien. Ils ont déterminé un approfondissement de 9 m dans l'avant-port formé par les môles. En continuant les dragages intérieurs, Venise pourra donc recevoir les navires de tout tonnage.

RUSSIE

La Russie compte douze ports dont le mouvement commercial dépasse un million de tonnes; onze autres, de moindre importance, ont encore un trafic d'une dizaine de millions de tonnes. Les plus importants sont Bakou et Astrakhan (5 millions chacun), dont la prospérité est due au commerce du pétrole et Odessa (4 à 5 millions), grand entrepôt de blé. Saint-Petersbourg (3,70 millions) ne vient qu'en quatrième ligne.

Les travaux les plus considérables exécutés en Russie ont été nécessités par la construction de canaux maritimes, entrepris à la suite de celui de Saint-Petersbourg, qui a permis l'entrée de la Néva aux navires calant 6^m,50, au lieu des 2^m,40 jusque là limités par la profondeur du fleuve.

La condition de la plupart des cours d'eau russes est presque partout la même. Apports considérables d'alluvions et profondeurs minimales à l'embouchure. L'absence de marée rend impossible toute méthode directe d'amélioration ou d'entretien.

Le système employé consiste à approfondir un des bras de la rivière par le dragage et à creuser un canal qui, partant de l'embouchure, atteint en pleine mer la profondeur voulue. Ce canal, d'ordinaire, n'est pas défendu par des levées latérales ou il ne l'est que lorsqu'il traverse des hauts fonds. Un dragage d'entretien suffit à maintenir le mouillage, relativement à peu de frais.

On n'a renoncé à ce procédé que dans des cas exceptionnels, comme à Vindau, où les particularités du terrain et du littoral trop découvert rendent les dragages périodiques peu fructueux et où l'on est forcé de créer une rade abritée devant l'entrée du fleuve.

Les exemples les plus remarquables de ce genre de travaux sont ceux exécutés à l'embouchure de la Dvina et du Dnièpre. Dans le premier cas, l'accès du port d'Arkangel a été porté à 6^m,40 au lieu de 4^m,30 ; au Dnièpre, sur lequel est établi le port de Kherson, la profondeur a été portée de 3 m à 5^m,30 (M. Vosnessenky). Elle sera augmentée à 8 m pour rendre Kherson indépendant d'Odessa, où les bateaux du Dnièpre sont obligés de transborder les grands navires (M. de Timonoff).

On peut citer encore les embouchures du Don et du Kouban dans la mer d'Azov. Mais ces différentes entreprises paraissent minimales à côté du projet d'amélioration du Volga, dont les bouches sont encombrées d'immenses bancs de sable qui se prolongent à de grandes distances en mer ; c'est le bras du Kamysiak qui a été choisi pour l'approfondissement.

A la Duna, la profondeur de 6^m,75 est maintenue par le dragage ; mais des levées encaissent l'embouchure et ont déterminé l'approfondissement qui n'a plus eu besoin que d'être entretenu.

Ports. — Le port de Libau sur la mer Baltique sera en même temps militaire et commercial. Conquis sur la mer, il est formé par un système de môles et de digues qui lui donneront des proportions colossales. L'Exposition présentait d'intéressants modèles de ces ouvrages de protection formés de blocs arrimés en assises régulières (fig. 31).

Le port de Libau offre l'avantage de rester souvent ouvert quand la plupart de ceux de la Baltique sont encombrés par les glaces. Aussi le

gouvernement russe y construit-il un immense abri destiné à la flotte, à côté de l'établissement commercial. C'est moins un bassin qu'une rade fermée artificiellement par deux môles, longs l'un de 1190 et l'autre de 1735 m.

On espère que les musoirs étant portés en eau profonde, l'ensablement qui se manifeste à l'entrée du port actuel ne pourra plus se produire.

Les autres établissements maritimes nouveaux sont ceux de Nicolaïef, Feodosia, Berdiansk, Novorossiisk, Touapsé, Vindau. Marioupol, sur la mer d'Azov, est le centre d'exportation de la houille du bassin de Donetz et Batoum celui du pétrole. Poti, bien que récemment construit, sera complètement remanié : la surface de son avant-port, défendu par un môle, est trop restreinte pour amortir suffisamment la violence des vagues. Les défenses extérieures seront portées plus au large et un bassin intérieur donnera satisfaction aux besoins du commerce.

A Saint-Petersbourg, dont le canal maritime va être approfondi à

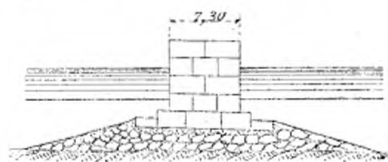


Fig. 31. — Môle du nord. Libau.

8^m,50, le bassin intérieur sera également approfondi et augmenté. Odessa sera doté de nouveaux bassins pour les grains et la houille. Enfin des travaux importants ont également été effectués à Reval, Arensburg, Pernov, Jalta, Taganrog, Anapa, Petrovsk.

Signalons l'emploi qui se généralise des bateaux brise-glaces pour entretenir l'accès des ports rarement encombrés, comme Libau, Nicolaïef, Odessa, le développement de l'outillage des ports et la création de magasins à blé, parmi lesquels le plus important est celui de Novorossiisk, qui peut contenir 50 000 t de grains.

Outre les modèles de Libau, la Russie avait encore exposé ceux des môles de Feodosia, en blocs posés régulièrement, Marioupol, en enrochements maintenus par deux rangs de pilots, avec superstructure de maçonnerie, Touapsé (même système, mais les pilots sont remplacés par des rails), Riga (enrochements entre pilots, avec surface supérieure pavée) et d'intéressants types de fascinages employés dans les travaux d'amélioration de la Vistule.

PORTUGAL

En outre des travaux bien connus de Lisbonne et de Leixões, le Gouvernement portugais a encore effectué des améliorations dans divers ports de moindre importance.

Viana. — A Viana de Costello, l'estuaire de la rivière Lima s'ensable progressivement, d'où diminution du jeu des marées, qui ne sont plus dès lors assez fortes pour maintenir le long des quais la profondeur nécessaire à l'accostage des caboteurs. On a dû construire un bassin à flot dont la superficie de deux hectares pourra être portée à cinq ; l'écluse a 75 m de long sur 15 de large.

Ponta Delgada. — Dans l'île de Saint-Michel (Açores), la baie de Ponta Delgada a été abritée sur une surface de 32 hect. par un grand môle d'un kilomètre et demi de longueur, le long duquel dix navires peuvent mouiller par des fonds de 10 à 14 m. La dépense a été de 35 millions de francs.

Le môle a d'abord été construit en enrochements de toutes grosseurs sur lesquelles était établi un mur d'abri. Les roches de l'île sont des trachytes poreux et friables que la mer remuait facilement et brisait. Les dépenses ne donnaient aucun résultat. On continua alors les enrochements à peu près suivant le profil de l'ancienne digue de Cherbourg, avec une superstructure en maçonnerie protégée à sa base par des blocs artificiels et mur de quai intérieur également. Mais ce môle a beaucoup souffert des tempêtes en 1894 et 1896.

Horta (Açores). — Le travail exécuté est analogue à celui de Ponta Delgada ; les gros enrochements, en pierres de bonne qualité, auraient résisté si l'on ne leur avait donné un talus trop raide (1/1) du côté de la mer.

Funchal (Madère). — C'est aussi un môle qu'on construit à Funchal pour abriter la baie. Le type adopté est celui de Marseille (M. Mendès Guerreiro).

SILOS DE GALATZ ET BRAILA

La Roumanie est l'un des pays les plus favorisés pour la production des céréales dont l'exportation atteint 2 millions de tonnes.

Le tableau suivant indique la comparaison de ce commerce spécial entre plusieurs contrées de production au point de vue de l'exportation :

	Roumanie	Etats-Unis	Russie
Exportation par habitant en kg.	90	74	50
» comparée à la production %	50	5,70	14

Pour faciliter les manutentions, les ports de Braïla et de Galatz ont reçu des magasins munis d'outillages mécaniques. De beaux reliefs faisaient connaître ces ports et leurs installations à l'Exposition.

La grande profondeur du Danube, la mobilité de son lit rendaient très coûteux l'établissement de quais le long du fleuve. Un bassin a été creusé parallèlement au lit et à l'entour se sont groupés les entrepôts.

La construction des quais sur des alluvions récentes de grande profondeur exigeait de larges fondations et une superstructure légère. Le substratum a été formé au moyen d'un grand massif de fascines traversées par un pilotis, composé de pieux de 13 à 18 m de longueur et dont le plus chargé ne supporte au maximum que 17 t.

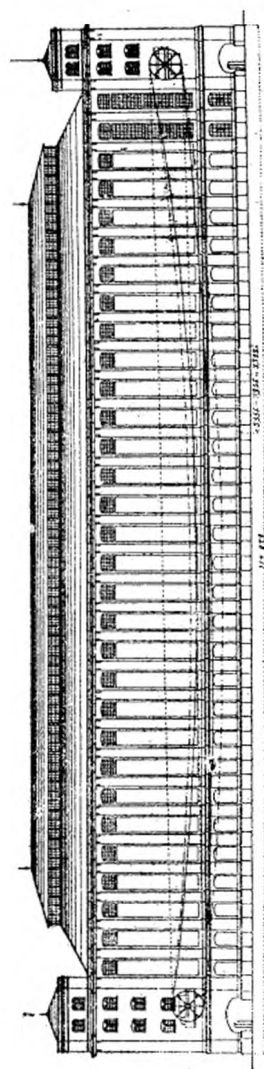
La superstructure en béton de ciment présente une base de 6 m pour 7 m de hauteur ; des vides cylindriques reportent en arrière le centre de gravité.

Le bassin a 500×120 m avec 5^m,50 de profondeur ; celle-ci égale le mouillage du bras de Sulina. L'entrée est guidée par une estacade en bois.

Les magasins se composent de deux blocs de silos, contenant chacun 25 000 t. ; leurs dimensions sont 120×30×18 m. Chaque bloc est partagé par des murs de refend en quatre compartiments dont le plus important, celui du centre, contient les silos, les autres renferment les appareils mécaniques (fig. 32).

Les silos hexagonaux sont au nombre de 336 dont 185 ont une capacité de 100 t, les autres de 50 t. Leur hauteur est de 17 m ; ils sont

en béton armé ; les parois n'ont qu'une épaisseur de 17 cm à la base.
Le transport horizontal des céréales se fait par bandes de coton re-



Coupe des magasins.

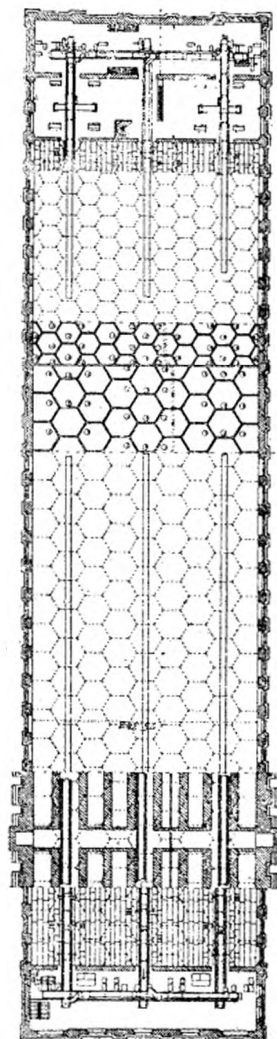


Fig. 32. — Braila. — Plan des silos.

couvert de caoutchouc. Le débit de chacun est de 150 t à l'heure. Les transports verticaux nécessitent neuf élévateurs.

L'économie est de 40 francs sur la manutention d'un wagon de 10 000 t.

HONGRIE

Fiume. — Le gouvernement hongrois a dépensé depuis 1872 plus de 70 millions de francs pour mettre cet établissement maritime à la hauteur des besoins du commerce et son mouvement a décuplé durant cette période, le tonnage des navires atteignant aujourd'hui 3 millions de tonnes. Des dioramas donnaient à l'Exposition des vues très réussies du port, qui mesure 55 hect. de superficie avec 5 800 m de quais.

Une brochure descriptive a été publiée par M. Antoine Hajnal. Nous lui empruntons quelques renseignements intéressants.

Les pierres nécessaires aux travaux ont été extraites de carrières voisines au moyen de mines à la dyorexine. La charge maxima a été de 26¹/₇ et a donné 63.000 t de déblai (environ 1 m³ par kilogramme d'explosif). En moyenne, la charge était de 2¹/₈ pour les grandes mines et 5 kg. pour les petites. Les premières ont donné 2^m³/₇₅ et les secondes 8 m³ par kilogramme d'explosif.

On constata que la fougasse devait être disposée au tiers de la hauteur du rocher. La ligne de moindre résistance, élevée au cube et multipliée par 1,173, donnait en kilogrammes la quantité de dyorexine nécessaire. Au cas où la roche contenait des veines terreuses, cette quantité devait être majorée.

MATERIEL

Le matériel maritime n'a cessé de se perfectionner. Parmi les instruments les plus importants mis aujourd'hui à la disposition de l'ingénieur, figurent les Titans, grues colossales destinées à la pose des blocs. Ceux de Peterhead, de Leixoes, de Ponta Delgada, de Bilbao, sont les plus puissants jusqu'ici construits. Ils permettent de placer des blocs énormes à des distances considérables (35 t à 30 m à Ponta Delgada, 50 t à 25 m à Peterhead et Leixoes). A Bilbao, c'est l'électricité qui communique le mouvement à l'énorme machine.

La supériorité du Titan sur la grue ordinaire ne consiste pas seulement dans sa puissance, mais aussi et surtout dans la variabilité de la distance de dépôt. C'est ce qui fait qu'on l'a adopté même pour des blocs de 15 t seulement à East-London.

GRUE FLOTTANTE DE CONSTANTZA.

En outre d'un Titan pouvant poser des blocs de 40 t à 27 m de distance, Titan qui a été également appliqué aux travaux de Valence, MM. Pillé et Daydé ont construit pour l'édification du quai de Constantza une grue flottante destinée aussi aux blocs de 40 t et qui présente quelques particularités intéressantes.

La grue est pivotante à portée variable. C'est donc elle et non la coque qui effectue les mouvements de rotation nécessaires à la mise en place des blocs ; la grue peut être amarrée à poste fixe, sauf l'avancement à mesure des travaux, avancement réalisé par des treuils spéciaux.

Le bateau, effilé à l'avant, offre à l'arrière une fourche de 6 m de largeur, qui s'emboîte dans l'extrémité du mur de quai en construction. Les blocs amenés par chalands sur le côté sont pris par la grue tournante au moyen de chaînes à déclenchement. Un contrepoids mobile assure la stabilité de l'ensemble,

La portée de la grue est de 13^m,23.

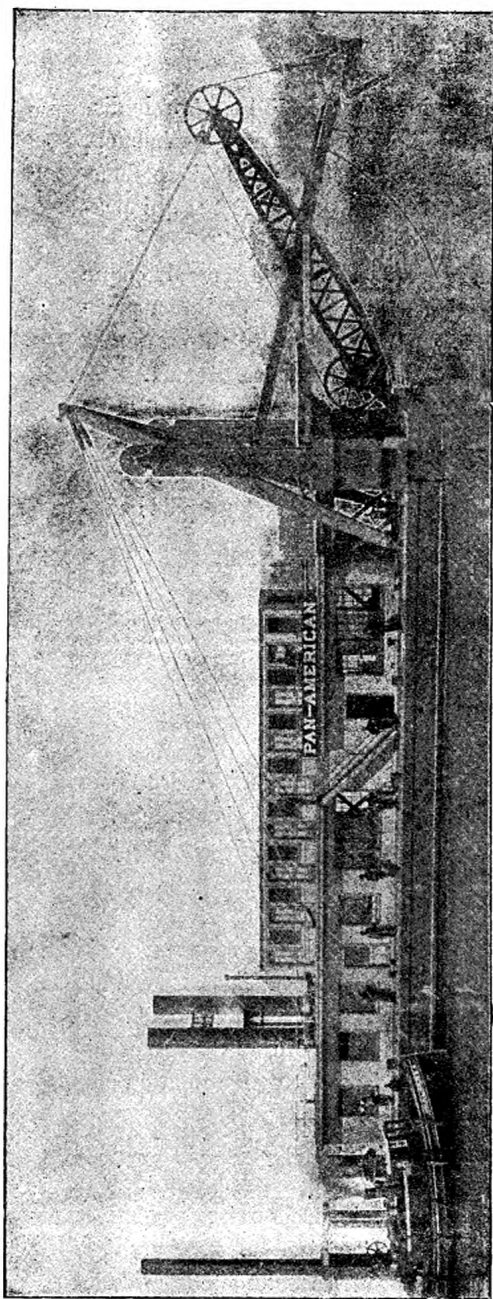
Le poids total est de 263 t.

DRAGAGES EN MER

L'un des résultats les plus remarquables acquis durant les dernières années a été le constant succès des dragages entrepris en mer. A Ijmuiden d'abord, puis en France à Dunkerque, Calais, Boulogne, à l'embouchure de la Loire, les dragues à succion ont opéré dans d'excellentes conditions, à des prix excessivement réduits. Les progrès de la mécanique pouvaient aisément faire prévoir la réussite, mais le phénomène le plus inattendu sans doute et le plus précieux a été la stabilité de l'état nouveau ainsi déterminé.

Sur nos côtes de la Manche et de la Mer du Nord, les sables reviennent bien combler les vides dragués, mais l'entretien peut en être obtenu dans des conditions de dépense acceptables.

A New-York, où l'on croyait à la nécessité de la construction de longs môles pour encaisser un nouveau chenal, le dragage a suffi à creuser la route qui depuis ne se comble plus. A Ostende, trois passes pratiquées dans le Stroombank conservent une fixité remarquable. En Russie, le canal de Kronstadt à Saint-Petersbourg a prouvé avec une telle évidence



La drague Pan American.

la facilité du maintien de pareils travaux, que presque tous les nouveaux projets d'amélioration des passes aux embouchures des fleuves sont basés sur le même principe. Nous en citons plus loin plusieurs cas.

Il ne faudrait d'ailleurs pas généraliser outre mesure. La conservation des cunettes creusées en pleine mer reste subordonnée aux conditions particulières de la localité qui, si elle est le théâtre de mouvements d'alluvions, doit du moins être relativement protégée.

Partout ailleurs, les môles et digues restent indispensables.

Dragues. — L'agent de cette transformation des travaux maritimes, c'est la drague. La force en a été augmentée dans des proportions inouïes, surtout pour les dragues à succion, qui sont presque les seules dont le grand rendement, la facilité de manœuvre et surtout l'absence de chaîne dragueuse permettent le travail en mer malgré des ondes assez prononcées.

Mais les autres types, dragues à échelles, à mâchoires, à godet unique, sont encore les meilleurs pour certains travaux et les premières sont les seules pouvant affronter les sols durs. Une drague à godet unique (*dipper dredge*) de dimensions colossales, le *Pan American*, a été construite pour le dragage des grands lacs de l'Amérique du Nord.

A l'arsenal de Keyham, pour enlever une couche épaisse de boue

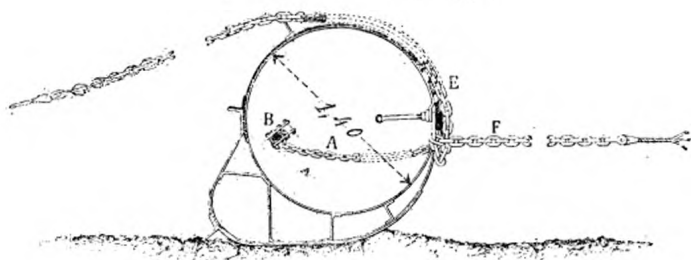


Fig. 33.

liquide sur laquelle on ne pouvait se risquer, on a employé des écopés dont le rendement était très faible, mais qui ont encore donné les meilleurs résultats possibles (fig. 33).

Parmi les dragues à succion, il faut citer comme les plus puissantes celles du type *Reliance* et les *Cataractes* des Etats-Unis, le *Brancker* et le *Crow* de Liverpool et surtout les grands appareils Bates.

DRAGUES BATES

Le Volga est l'un des fleuves les plus difficiles à améliorer, non seulement à cause de l'étendue de son lit, très peu profond et encombré de sables, mais encore parce que la portion extrême est entièrement exposée aux vagues de la Mer Caspienne ; il faut faire aussi intervenir parmi les causes de difficultés les inondations annuelles, la débâcle des glaces.

A mesure des dragages, le courant rapporte dans le chenal creusé une quantité considérable de sable. Pour en donner une idée, il faut considérer que la tranchée faite par la drague mesure 9^m,50 de largeur sur 1^m,30 de profondeur. Un courant de 2 m à la seconde y fait rouler sur

le fond une quantité de sable qui peut s'élever à $3/4$ de mètre cube par seconde, soit près de 3000 m³ à l'heure.

Pour vaincre ces difficultés, les dragues à grand rendement du système Bates sont évidemment très utiles. Les essais de la *Volga* ont donné les résultats suivants :

	Sable	Sable et argile
Largeur moyenne de la succion (m).	9,75	9,75
Nombre de tranchées exécutées	7	1
Longueur des tranchées (m).	1 670,00	305,00
Durée du dragage (heures).	6,89	1,20
Avance moyenne par heure (m)	242,00	245,00
Profondeur moyenne de la couche (m)	0,70 à 1,70	0,80
Vitesse moyenne de la pompe (nombre de tours)	150	155
Déblai total (m ³).	16 000,00	2 300,00
Moyenne par heure (m ³).	2 330,00	1 940,00
Longueur moyenne de transport (m).	213,00	213,00
Diamètre du tuyau de décharge (m).	0,83	0,83

En estimant à 0^m,90 la profondeur de la tranchée de 9^m,75 de largeur, le cube obtenu par heure donne une avance de 263 m dans le sable et 218 m dans le sable et l'argile.

TRANSPORT DE DÉBLAIS.

A Bordeaux, des déblais sont évacués directement, à raison de 4000 m³ par jour et à une distance de 4 km., au moyen de tuyaux aériens passant par dessus les quais.

Les pompes, à trois ailettes, ont un diamètre extérieur de 1^m,03; leur vitesse est de 250 t. à la minute. Elles sont conjuguées.

L'aspiration a lieu dans des chalands où sont amenées les matières. Le tuyau de refoulement, de 40 cm de diamètre, s'élève immédiatement à une hauteur suffisante pour s'abaisser ensuite avec une pente de 1^m,5 par mètre, tout en laissant aux chemins la hauteur libre nécessaire. La vitesse d'écoulement varie de 1^m,75 pour les terres argileuses jusqu'à 4 et 5 m pour le sable dans la proportion de 200 kg. par mètre cube d'eau.

On a constaté que la proportion d'eau peut être plus faible que celle admise jusqu'alors. Pour les vases, elle peut être inférieure à 1 ; pour les argiles, elle est de 3 ; mais une partie au moins de l'eau doit arri-

ver sous pression dans les chalands pour réaliser un brassage facilitant l'aspiration.

Le prix de revient par mètre cube de matières solides est de 24 centimes. Le tassement sur le terrain remblayé est de 20 0/0 ; il faut donc déposer 25 0/0 en sus.

On remblaie ainsi annuellement à Bordeaux de 30 à 40 hect. sur une hauteur de 1 m à 1^m,30. Ces terrains reçoivent rapidement des prairies, et au bout de deux ans des vignobles. Après quatre ans, ils peuvent supporter des constructions.

DOCKS FLOTTANTS POUR TORPILLEURS.

Le type exposé par MM. Daydé et Pillé était celui de « à une place pour torpilleurs de 113 tonnes ».

Il se compose d'un caisson central de 31 m de longueur et de deux caissons latéraux de 25 m de longueur. Le caisson central déborde donc les autres de 6 m ; il est encore prolongé de chaque côté par des consoles en porte-à-faux de 3 m de longueur, ce qui porte à 37 m la longueur pouvant recevoir l'attelage.

Les caractéristiques sont les suivantes :

Largeur extérieure : 8^m,50.

Ouverture intérieure à la partie supérieure : 6^m,50.

» » au pont du radier : 5^m,00.

Épaisseur en haut des caissons latéraux : 1^m,00.

Hauteur du pont du radier, au milieu : 1^m,29

» » des caissons : 4^m,34.

Le tirant d'eau lège est de 56 cm ; il est de 1^m,05 chargé et 4^m,151 coulé. Le poids total est de 138 t⁵.

Le dock comprend dix-sept compartiments étanches, dont quatre pour la manœuvre. Les organes de manœuvre n'offrent rien de spécial.

LES PORTES DE FER AU DANUBE

Parmi les plus beaux modèles exposés se trouvaient ceux des travaux exécutés sur le Danube pour la régularisation des « Portes de fer. »

On appelle ainsi les rapides formés dans le grand fleuve par deux sortes d'obstacles ; les uns sont des bancs rocheux transversaux sur

lesquels s'étale le courant qui acquiert une grande vitesse; les autres sont des pointes qui, se détachant des rives, rétrécissent le lit. Les premiers entravent la navigation durant les basses eaux, les autres pendant les crues.

Le travail exécuté a consisté à resserrer le lit au moyen de levées en enrochements et à creuser un chenal de navigation offrant au plafond une largeur de 60 m et une profondeur de 2 m à l'étiage. Ce mouillage permet le passage des bateaux de 1 000 tonnes.

Les rapides qui ont réclamé l'approfondissement du lit par l'enlèvement des bancs rocheux sont ceux de Stenka, Kozla-Dojke et Izlas-Tachtalia. Le chenal, creusé pour les franchir, est long de 8 800 m et a nécessité le dérochement de 110 000 m³ (M. Hoszpotzky).

Des levées en pierre ont été établies à Grében-Milanovacz, à Jucze, à l'endroit spécialement désigné sous le nom de Portes de fer. Elles ont nécessité un dérochement de 480 000 m³ et la construction des levées a absorbé près d'un million de mètres cubes de pierres.

Les relevés du cube effectué ont été opérés avec la plus grande minutie par des bateaux-sondeurs. Le dérochement a été obtenu grâce à des chalands porteurs de perforatrices Ingersoll ou de dérocheuses Lobnitz. Diverses dragues à godets ou à mâchoires servaient à l'enlèvement des déblais. Enfin un « bateau universel » portait en même temps les appareils de sondage, de dérochement et de dragage.

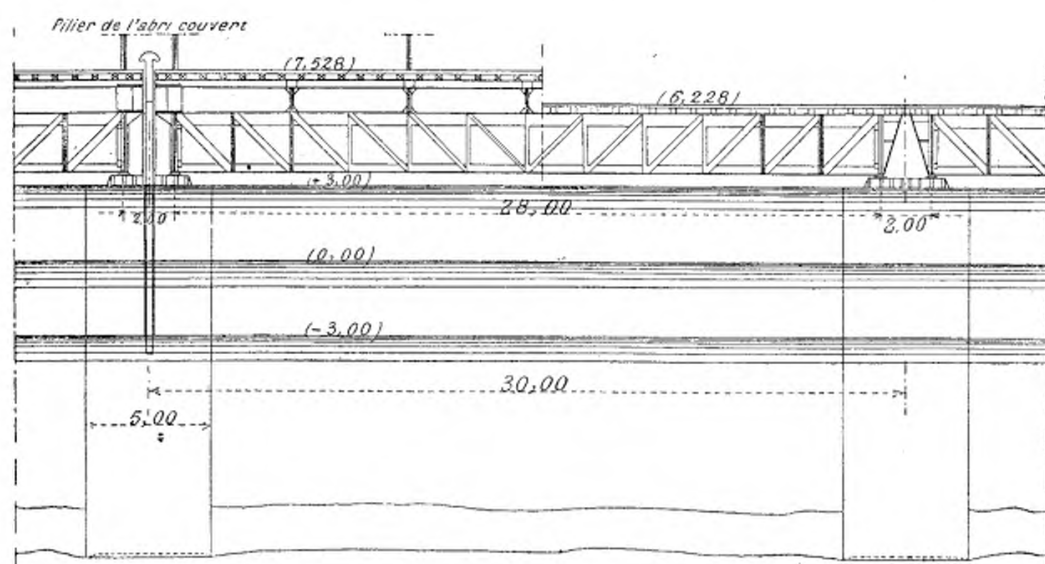
Le bateau-sondeur est une plateforme longue de 20 m et large de 10, montée sur deux pontons. Elle est percée de six fentes longitudinales espacées d'un mètre. Deux rails, qui courent le long des fentes, portent deux chariots munis de barres graduées disposées aux angles d'un carré d'un mètre de côté et pouvant glisser verticalement; elles sont mues par des poulies.

Ces barres donnent avec précision la profondeur du plafond; on la lit au moyen d'un vernier placé à 1^m,60 au-dessus des rails.

Les autres ouvrages n'ont rien présenté de particulier.

Les travaux ont été terminés en 1898 et ont coûté des sommes considérables. Le résultat désiré a été complètement atteint. Les bateaux circulent même à l'étiage et remontent sans difficulté malgré la rapidité du courant. Pendant les hautes eaux, même avec des vitesses de 5 m par seconde, les toueurs installés par le gouvernement hongrois remorquent à la fois deux chalands de 650 t chacun, à raison de 2 kg à l'heure.

Les obstacles qui entravaient la navigation du Bas-Danube n'existent



Appontement de la Boca. — Détail de l'élévation.

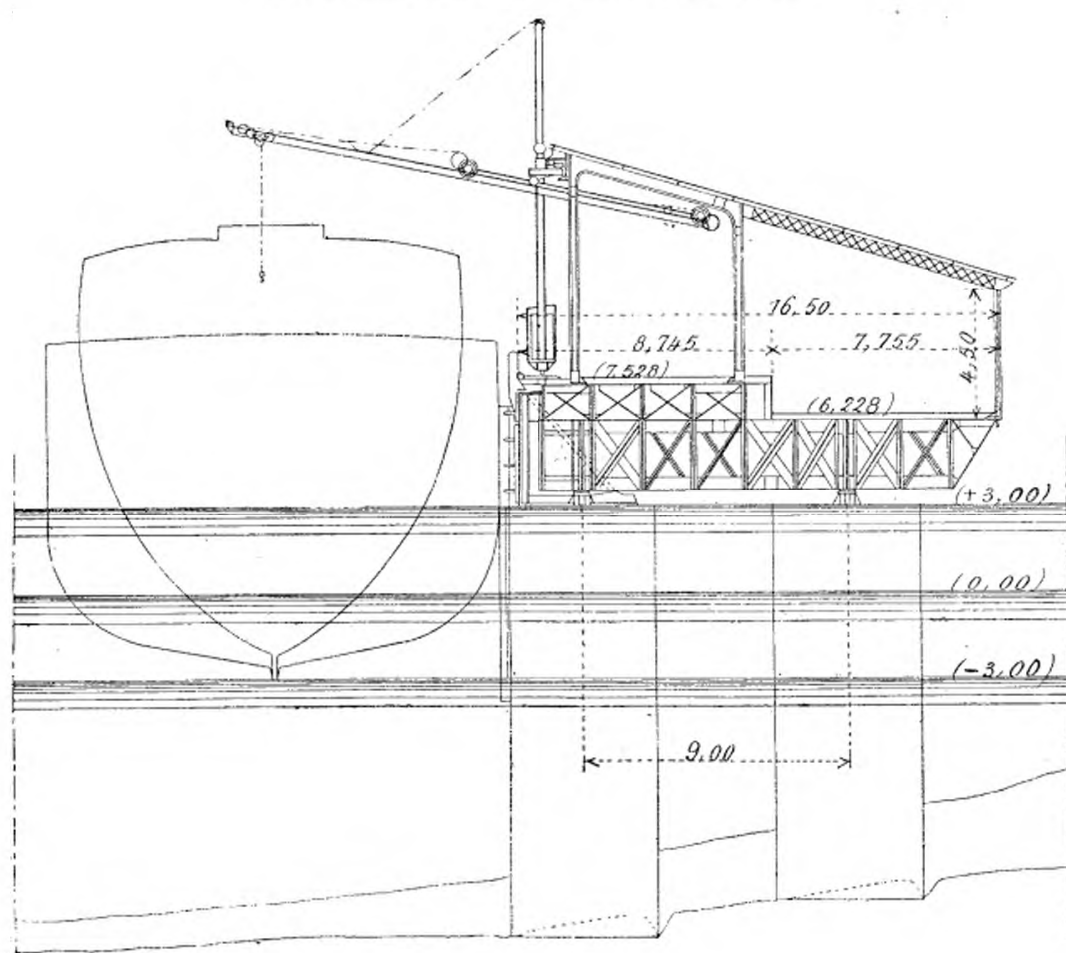


Fig. 34 bis. — Appontement de la Boca. — Coupe transversale.

de 16^m,50, il est formé des travées reposant sur piles fondées à l'air comprimé et est recouvert d'une toiture métallique (fig. 34 et 34 bis).

Cette toiture a exigé l'emploi de grues spéciales pour la manutention des marchandises. Elles sont au nombre de six, mobiles sur une voie ferrée. Chacune porte son moteur et son générateur. Leur flèche peut être à volonté rendue verticale ou inclinée à 60°. La première position est nécessaire en cas de déplacement; la grue peut alors éviter les piliers de l'abri; quand elle est arrivée à sa nouvelle position, on rend à la flèche l'inclinaison. Le mouvement est donné par un petit treuil.

Ces grues sont à double pouvoir de 750 et 1 500 kg. (MM. Pillé et Daydé).

ARANSAS-PASS.

M. Haupt avait exposé des modèles en relief fort bien exécutés de la

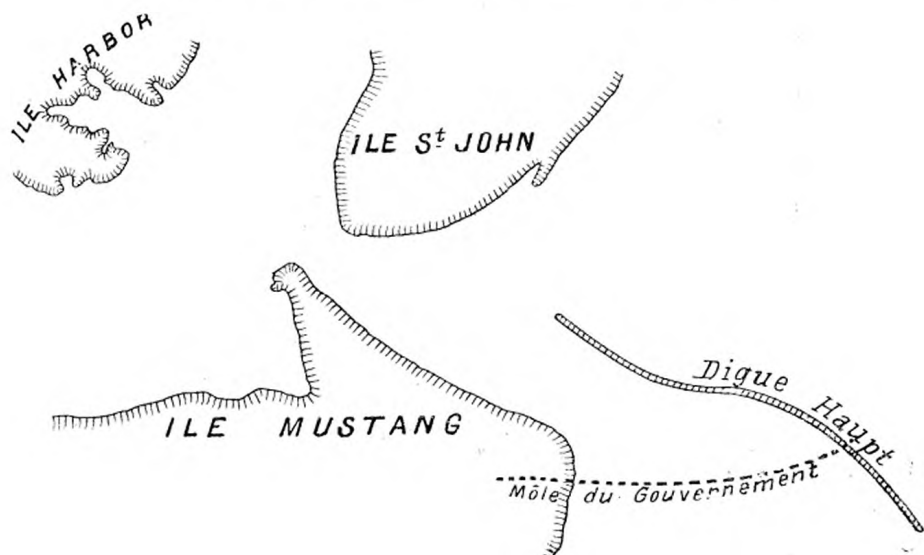


Fig. 35 (a). — Baie d'Aransas.

digue par lui construite pour l'amélioration de la passe d'Aransas-Bay.

On connaît les théories de l'éminent professeur du Génie Civil à l'Université de Philadelphie; le creusement et l'entretien des chenaux

ne sont nullement dus à la vitesse du courant, mais à sa réaction contre

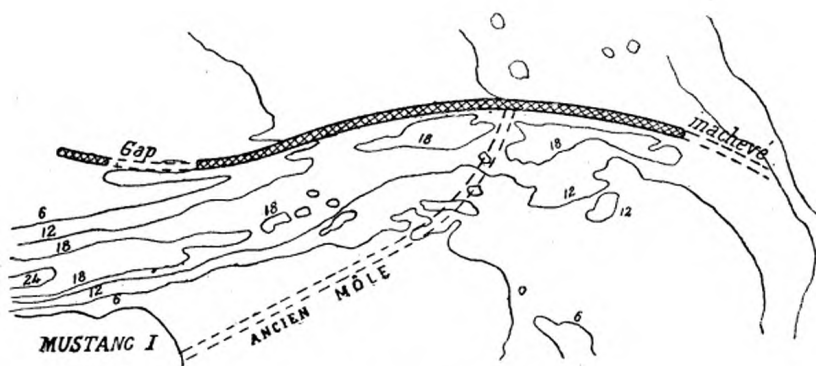


Fig. 33 (b). — Aransas-Pass. — Détail du môle Haupt.

le fond, réaction qu'il est possible de déterminer et de régler au moyen

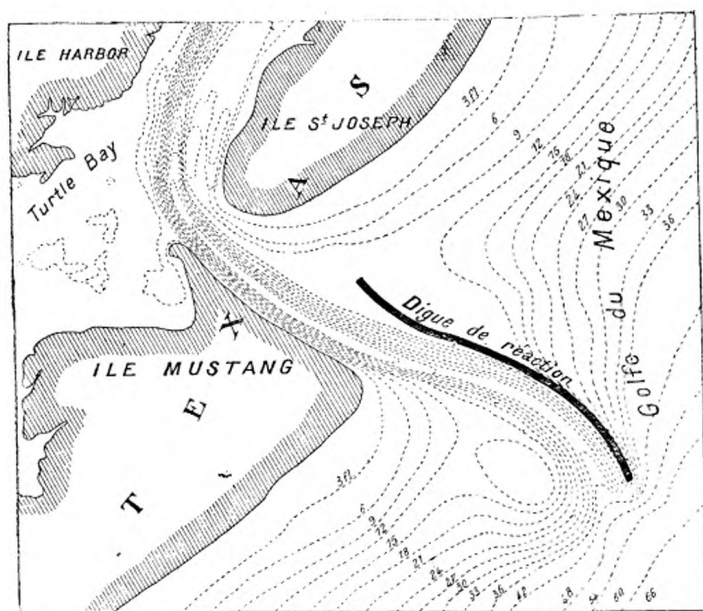


Fig. 33 (c).

d'ouvrages extérieurs, digues en S généralement, qui guident les filets liquides sur les obstacles à enlever (fig. 35).

La passe d'Aransas avait été l'objet de diverses tentatives d'amélioration, dirigées par les ingénieurs officiels; elles avaient abouti à des insuccès complets, quand M. Haupt obtint l'autorisation de construire une digue de son système. Elle n'était pas achevée que, malgré les mauvaises conditions résultant des épaves des ouvrages antérieurs, l'amélioration se dessinait rapidement. En définitive, la passe s'est creusée de 1 m et demi à 5 m et demi. Il y a là une expérience du plus haut intérêt.

Depuis la rédaction de cette note, les résultats obtenus par les travaux de M. Haupt non seulement se sont maintenus, mais encore se sont améliorés. Nous avons reçu de l'auteur des détails complémentaires qui donneraient lieu à une discussion approfondie, dont ce n'est pas ici la place. Nous ne voulons donc que constater l'état actuel et aussi l'état probable définitif, selon un relief que M. Haupt avait exposé et qui est ici reproduit dans la figure 35 (c).

Les courbes de niveau sont dessinées collées contre la partie concave de l'S que forme la digue; il ne semble pas que la portion convexe ait une influence sur leur situation et l'on peut se demander si la suppression de cette partie aurait empêché le succès, que l'auteur attribue uniquement à la forme en S.

Les critiques que nous avons adressées ailleurs (*Ports Modernes*, II, 489) ont été relevées par M. Haupt dans une lettre qu'il nous a adressée; nous laissons à l'expérience le soin de décider.

CANAL DE SUEZ.

La Compagnie de Suez exposait un plan en relief du canal. Il est intéressant de signaler les dernières améliorations apportées à cette voie maritime, dont le succès a dépassé toutes les prévisions.

De 1872 à 1883, le nombre des navires traversant le canal avait passé de 1 082 à 3 307 et leur tonnage de 1 160 000 à 5 776 000 t^s. L'encombrement avait amené d'inévitables retards et la durée du transit s'était élevée de trente-neuf heures à quarante-huit heures quarante minutes. Il fallait aviser.

Une Commission internationale fut chargée en 1884 de décider des mesures à prendre. Deux solutions se présentaient: la construction d'un second canal, destiné au passage dans un sens, tandis que l'ancien serait réservé au sens contraire, ou l'élargissement de ce dernier.

C'est à la seconde que la Commission donna la préférence. La dépense était moindre, tant pour la construction que pour l'entretien; les navires se croisent facilement; enfin leur vitesse peut être accélérée grâce à la grande section du canal (fig. 36).

Pour le moment, la largeur au plafond a été portée de 22 à 37 m et la profondeur de 8 m à 8^m,50.

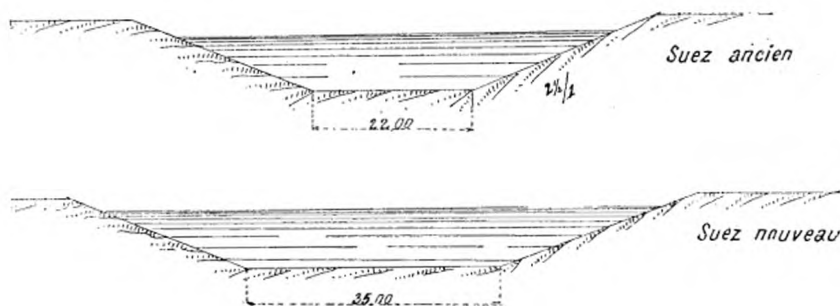


Fig. 36. — Profils du canal de Suez.

Mais quelques navires, de dimensions exceptionnelles, ne peuvent pas croiser même avec la largeur de 37 m. Il a fallu créer neuf nouvelles gares de 13 m de largeur excédante et de 750 m de longueur; elles sont presque toutes situées entre Port-Saïd et le lac Timsah.

L'usage de projecteurs électriques a également permis la navigation de nuit et le rendement du canal en a été doublé. Mais l'augmentation du tonnage de transit obligera encore dans un délai limité à de nouveaux accroissements des dimensions en largeur et en profondeur. En 1898, le nombre des navires passés a été de 3500 avec un tonnage de 9238000 tⁿ. Les droits de navigation se sont élevés à plus de 83 millions de francs.

Plusieurs plans et modèles étaient exposés par M. Hersent :

Port de Dunkerque. — Construction de 1000 m de murs de quai, dans des caissons métalliques de 30 m sur 5^m,20, fondés à la cote — 12 m au moyen de l'air comprimé.

Cloche à dérochement du canal de la Basse-Loire. — C'est une caisse en fer de $5 \times 4 \times 7$ m, fermée à sa partie supérieure ; elle pèse 340 t, immergée.

Quais de Lisbonne. — Ils sont fondés en partie sur le sol résistant, le plus souvent sur un sol artificiel créé au milieu de la vase, en y draguant une cuvette, qu'on remplit d'une couche de sable sur laquelle on exécute un remblai de couches alternées d'enrochements calcaires et de sable qui remplit les vides des pierres. On obtient ainsi un terrain de fondation qui, après tassement, est capable de supporter la pression du mur de quai.

Celui-ci est composé de voûtes de 8 à 10 m de portée reposant sur des piliers de 4 m sur 8 m, la première dimension étant prise dans le sens du mur. Ces piliers sont fondés dans des caissons à l'air comprimé, surmontés d'un batardeau mobile où se construit la maçonnerie jusqu'à la cote — 2 m au-dessous des plus basses mers ; cette caisse mobile est alors enlevée par déboulonnage comme d'habitude.

La voûte, en arc de cercle surbaissé au sixième, se pose comme un linteau ; on la construit dans une caisse en fer ayant la longueur et la largeur du mur et $1^m,35$ de hauteur, et surmontée d'un batardeau mobile constituant un compartiment ouvert, dans lequel on élève la hauteur du linteau à $2^m,50$; l'ensemble, qui est flottant, est amené à sa place ; on enlève alors la partie mobile, et le linteau avec sa caisse de fer reste posé, émergeant de 50 cm environ à très basse mer.

On remplit de béton sous l'eau l'espace entre deux linteaux, avec les précautions d'usage, et l'on achève le mur à la marée.

Sous les voûtes on verse un enrochement qui, comme à Bordeaux, sert à reporter en arrière du mur la poussée du remblai d'arrière, exécuté en sable.

La pression sur le sol artificiel ne dépasse pas $4^k,25$ par centimètre carré.

Bassins de radoub. — Les installations de Lisbonne comprennent deux bassins de radoub de 180×25 et 100×15 m. Ils ont été construits au moyen d'un batardeau constitué par les murs de quai avoisinants et les têtes des bassins munis de leurs bateaux-portes. Cet abri était complété par un remblai en argile derrière le mur de quai et un cavalier rejoignant l'extrémité des murs à la rive.

L'épuisement a été fait par une installation flottante, qui descendait avec la surface de l'eau dans l'enceinte.

Quais de Bordeaux. — Ces travaux comprenaient la construction de murs composés :

- 1° De piliers et culées fondés au moyen de l'air comprimé ;
- 2° De voûtes pour le quai courant ou linteaux pour la cale du *Médoc* ;
- 3° De blocs artificiels reposant sur des enrochements échoués dans une fouille préalablement draguée à 9 m, puis de remblais parachevant les travaux.

Piliers. — Espacés de 12 m, ils étaient lestés et enfoncés au moyen de trois échafaudages flottants portant chacun leur batardeau (fig. 37).

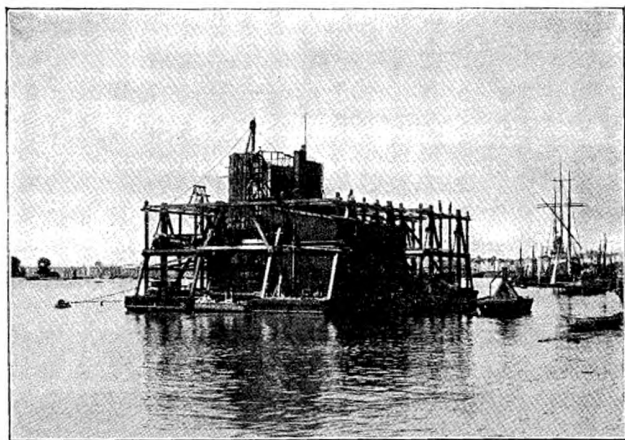


Fig. 37. — Port de Bordeaux. — Échafaudage flottant.

L'échataudage, composé de deux pontons surmontés d'une charpente de 10 m de hauteur, permettait de manœuvrer le batardeau mobile. A la partie supérieure de cet échafaudage quatre palans soutenaient le batardeau pendant le lestage et le soulevaient après le déboulonnage du joint qui le réunissait au caisson (fig. 38).

A cet effet quatre treuils à noix étaient actionnés par la machine de l'échafaudage installé pour l'extraction des déblais de fonçage et de la fabrication du mortier.

Le batardeau, de 55 tonnes, était un grand coffrage en tôle, dont les dimensions intérieures étaient légèrement supérieures aux dimensions extérieures du pilier qu'il devait renfermer.

L'étanchéité du joint entre le batardeau et le caisson s'obtenait par un caoutchouc.

Des poutres extérieures verticales et horizontales consolidaient la

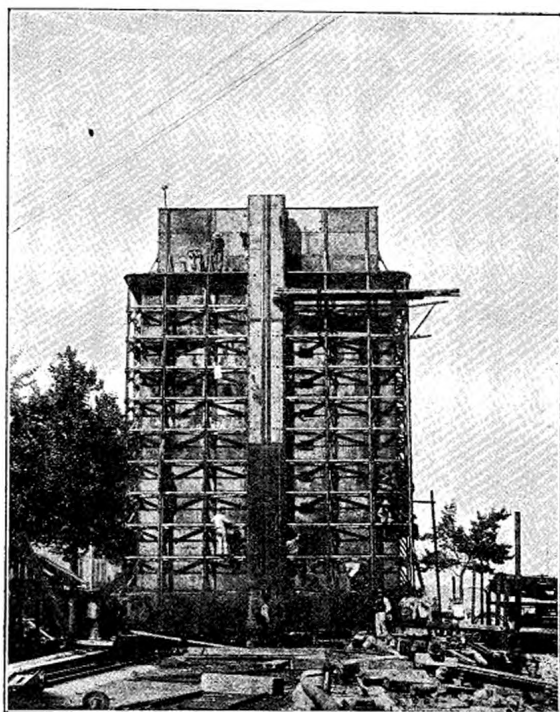


Fig. 38. — Port de Bordeaux. — Batardeau.

paroi métallique intérieure, dont la résistance était surtout assurée par un étayage mobile interne.

Culées. — Les quatre culées furent exécutées au moyen de caissons surmontés de batardeaux spéciaux. Les contrefiches de la chambre de travail des caissons étaient entourées de tôle, de façon à pouvoir être maçonnées à l'air libre de l'intérieur des caissons au-dessus du plafond, et cela afin de donner plus de résistance aux contrefiches, qui supportaient, avant et après le fonçage, le poids des maçonneries construites au-dessus du plafond avec sujétion de marée (fig. 39).

Dès que le caisson, de $9^m40 \times 9^m30$, fut mis à flot, on le surmonta

d'un batardeau composé de quatre panneaux munis de tiges permettant le boulonnage à l'air libre de ces derniers sur le caisson.

Après le remplissage des contrefiches de la chambre de travail on bétonna le plafond et les maçonneries de moellons furent exécutées à l'abri du batardeau mobile jusqu'à ce que le caisson fût échoué sur le sol préalablement préparé par la drague et que les maçonneries eussent atteint la cote $+ 1$ m.

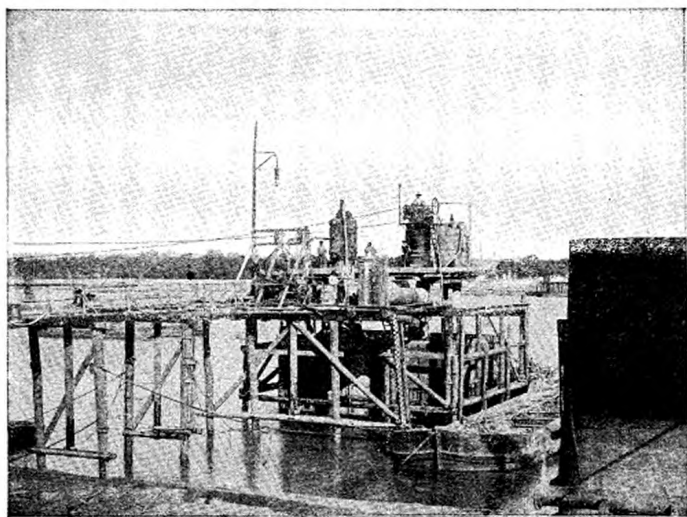


Fig. 39. — Port de Bordeaux. — Installations du fonçage.

On procéda alors au déboulonnage du batardeau et au montage des écluses pour commencer le fonçage, en même temps que l'on continuait la maçonnerie à sujétion de marée.

Voûtes. Elles ont 2 m de flèche et ont été exécutées sur des cintres flottants pouvant, par un système de vidange et de remplissage, reposer sur des poutrelles métalliques, ou flotter. Le décintrage était obtenu par l'enlèvement des coins entre le cintre et les poutrelles (fig. 40).

Linteaux. — Les voûtes de la cale du *Médoc* étaient complètement noyées par l'eau et pour les exécuter on eut recours à l'emploi de linteaux (fig. 41) analogues à ceux qui servirent à Lisbonne. Le linteau est une caisse métallique dans laquelle on construisit la voûte,

sur un cintre plein de béton de chaux du Teil. Dimensions des linteaux : $15^m,80 \times 6^m,20 \times 1^m,50$ de hauteur.

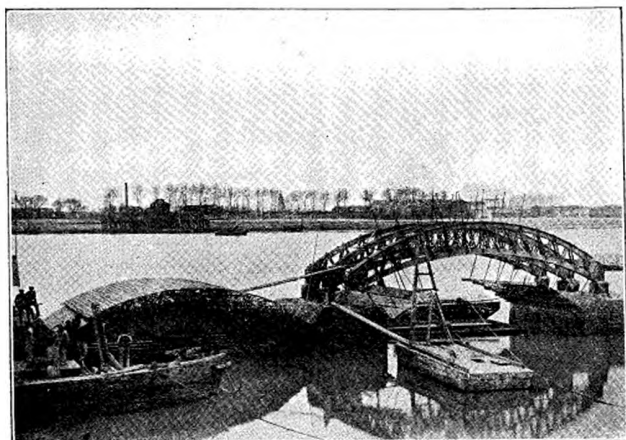


Fig. 40. — Port de Bordeaux. — Cintres des voûtes.

Chacun d'eux était surmonté de hausses mobiles qui constituaient le

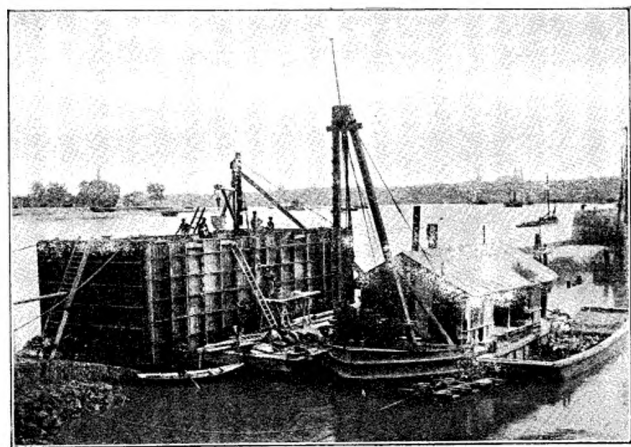


Fig. 41. — Port de Bordeaux. — Linteau.

batardeau et permettaient d'exécuter les maçonneries à sec jusqu'à

la cote $+ 1^m,50$. On amenait ensuite à son emplacement définitif la voûte renfermée dans l'ensemble. La voûte placée, le batardeau était déboulonné : seul le linteau restait dans le mur.

Les linteaux étaient réunis par du béton coulé en sac ou par un tube entre deux panneaux mobiles.

Enrochements et blocs. — Un cordon d'enrochements destinés à maintenir les terres, arasé sur $3^m,50$ de largeur, à la cote $+ 0^m,50$

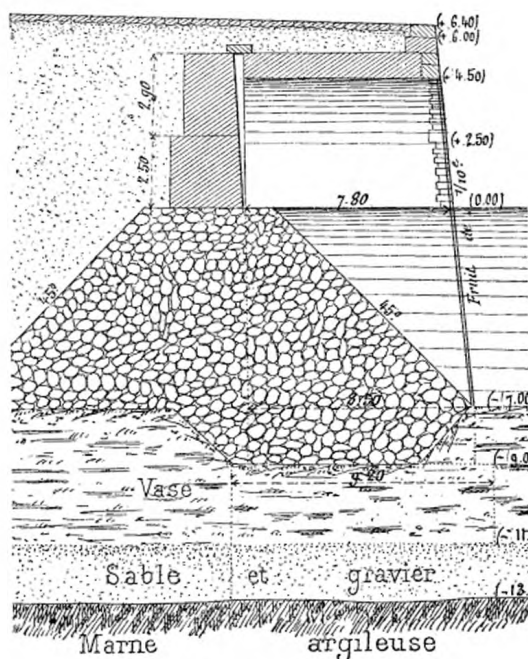


Fig. 42. — Quai de Bordeaux. — Profil exécuté.

ou $+ 0^m,75$ suivant la marée, servait de base à deux rangées superposées de blocs artificiels. Ces blocs étaient séparés par un vide de $0^m,15$ à $0^m,35$, en prévision du tassement.

Le profil (fig. 42) est celui qui a été exécuté.

Bassin de radoub de Missiessy. — On a récemment terminé à Toulon un troisième bassin de radoub ayant comme dimensions :

Longueur	173 m.
Largueur { à la base	23 m.
{ au couronnement	28 ^m ,84
Hauteur d'eau sur le seuil.	9 ^m ,35

Ce bassin étant le dernier construit en France, il est intéressant de

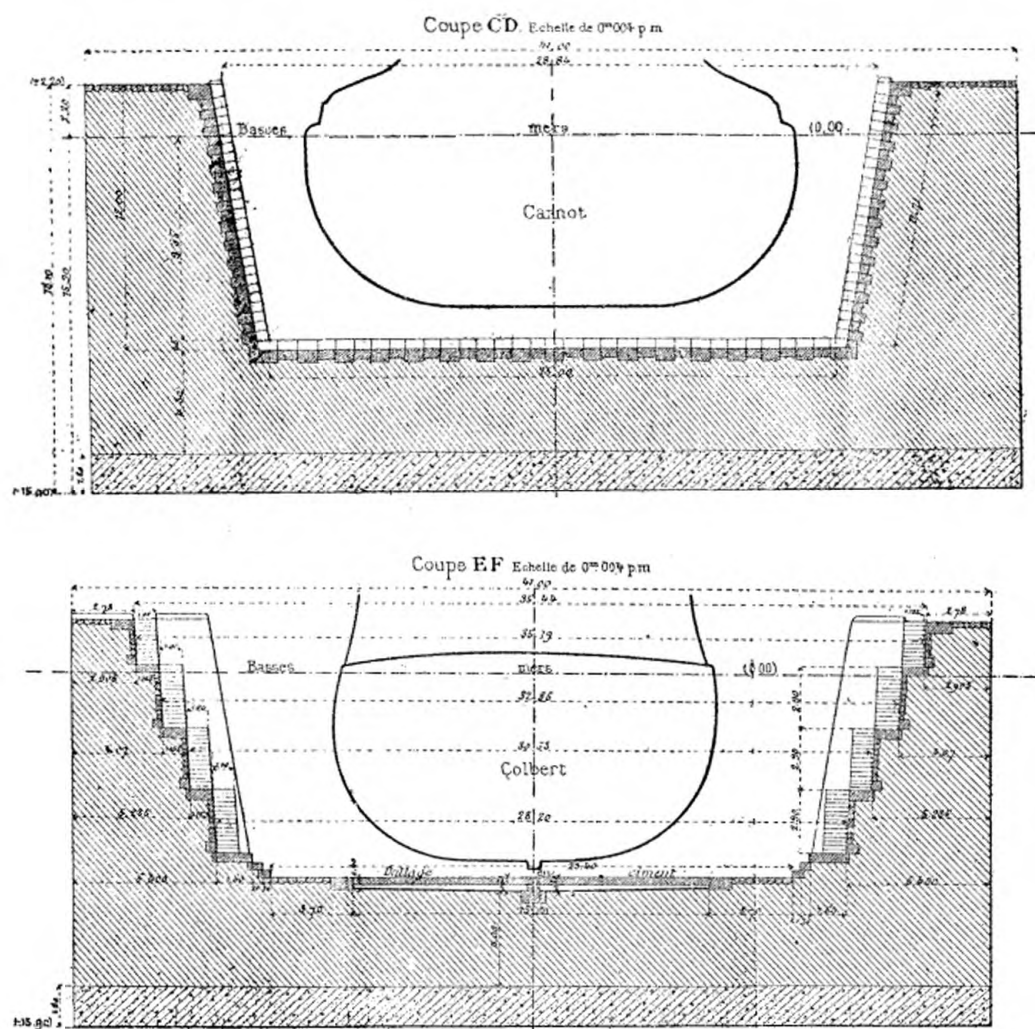


Fig. 43. — Forme n° 3 de Missiessy.

voir qu'on y a donné la préférence au système du caisson unique. Il est juste d'ajouter que la longueur avait été prévue à 150 m au lieu de 173

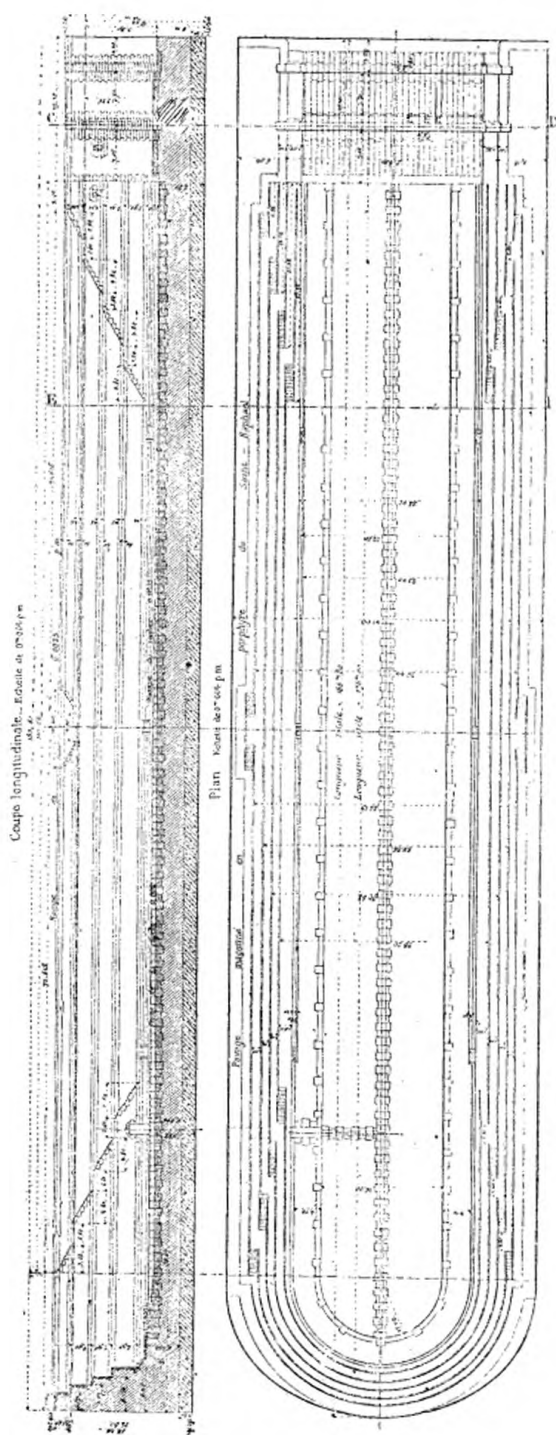


Fig. 43. — Forme n° 3 de Mississipy.

et que les 25 m complémentaires, ajoutés après coup, ont été construits dans un second petit caisson. (fig. 43).

L'emplacement de la forme a été dragué à la cote — 15 m, puis l'on y a amené le caisson, monté dans un petit bassin creusé spécialement à la cote — 2^m,20 à l'ouest de l'ouvrage. La longueur est partagée par des poutres transversales en vingt chambres complètement indépendantes, munies chacune de trois cheminées à sas, une centrale pour les ouvriers et deux latérales pour les matériaux.

Au milieu sur une longueur de 13^m,67, la hauteur de ces poutres est de 4^m,43; elle augmente de chaque côté et atteint 6^m,70 à l'extrémité.

Les poutres transversales sont reliées

par quatre poutres longitudinales placées au-dessus du plafond de la chambre de travail et dont les hauteurs sont telles ($2^m,56$ et $4^m,90$) que leurs semelles supérieures affleurent celles des transversales. Deux d'entre elles sont à $1^m,03$ de la tôle de rive du caisson, les autres en sont distantes de $12^m,62$.

Les poutrelles du plafond de la chambre de travail sont posées longitudinalement entre ces cours de poutres ; elles ont 95 cm de hauteur et sont espacées de $1^m,03$.

Les tôles de ceinture ou hausses ont, avant le lancement, été posées jusqu'à la hauteur de 7 m au-dessus des couteaux. L'épaisseur des tôles employées était : 7 mm pour la séparation des chambres de travail ; 5 mm au plafond ; de 6 à 4 mm de la base au sommet pour les hausses. Les angles des caissons du côté de l'écluse d'entrée sont étré-sillonnés avec soin pour résister aux pressions extérieures.

Une fois le caisson en place, on le leste pour le faire immerger. A mesure de l'enfoncement on monte les hausses latérales, de façon que le bord supérieur dépasse toujours d'un mètre au moins la surface de l'eau. Ces hausses s'appuient sur des consoles rivées à l'extrémité des poutres transversales et sont soutenues dans les intervalles par un crois-sillonnement en fer de 6 mm d'épaisseur. Il a fallu dix rangées de tôles de hausses.

La hauteur de la chambre de travail est de $1^m,90$. Le poids total est de 1924000 kg. pour 6500 m², soit environ 300 kg. par mètre carré. Les caissons des anciens bassins de Missiessy pesaient 2200000 kg. pour 5900 m², soit 370 kg. par mètre. L'économie de poids résultant de l'expérience est donc de près de 20 0/0.

Pendant le montage des hausses, un batardeau était édifié pour isoler de la mer la portion où devait se construire l'écluse d'entrée, puisque ce côté ne peut être fermé par une maçonnerie. Ce batardeau, espèce de bateau-porte en tôle étrésillonnée, est boulonné au caisson, avec intermédiaire d'un joint composé d'une fourrure de peuplier munie sur chaque face de deux torons goudronnés et suifés, recouverts d'un enduit composé de 1 litre de coaltar, $1/2$ kg. de ciment rapide et 100 gr. de suif. Pour diminuer la pression sur les rivures, on remplit le batardeau à moitié d'eau qu'on vide en fin de travail, afin de permettre aux ouvriers de le déboulonner.

Le point délicat de ces travaux, c'est l'exécution des maçonneries, qui doit être conduite de façon à assurer un enfoncement régulier. Voici dans quel ordre elle était effectuée :

1° Un enduit général au mortier de ciment du Teil. à 500 kg. par mètre cube, de 2 cm d'épaisseur.

2° Une couche de 95 cm d'épaisseur de béton (2 de mortier à 600 gr. et 3 de pierrailles). On noie ainsi dans ce massif les poutrelles du plafond et l'on assure la rigidité du caisson ; ce travail est fait par petites portions et est dirigé suivant les mouvements que laisse apercevoir l'ensemble.

3° On exécute enfin les maçonneries, toujours en en proportionnant



Fig. 44. — Troisième bassin de Missiessy. — Jonction des deux caissons.

l'avancement aux dénivellations accusées par le caisson. Le long des parois on soutient les tôles de hausse par un mur évidé afin de modérer la charge sur les bords ; il est exécuté au moyen de contreforts entre lesquels les maçonneries sont arrondies en voûtes. Le milieu du caisson est également surchargé ; quand le radier a atteint son épaisseur, on le recouvre d'un lest de moellons pour maintenir l'égalité d'enfoncement. Cette épaisseur a été de 4 m au-dessus du plafond, sans compter un dallage au ciment. Elle est considérable, mais a été portée à ce chiffre à raison des considérations précédentes ; dans ce but aussi on a disposé latéralement les rigoles d'épuisement.

Au moment d'atteindre sa cote définitive ($-15^m,90$), le caisson a eu beaucoup de peine à descendre, ayant rencontré une couche d'argile molle. Cette argile, se comprimant sous les couteaux, empêchait l'eau de s'échapper et il a fallu faire percer par des plongeurs des trous dans

la tôle latérale. Un pareil inconvénient pourrait être évité en laissant d'avance au haut des parois un petit trou par où l'eau s'échapperait.

Le caisson arrivé à sa place, on envoie l'air comprimé dans trois chambres afin de ne pas développer une sous-pression trop considérable, on nettoie le sol et l'on bétonne.

Accroissement de la longueur. — En cours d'exécution on a dû allonger la forme de 25 m; le travail a été exécuté dans un second caisson plus court, mais de construction identique au premier. Entre les deux est resté un espace de 1^m,25 dans lequel a été exécuté le joint entre les deux parties terminées.

Dans ce but l'espace a été fermé de chaque côté par un panneau s'appuyant contre les tôles de hausse par l'intermédiaire de bourrelets en toile remplis de mousse. Le fond ayant été nettoyé, le béton y a été coulé par des bennes à clapet, en couches de 50 cm régaliées et appuyées avec soin contre les tôles au scaphandre. L'épaisseur du béton était de 3^m,50 au milieu et a atteint 6^m,80 sur les bords, par plusieurs redans.

L'espace du joint fut alors épuisé, tandis que les panneaux étaient serrés contre les bourrelets par des palans; quand le niveau de l'eau a été assez abaissé, la pression extérieure a suffi pour maintenir le serrage et par suite l'étanchéité.

L'eau provenant des fuites était enlevée au moyen de pulsomètres à air comprimé; puis on a élevé la maçonnerie des bajoyers sur une épaisseur de 1^m,50. Un fort coulis de ciment du Teil injecté sous pression a aveuglé les fuites le long du panneau; enfin les tôles des abouts ont été coupées, les maçonneries élevées derrière enlevées et celles du fond ont été achevées à sec.

Port de Philippeville (1861-1894). — On a dû adopter définitivement

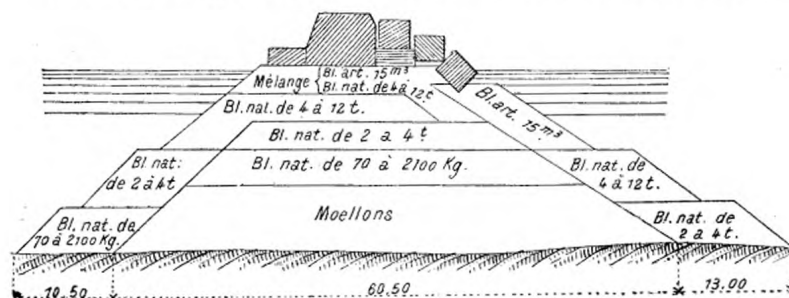


Fig. 45. — Môle de Philippeville.

vement, après plusieurs désastres, le profil de la fig. 45. Les blocs de protection sont disposés parallèlement au môle, exposant ainsi leur surface maxima à la vague ; aussi avaient-ils été non seulement remués,

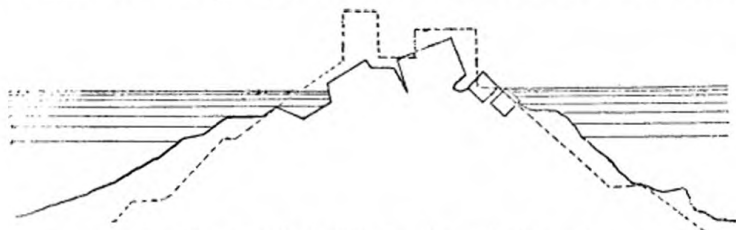


Fig. 46. — Môle de Philippeville après la tempête.

mais même projetés jusque sur le talus intérieur. Il y eut d'abord une seule de ces rangées, puis trois ; deux eussent suffi, bien placées. Nous donnons aussi fig. 46 le profil du môle après la tempête du 27 janvier 1878.

Arsenal de Sidi-Abdallah. — Cet arsenal militaire a été établi

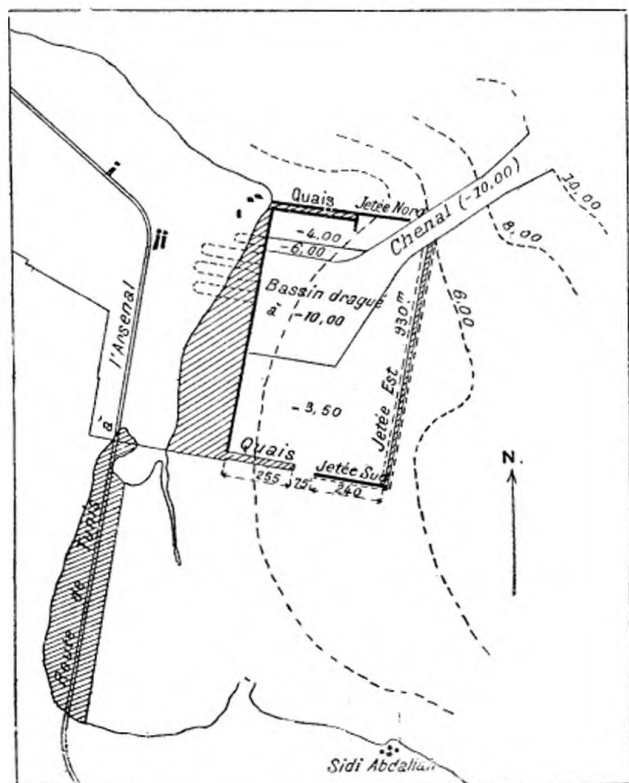


Fig. 47. — Arsenal de Sidi-Abdallah.

au fond du lac de Bizerte. Il a nécessité la construction d'une darse

rectangulaire, limitée par deux môles et une digue, établis en enrochements dont le poids varie de 5 kg. à 2 t (fig. 47).

Nouveau quai d'Anvers. — Le nouveau quai d'Anvers, en ce moment en construction, est édifié suivant les mêmes principes, mais avec d'intéressantes modifications (fig. 48).

Le mur est fabriqué par tronçons de 30 m. Le caisson a donc cette longueur sur 9^m,50 de largeur et 3^m,50 de hauteur, avec chambre de travail haute de 1^m,70. Il est surmonté de hausses métalliques de 2^m,43 de hauteur. C'est sur ces panneaux que se boulonne le batardeau mobile qui, comme l'ancien, possède pour cet usage une chambre où l'on accède par quatre cheminées.

Supérieurement, le batardeau se termine par un plafond horizontal,

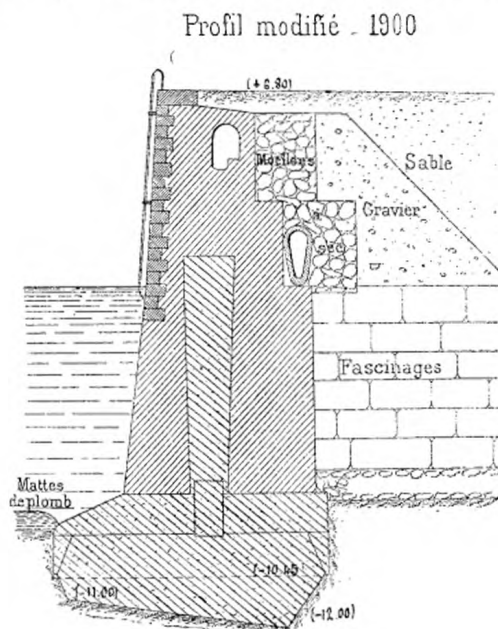


Fig. 48. — Quai d'Anvers.

portant cinq tronçons de cheminées correspondant aux deux bétonnières et aux puits d'accès à la chambre de travail.

Avec cette nouvelle disposition, le batardeau est allégé et la variation de charge due à la marée pendant le fonçage est diminuée.

Port de Dakar. — Le port de Dakar se composait d'une nappe d'eau plus ou moins abritée par un court môle en enrochements. Il a

été prolongé de 150 m. Un nouveau môle, de 2087 m de longueur, oblique au précédent, a enclos une darse dont l'entrée est large de 150 m (fig. 49).

Le nouveau môle est à claire-voie sur une longueur de 1000 m; il

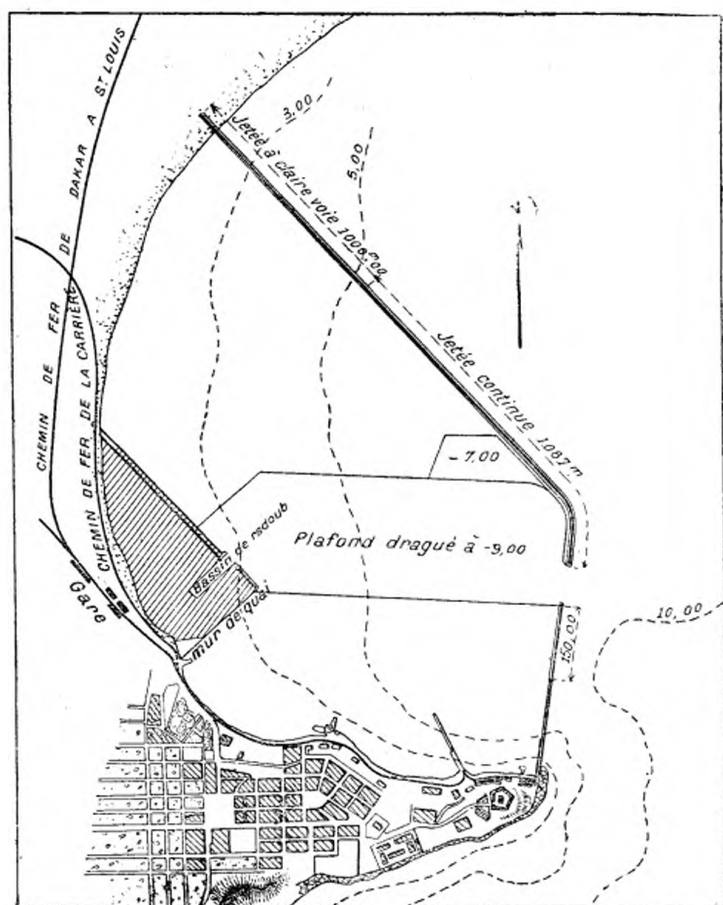


Fig. 49. — Port de Dakar.

est constitué par des piles espacées de 9 m. Dans les fonds inférieurs à 3 m, les piles sont formées chacune par un bloc en maçonnerie d'un volume de 12 m^3 , reposant sur un soubassement en enrochements arasés à la cote $-1^{\text{m}},25$.

Dans les fonds supérieurs à 3 m, les enrochements sont arasés à cette cote -3 m et chaque pile est constituée par trois blocs de 12 m^3 , dont deux formant assise inférieure, sont couronnés par le troisième.

Le reste de la longueur du môle, plein, est constitué par un soubassement arasé à la cote -3 m et surmonté de trois assises de blocs de maçonnerie, de 16 m^3 , formant une hauteur totale de 6 m.

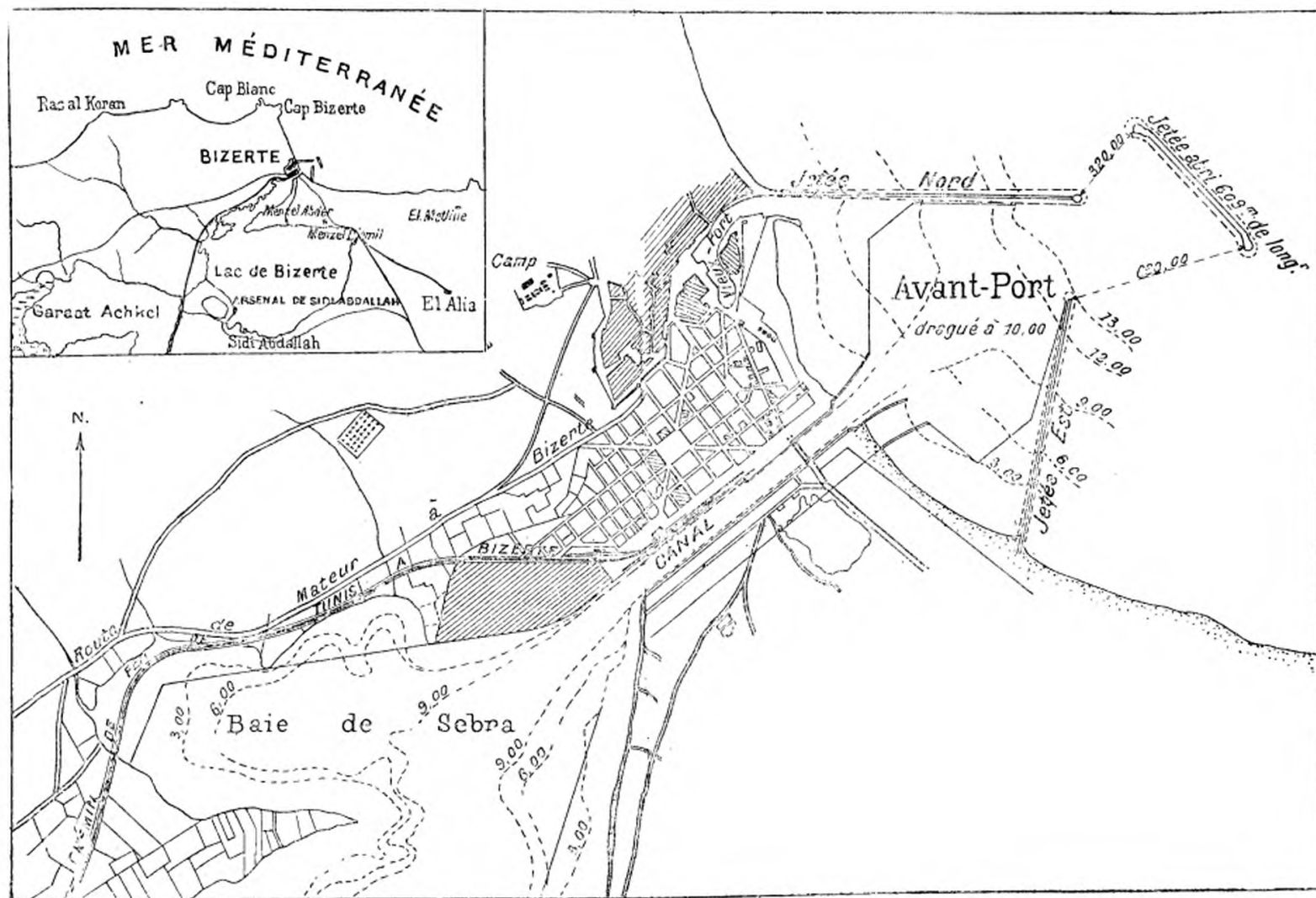


Fig. 50. — Port de Bizerte

Dans la darse une surface de 1000×300 m est draguée à la cote — 9 m ; une autre de 200×100 m, à la cote — 7 m.

Une forme de radoub est en construction avec les dimensions suivantes : Longueur utile : 183 m ; largeur, au niveau du seuil, 23 m ; au niveau du couronnement, 28 m ; cote du seuil de l'écluse — 8^m,50.

Les blocs artificiels, conduits par wagons à une estacade, y sont repris et portés en mer par une mâture flottante de 50 t.

Port de Bizerte. — L'entrée du lac de Bizerte a été facilitée par la construction d'un avant-port de 86 hect. dragué à la cote — 10 m, limitée par deux môles de 1220 et 950 m de longueur, laissant entre eux une passe de 350 m de largeur. Celle-ci est encore abritée par une digue de 610 m de longueur (fig. 50).

Ces ouvrages, en construction, sont formés d'une substructure en enrochements, arasée à la cote — 7^m,50, surmontée d'une superstructure qui sera composée de blocs de 3000 t, analogues à ceux employés au port de Zeebrugge. Les blocs sont exécutés dans des caissons à ossature métallique, munis de hausses mobiles, ayant 30 m de longueur et d'un volume de 2160 m³. L'enveloppe extérieure est en maçonnerie de moellons, ainsi que les cloisonnements transversaux. L'intérieur est rempli de béton.

Ils sont construits dans l'avant-port et flottés jusqu'à leur point d'immersion.

Les joints, larges de 40 cm entre les blocs, sont remplis de béton à l'abri de panneaux.

En outre du vieux port de 2 hect., accessible aux embarcations de 2 m de tirant d'eau, l'avant-port donne encore accès au canal qui rejoint le lac intérieur. Ce chenal, de 2400 m, creusé à la cote — 9 m, est large de 64 m au plafond, 100 m à la ligne d'eau et de 120 m sur 650 m de sa longueur. Un quai de 200 m de long, accostable par les bâtiments calant 7 m, est établi dans la partie élargie du chenal sur la rive nord. Sur la rive opposée, deux appontements en bois de 15 m de longueur reposant sur des flotteurs permettent l'accostage de deux navires devant les parcs à charbon.

La vitesse des courants est parfois excessive dans le chenal ; sa largeur sera portée à 200 m au plafond et l'avant-port sera dragué à — 10 m sur 35 hect. Ces travaux entraîneront la suppression du pont-transbordeur récemment établi (M. Quinette de Rochemont).

PHARES

Matériaux. — Les constructeurs cherchaient autrefois la solidité des tours de phares non seulement dans l'épaisseur des murs, mais encore dans le volume des pierres de taille qui les formaient et dans leur mode d'assemblage.

A Eddystone, par exemple (fig. 51), les pierres portent dans les plans tant verticaux qu'horizontaux des queues d'aronde assurant une liaison complète. Ce dispositif a été adopté dès les fondations.

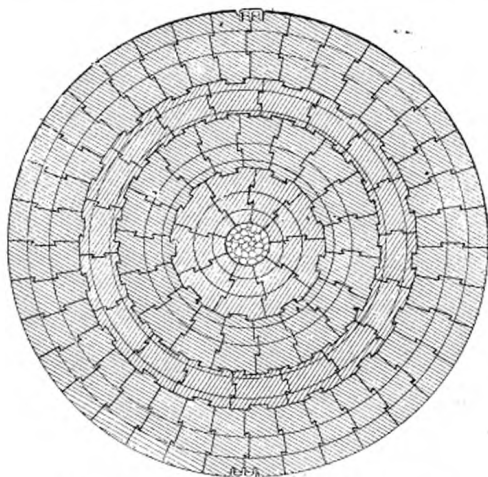


Fig. 51 — Liaison des pierres à Eddystone.

Aux Héaux de Bréhat, les assises sont de même reliées par des queues d'aronde et des dés en granite.

Ces procédés sont coûteux, malgré toute l'économie réalisée justement dans l'œuvre qui vient d'être citée.

La pierre de taille avec toutes ses sujétions est-elle indispensable ? Depuis quelques années l'opinion contraire s'est produite ; au phare des Grands Cardinaux, on a exécuté la maçonnerie en moellons ordinaires et mortier de ciment de Portland, la pierre de taille, de petit appareil d'ailleurs, étant réservée aux parties où elle est indispensable. Ainsi a été transporté dans la construction des phares le procédé usité

avec succès pour les tours balises. Après l'achèvement, les surfaces extérieures et intérieures ont été enduites de mortier au ciment de Portland.

On a pensé que la maçonnerie, pour résister aux chocs, devait être la plus compacte et homogène possible; de là à passer au béton, il n'y avait qu'un pas, qui a été franchi à terre et le sera sans doute également dans les ouvrages exposés aux vagues.

L'avenir dira si la durée des nouvelles constructions sera aussi grande que celle des tours élevées avec la pierre de taille choisie des anciennes tours.

Le phare de la Corbière (Jersey), d'ailleurs à 30 m au-dessus du niveau de la mer, est en béton.

Phare de Raz-Tina. — Ce phare établi devant Sfax en Tunisie est porté par une tour de 44 m, construite entièrement en béton à cause de la rareté de moellons convenables. Comme cette raison, ainsi que le manque de bons maçons, peut décider l'emploi du même système de construction, nous le décrirons avec quelques détails.

A cause des dimensions de l'appareil, le diamètre intérieur fut fixé à 1^m,80; on adopta par prudence une épaisseur minimum de 70 cm, et le profil fut exécuté de façon à maintenir à toute hauteur dans la maçonnerie une pression de 3 kg. par centimètre carré (en comptant le poids de l'appareil, la densité du béton étant estimée 2 100 kg.). Le diamètre augmenta donc, de la plateforme aux fondations, de 3^m,20 à 8^m,50. L'action du vent, calculée à 250 kg. par mètre carré de la section, laissait 6 comme coefficient de sécurité, et provoquait une pression totale de 4,6 kg. par centimètre carré au point le plus chargé de la base.

Escalier: Vide central de 40 cm de diamètre; pas 3^m,75. Marches: hauteur 18 cm; largeur 22 cm à la ligne de foulée; longueur libre 70 cm; encastrement dans la maçonnerie 25 cm; exécution en béton.

Fondations: Parallépipède à base carrée de 12 m de côté et 2^m,50 de hauteur, surmonté d'un tronc de pyramide de 1^m,50 de hauteur et ayant 10 m au côté de la base supérieure. La forme carrée a l'avantage de l'étalement facile de la fouille.

Bâtiments. — A cause de l'exiguïté de l'espace sur le monticule où s'élève le phare, ils furent groupés contre la tour, en ne laissant libre que le côté de la mer. Ils comprennent, outre les pièces indispensables

au service, deux logements de gardiens européens et un de gardien indigène.

Les eaux de pluie, seule eau potable, sont recueillies dans deux citernes.

Construction de la tour. — Elle a été élevée par anneaux de 1^m,08 de hauteur, correspondant à six marches de l'escalier, entre des moules concentriques; il y avait donc, entre chaque anneau, des redans, qu'on a remplis par un placage en béton recouvert d'un enduit. L'avancement moyen a été d'un demi-anneau par jour.

Les ouvriers accédaient au sommet par un léger échafaudage extérieur; le béton était hissé dans des bennes mues par des treuils à bras.

Moule intérieur (fig. 52). — Formé d'un cylindre A en tôle (diamètre 1^m,80, hauteur 1^m,08), découpé en trois pièces se raccordant par des boulons; une des découpures était suivant une généra-

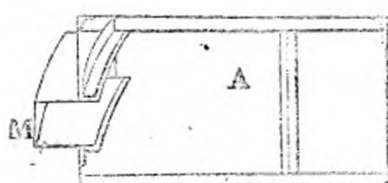


Fig. 52.

trice; les deux autres étaient inclinées pour la facilité du démontage.

A la paroi extérieure du cylindre était boulonné un manchon M en tôle formant un bourrelet hélicoïdal à section rectangulaire, destiné à laisser dans la paroi intérieure de la tour l'empreinte du pas de vis dans lequel devaient être encastrées les marches de l'escalier. Ce manchon se déboulonnait de l'intérieur du moule.

Dans le haut de la tour, où l'on n'avait plus assez d'espace pour bien bourrer le béton sous le manchon, on l'enlevait et l'on donnait, en le vérifiant au gabarit, la face inférieure du pas de vis; on remettait le manchon en place et l'on achevait le damage.

Chaque moule était placé sur le moule de l'anneau précédent, que l'on n'enlevait qu'après.

Moule extérieur (fig. 53). — Il se composait de planchettes verticales P jointives, de 1^m,08 de longueur, retenues par des crochets *f* et *g* entre deux cercles *c* et *c'*, en fer plat. On posait d'abord ce cercle *c*, on le boulonnait en lui donnant la forme voulue par six tirants horizontaux en fer rond, appuyés sur le moule intérieur; le boulonnage se faisait exactement dans un des nombreux trous pratiqués sur les extrémités du cercle.

Bétonnage. — Le bétonnage se faisait par couches de 20 cm d'épais-

seur ; on ne démoulait qu'après six jours ; il fallait donc trois jeux de moules. Aussitôt après le démoulage on encastrait les marches de l'escalier.

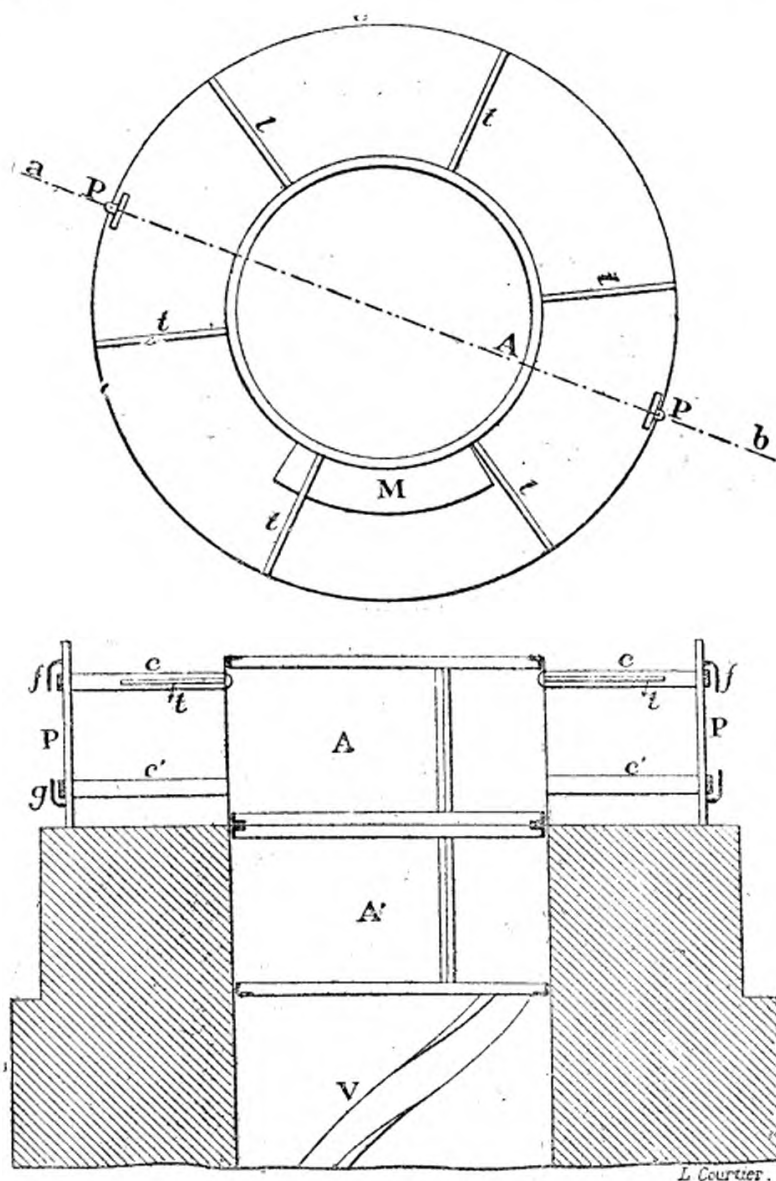


Fig. 53. — Moule extérieur.

Affaissement. — Les fondations se sont affaissées régulièrement de 14 cm ; au cas où l'affaissement ne se fût pas opéré horizontalement, on avait tout préparé pour consolider le terrain par des pilotes ou par une reprise en sous-œuvre au moyen de galeries pratiquées dans le monticule.

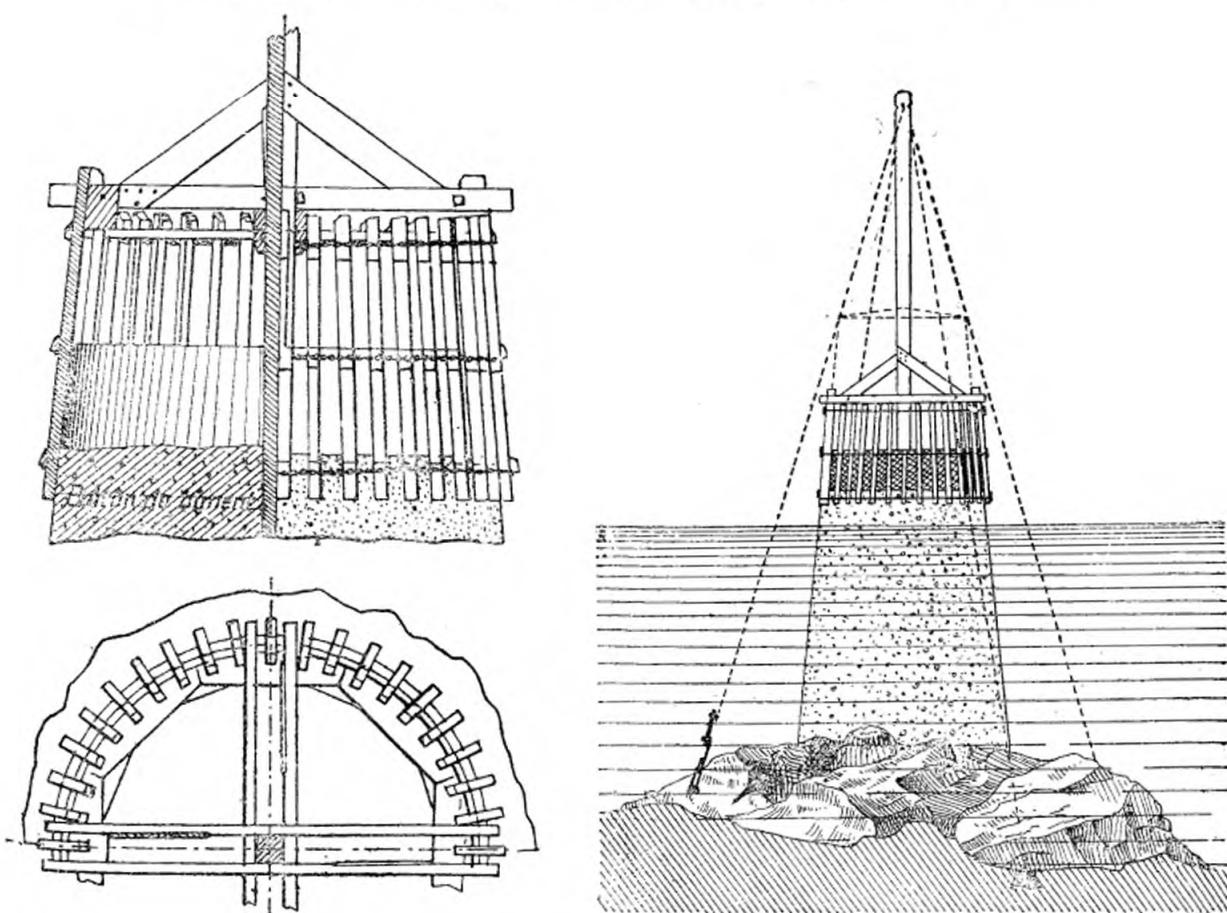
Le mortier employé était à la chaux du Teil.

Tours-balises.—L'emploi du béton s'est surtout montré avantageux pour la construction des Tours-Balises, ouvrages destinés à signaler les écueils sous-marins.

Déjà il avait donné d'excellents résultats à Lavezzi, dans le détroit de Bonifacio entre la Corse et la Sardaigne ; mais il a permis, par de nouveaux procédés, l'édification de tours dans des conditions encore plus remarquables.

TOURS-BALISES

Tour-balise du Soulard, aux abords extérieurs de la rade de Lorient. On a imaginé là un système avantageux ; il consiste à couler le



Demi-coupe, demi-élévation.

Fig. 54. — Tour balise du Soulard.

Construction de la tour.

béton dans un moule économique et léger quoique solide, rapidement montable et démontable. Il est formé de couchis reposant sur la maçonnerie déjà faite et sur un gabarit circulaire en planches, représentant la section correspondante de la tourelle. Ce gabarit est porté au

moyen de deux paires de moises en croix, par un mât vertical installé dans l'axe de l'ouvrage et solidement maintenu par des chaines. On serre les couchis contre la maçonnerie et le gabarit par trois ceintures de chaines, on garnit la partie intérieure de tôle galvanisée et l'on coule le béton à l'abri de cette protection. On enlève le tout en desserrant les moises et l'on recommence plus haut sur un nouveau gabarit (fig. 54).

Le béton comprenait 3 volumes de cailloux pour 2 de mortier contenant 500 kg. de ciment de Portland au mètre cube.

Tour-balise des Trois-Pierres. — Etablie à l'entrée de la rade de Lorient; ses fondations sont à la cote — 2 m sur un rocher qu'on a dû débarrasser d'abord d'une épaisse végétation; les goemons étant

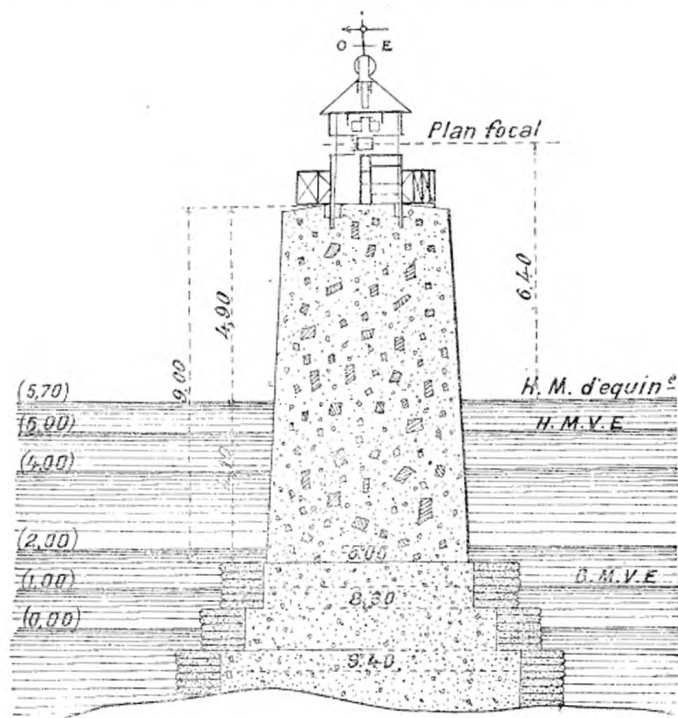
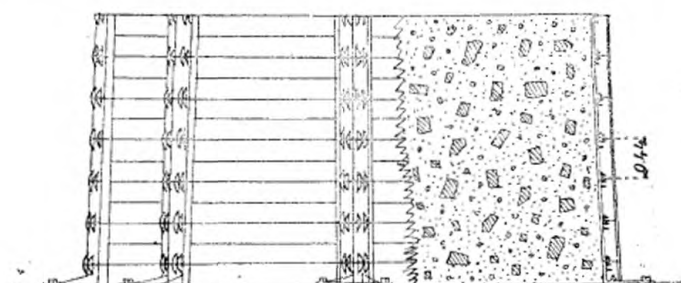


Fig. 55. — Tour-balise des Trois-Pierres.

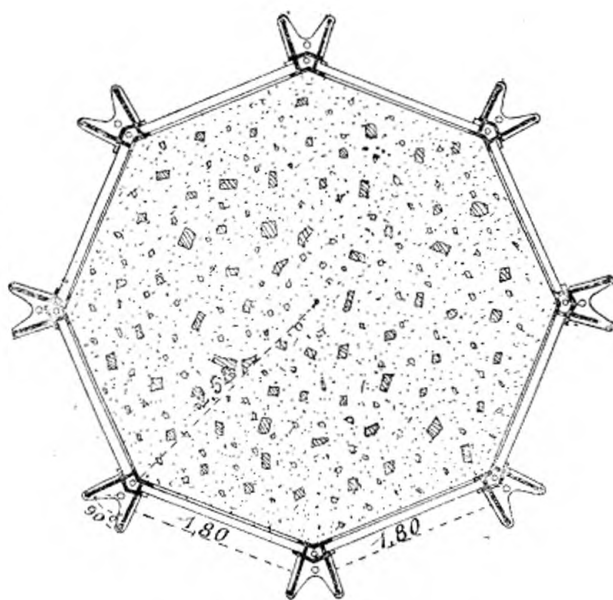
coups par des scaphandres, leurs racines ont été brûlées en brisant des touques d'acide chlorhydrique; enfin la pierre a été décapée par des grattes et des brosses.

L'axe de la tourelle a été indiquée au moyen d'un mât maintenu vertical par des sacs de béton formant maçonnerie d'un mètre d'épaisseur et reposant sur des croix en fer méplat fixées à un tube en tôle enveloppant la base du mât.

La première assise de la fondation a $9^m,40$ de diamètre; elle a été délimitée par des sacs de béton (11 au mètre cube) formant une enceinte circulaire dont le vide intérieur avait $7^m,40$ de diamètre. Dans ce vide dont la profondeur était de $1^m,35$, on a coulé du béton.



Coupe verticale.



Coffrage, plan.

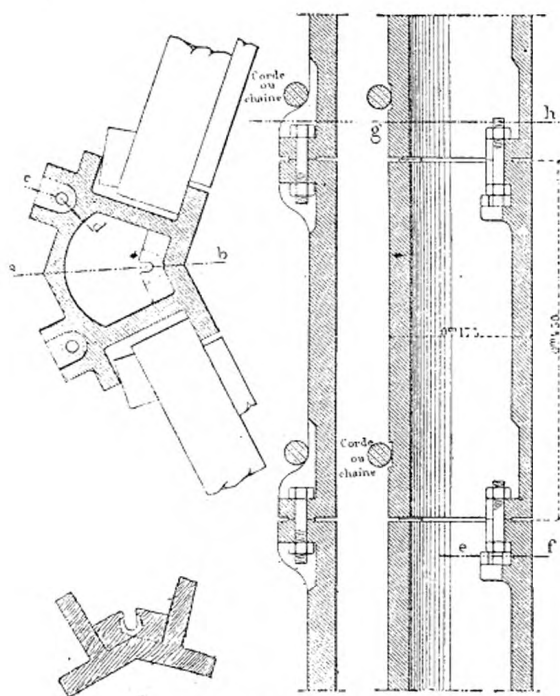
Fig. 56. — Tour-balise des Trois-Pierres.

La régularité de l'enceinte a été obtenue par un procédé très simple: un scaphandrier portait une ceinture à laquelle était fixée une tige de bois dont l'autre extrémité se rattachait à un anneau enfilé dans le mât,

auquel l'ouvrier tournait le dos; il n'avait qu'à recevoir le sac de béton descendu dans une benne dont il ouvrait le fond mobile, et à le placer toujours à la même distance de son corps.

Le béton, composé de gravier mélangé de sable avec 500 kilogrammes de ciment par mètre cube, était fabriqué dans un chaland mouillé sur quatre boules ancrées d'avance aux sommets d'un carré dont la balise occupait le centre.

On a ainsi posé successivement trois assises de fondations, dont les diamètres étaient $9^m,40$, $8^m,30$, et $7^m,20$. On arrivait à la cote $+ 1^m,60$. La tourelle a été construite à la marée, en béton mélangé de moellons, au moyen d'un coffrage démontable (fig. 56).



Détail des arêtiers du coffrage.

Fig. 57. — Tour-balise des Trois-Pierres.

Ce coffrage se compose de madriers juxtaposés de champ horizontalement, et réunis par huit arêtiers en fonte, placés au sommet de la tourelle qui est octogonale. Ces arêtiers (fig. 57) n'ont que 44 cm de hauteur, afin de recevoir deux madriers, et se réunissent les uns aux

autres, pour former la hauteur totale, au moyen de trois boulons; chaque arêtier ne pèse qu'une soixantaine de kilogrammes.

On n'élève ainsi la maçonnerie que peu à peu sans être gêné. La mise en place des arêtiers inférieurs demande une grande précision, car elle détermine l'inclinaison de la tourelle.

Le travail a duré trois étés et a coûté 33 000 francs. Le mètre cube de béton est revenu à 84^f,60 dans les fondations, et à 94^f,30 dans la tourelle; ce dernier prix est supérieur à cause de la sujétion du travail à la marée.

Nouvelles tours-balises. — Les coffrages à sections octogonales recevaient d'abord du béton ordinaire; peu à peu la proportion de ciment de Portland a été augmentée, puis on a substitué au béton le mortier seul, enfin le ciment de Portland gâché pur avec le cinquième de son volume d'eau.

Le ciment pur résiste mieux à l'action de la mer et est économique au point de vue de l'accélération du travail.

Le seul inconvénient qu'il présente est sa légèreté, car la maçonnerie qu'il fournit ne pèse guère que 2 000 kg.; on y remédie en noyant au centre de la masse des moellons granitiques ou des riblons de fonte.

De plus, le volume des tours-balises a été augmenté afin de présenter plus de résistance. Cette augmentation de volume, contrairement aux idées admises jusqu'ici, a été demandée en France, quand il a été impossible d'élargir la section par suite de l'étroitesse du roc de fondation, à l'accroissement de la hauteur qui a atteint jusqu'à 10 à 11 m au-dessus des plus hautes mers (Tourelles de la Horaine, des Vieux Moines et de la Grande-Vinotière).

Fondations coulées sous l'eau. — On n'avait jusqu'à ces dernières années tenté que dans la Méditerranée (Lavezzi) d'établir des balises sur des roches immergées en basse mer. Leur construction a été rendue possible dans l'Océan par l'emploi du ciment pur.

Les matières coulées l'ont d'abord été dans des enceintes en sacs de béton. Les sacs superposés formaient un anneau du diamètre voulu, épais et haut d'un mètre. Le milieu était rempli de béton coulé *in situ*; un nouvel anneau en retrait était construit et ainsi de suite.

Dans les derniers travaux, les enceintes ont été constituées par des toiles métalliques maintenues sur de légères ossatures qui offrent de

nombreux avantages pour la pose, et présentent encore celui de l'évacuation facile de la laitance, dont la production est d'ailleurs diminuée par l'emploi de béton éventé après un séjour de deux mois en magasin.

Le ciment de Portland pur est coulé en poudre au moyen de bétonnières en toile d'une contenance de 250 kg. dont la partie supérieure est percée de nombreux trous bouchés avec de la toile métallique par où s'opère l'entrée de l'eau d'imbibition de la poudre. La partie inférieure est fermée par une ligature qui est retirée à volonté.

Les massifs de fondation ainsi constitués sont beaucoup plus homogènes et résistants que les anciens.

C'est de cette façon qu'ont été construites les tourelles de la Horaine et de la Grande-Vinotière.

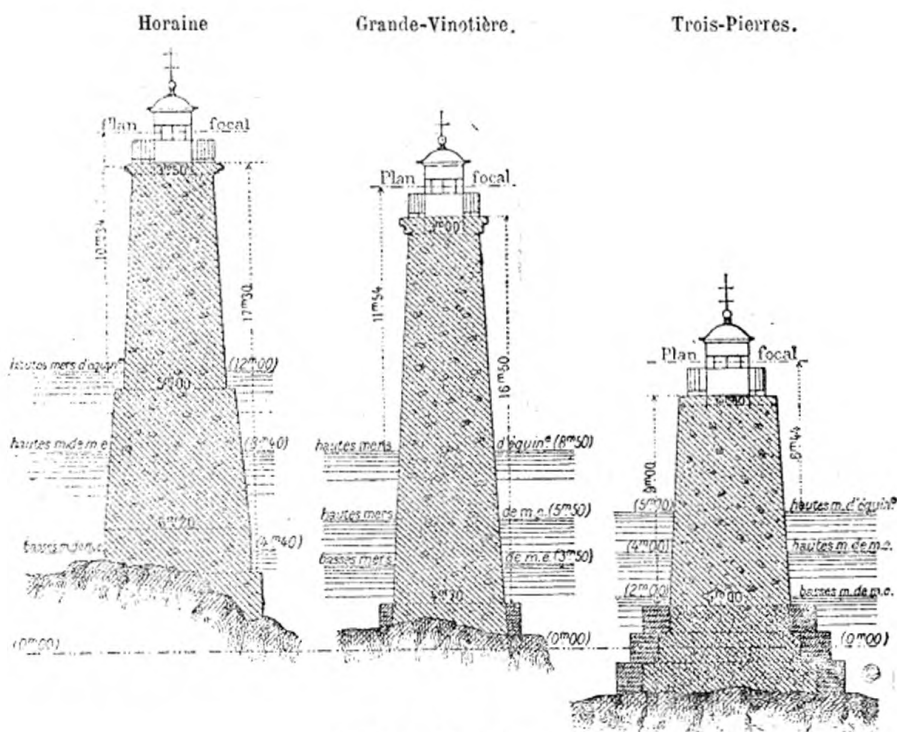


Fig. 58. — Trois tours balises.

La première (fig. 58) située à trois milles au NO de l'île de Bréhat sur un écueil couvert de 4^m,40 d'eau à basse mer (amplitude : 12 m) a 17^m,30 de hauteur totale et se compose de deux troncs de cône superposés ayant respectivement 5^m,70 et 4 m de diamètre à la base avec 1/10

et 1/20 de fruit; leur plan de séparation se trouve au niveau des plus hautes mers.

La seconde, de 16^m,50 de hauteur, a 4^m,70 de diamètre à la base avec 1/20 de fruit. Elle se trouve dans le chenal du Four.

Le prix du mètre cube a été 92 francs à la Horaine et 154 francs à la Grande-Vinotière.

Rochebonne. — Le plateau de Rochebonne est situé à 40 milles dans l'ouest de l'île de Ré. On y construit actuellement la tourelle d'un feu fixe par le coulage de ciment en poudre, effectué d'une gabare mouillée au-dessus de la roche, immergée de 8 m à basse mer.

On a d'abord fixé, pour servir d'axe au massif de fondation, une balise en métal, au moyen d'un bloc coulé en poudre de ciment dans une enceinte cylindrique en toile métallique, de 2^m,60 de diamètre et d'un mètre de hauteur.

Un casier en toile métallique annulaire a été alors descendu, dont les bords s'appliquent sur la surface supérieure de bloc. Son diamètre extérieur est de 7 m, l'intérieur de 3 m; il est divisé en six parties par des panneaux rayonnants où l'on coule le ciment en poudre.

STABILITÉ

Avant de décrire les tours de grandes hauteurs établies durant ces dernières années en France, il est bon de faire connaître les principes qui en ont guidé les calculs.

Le service des phares a pris pour règle de calculer au moyen des formules de la théorie générale de la flexion les efforts produits dans chaque section horizontale.

Le maximum doit rester au-dessous d'une charge de sécurité dépendant de la qualité des maçonneries; le minimum doit rester toujours positif, la compression produite par le poids des maçonneries étant plus que suffisante pour annuler les tensions dues à l'action du vent.

Celle-ci est estimée ne jamais dépasser les 2/3 de 275 kg. par mètre carré de la section principale.

Sous l'influence des grands vents, il se produit parfois dans la maçonnerie des fissures verticales sur le tiers supérieur de la hauteur des tours. Des ceintures métalliques entourant le couronnement ont été souvent employées pour prévenir ces accidents, mais elles y sont impuissantes.

Les mouvements causés dans les édifices proviennent surtout des rafales et sont dus par conséquent à des actions dynamiques. Pour y résister, il est naturel de leur opposer des grandes masses en accroissant le poids spécifique des maçonneries et le moment d'inertie de la section moyenne.

C'est ainsi que le phare de Barfleur, dont le plan focal est à 71 m au-dessus du sol, possède une raideur absolue à raison de sa masse et du poids de sa maçonnerie granitique, tandis que ceux de Calais et de la Canchequin'ont que 51 m, mais sont construits en briques, éprouvent des mouvements d'oscillation très sensibles et présentent des cassures verticales prononcées.

La qualité des mortiers est aussi très importante ; l'emploi de la chaux du Teil a donné une grande rigidité au phare de Planier, haut de 59 m et construit en moellons calcaires.

DESCRIPTION DE DIVERSES TOURS

La Coubre (1892-1895), construite à la pointe extrême de la rive droite de l'embouchure de la Gironde.

De forme tronconique, la tour se compose d'un soubassement et d'un fût au fruit de 1/25 couronné par une corniche avec consoles et voûtelettes portant une balustrade en pierre.

Le vide cylindrique a 3^m,50 de diamètre ; l'escalier de 80 cm, appareillé en vis à jour, est éclairé par 29 fenêtres échelonnées en hélice.

La galerie supérieure est à 48 m au-dessus du sol ; le plan focal est à 4^m,50 plus haut, ce qui le place à 60 m au-dessus des plus hautes mers. A 32^m,75 au-dessus du sol est installé un feu accessoire à secteurs colorés.

L'épaisseur de la maçonnerie va de 2^m,40 à la base à 1 m au sommet ; elle se compose de moellons calcaires ; le granite a été employé pour le socle, le cordon supérieur du soubassement, l'encadrement de la porte d'entrée et les marches de l'escalier.

Le mortier hydraulique ordinaire a été remplacé par le ciment de Portland dans les parties hautes ; tous les parements extérieurs sont rejointoyés au même ciment.

La fondation de 3^m,60 de hauteur se compose d'un massif de maçonnerie ordinaire de 2^m,10 d'épaisseur et d'une aire circulaire en béton de ciment de Portland, de 7^m,90 de diamètre, dans laquelle s'engagent, sur

la moitié de son épaisseur de 1^m,50, les têtes de 201 pieux de 30 cm de diamètre, espacés de 1^m,05. Ces pieux, en pin maritime, ont d'abord été foncés par injection d'eau à travers le sable de dune, puis battus au refus jusqu'à une assise de sable graveleux. L'usage des pilotis a été commandé par la compressibilité de la couche de sable sous laquelle se trouvait un lit de vase.

A la base du fût, section la plus défavorable, le coefficient de stabilité est 9,9. On a calculé que les maçonneries de cette section supportent des efforts de compression de 8^{kg},50 par centimètre carré, dont les trois quarts sont dus au poids propre de l'ouvrage. Bien que les maçonneries ne soient pas de qualité supérieure et que le moment d'inertie moyen des sections horizontales de la tour soit peu élevé, à raison du faible diamètre du vide intérieur, la raideur est satisfaisante ; les oscillations durant les orages sont de peu d'amplitude. Ces bons résultats sont sans doute dus à l'emploi du ciment.

Les dépenses de la tour se sont élevées à 142 000 francs.

Eckmühl (1893-1897), à la pointe de Penmarch. Dû à la générosité de la marquise de Blocqueville, il est établi à terre, sur un sol granitique et a la forme d'un tronc de pyramide quadrangulaire.

Sur une base carrée s'élève un fût au trentième, avec pans coupés, et supportant la corniche et sa balustrade.

Le vide cylindrique a 3^m,80 de diamètre ; l'escalier en vis à jour est large de 80 cm.

La galerie supérieure est à 52^m,73 au-dessus du sol ; le plan focal du feu à 58^m,58. La lanterne qui abrite l'appareil est supportée par un campanile octogonal en pierre, haut de 4 m.

L'épaisseur de la maçonnerie va de 2^m,35 à 1^m,15 : seul le granite a été employé ; le mortier hydraulique a fait place au ciment de Portland dans les parties supérieures.

Le coefficient de stabilité à la base du fût est de 8,8 ; les efforts de compression y sont de 7^{kg},80 ; la raideur est absolue.

Les dépenses, pour la tour propre, ont été de 427 000 francs.

Ile Vierge. — Ce phare, commencé en 1897, a le plan focal de son feu à 75^m,18 au-dessus du sol, c'est donc le plus élevé de tous les phares ; la tour elle-même a 70 m de hauteur ; avec le paratonnerre, l'édifice dépassera 82 m.

Il repose sur un sol granitique par un empattement circulaire de

16 m de diamètre. Le fruit du fût est de 1/30. Le vide intérieur a 5 m de diamètre ; l'épaisseur de la maçonnerie va de 45 cm à 1 m ; celle-ci est toute granitique ; la pierre de taille n'est employée que pour les parements extérieurs.

Le mortier est au ciment de Portland, à raison de 450 kg. par mètre cube ; cette proportion s'élève à 600 et 700 kg. dans les fondations.

Une chemise en briques de champ revêt le parement intérieur, dont elle est séparée par un matelas d'air, isolateur de l'humidité. La chemise est recouverte de plaques d'opaline laminée.

Le coefficient de stabilité à la base du fût est de 10,8. Ce même nombre indique en kilogrammes les efforts de compression dans cette section. Le moment d'inertie étant supérieur à celui de presque tous les édifices similaires de même genre et la masse étant considérable, la raideur est presque absolue.

La dépense est de 290 000 francs environ.

Tours métalliques. — La maison Henry Lepaute avait monté, sur la rive droite de la Seine, le phare de Katsépé, où brillait un feu électrique projetant ses éclatants faisceaux sur l'ensemble de l'Exposition. La tour métallique a 27^m,65 de hauteur ; le plan focal est à 30^m,43 ; la lanterne d'abri s'élève encore à 3^m,80 au-dessus. Le diamètre de la tour est de 7 m à la base, de 3^m,35 au sommet ; elle sera éditée sur un soubassement en maçonnerie de 10 m de diamètre et de 8^m,50 de hauteur (Madagascar).

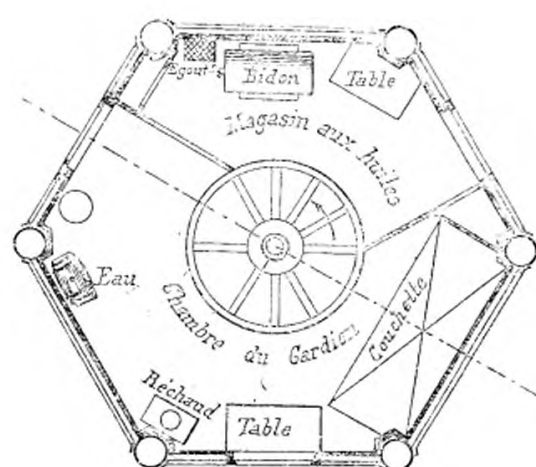
La carcasse métallique est recouverte de tôle d'acier de 6 mm d'épaisseur ; il n'entre guère dans la construction que 80 tonnes d'acier.

Les constructions métalliques sont surtout usitées aux Etats-Unis. En Allemagne, on emploie aussi les lanternes montées sur des pieux en fer (Eversand, Campen, etc.).

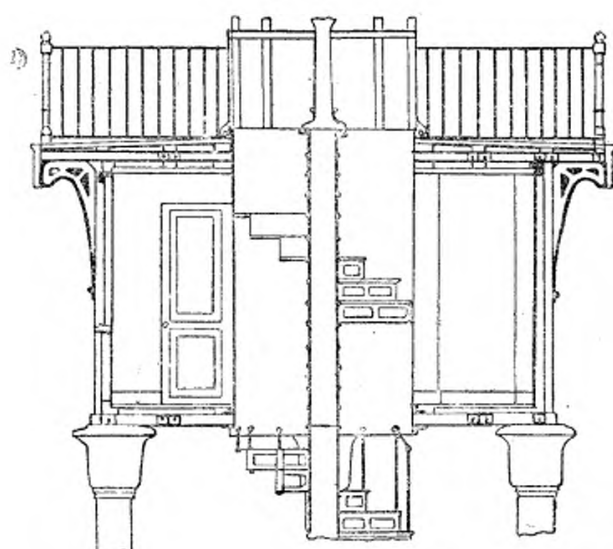
Port-Vendres. — Le phare représenté par la fig. 59 est construit sur le musoir du môle de Port-Vendres, très exposé à la violence des vagues et où une construction en maçonnerie aurait eu à craindre le tassement des matériaux.

Le gardien devait être logé dans le phare, pour entretenir le feu durant les gros temps où l'accès du môle est impossible. Afin de préserver l'édifice de l'action des lames, il a été construit en métal. Le

système de tirants adopté à Walde ayant été reconnu défectueux à cause du desserrage, a été remplacé par des colonnes en fers tubulaires, de 14^m,50 de longueur, disposées en hexagone de 2^m,20 de côté.



Plan du logement.



Coupe du logement.

Fig. 59. — Phare métallique de Port-Vendres.

La partie inférieure, de 30 cm de diamètre, est encastrée sur deux mètres dans un massif de maçonnerie ; le sommet est assemblé avec les planchers métalliques de la plateforme. Les trois cylindres qui composent la colonne s'assemblent par des parties filetées.

L'accès de la chambre à lieu par un escalier à vis avec noyau tubulaire (fig. 60).

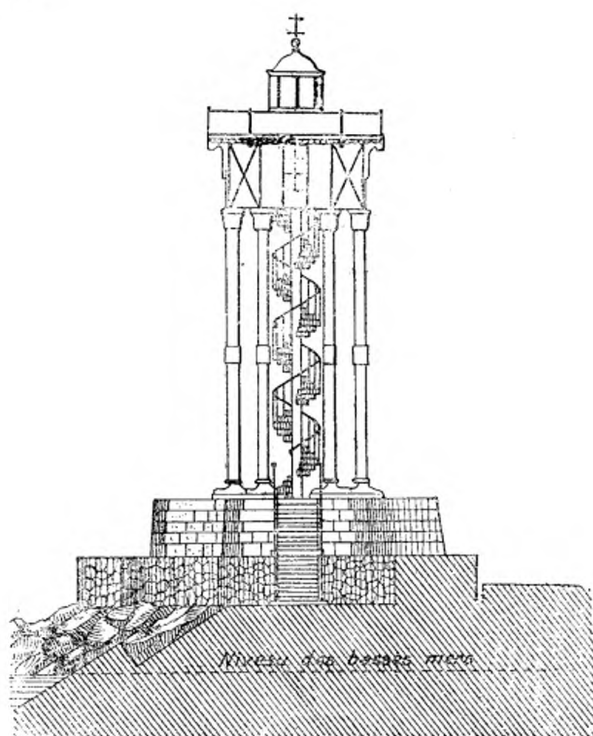


Fig. 60. — Phare métallique de Port-Vendres. — Élévation.

Le phare a supporté sans avaries les plus gros temps depuis 1884.

Phares américains. — Plusieurs phares des Etats-Unis ont été établis d'après des méthodes particulières. Nous citerons :

Stannards Rock (1877-1882) (fig. 61). — Etabli à 80 km de Marquette dans le lac Supérieur. La fondation se compose d'un cylindre en tôle épaisse de 12 mm, de 19 m de diamètre et 9 m de hauteur, rempli de béton et reposant sur un rocher situé à 2 m au-dessous de la surface.

Pour placer ce cylindre, un crib carré en charpente de 30 m de côté et 2 m de hauteur, avec un puits médian de 20 m de diamètre, fut amené sur le lieu de la construction, de manière que le puits se trouvât circonscrit au cylindre futur de fondation. On releva par un millier de sondes les cotes de la surface du rocher au droit du crib qui,

ramené à terre, eut les pièces de sa paroi inférieure coupées pour se modeler sur cette surface. On le remit ensuite en place, et on l'immergea en le chargeant de pierres : il avait alors une hauteur de 4 m.

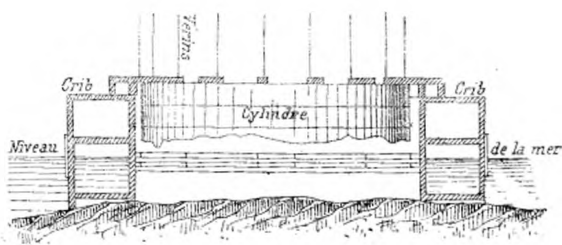
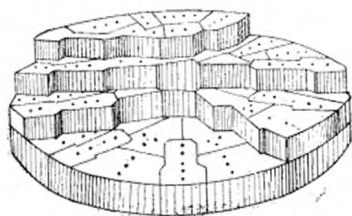


Fig. 61. — Fondation du phare de Stannards Rock.

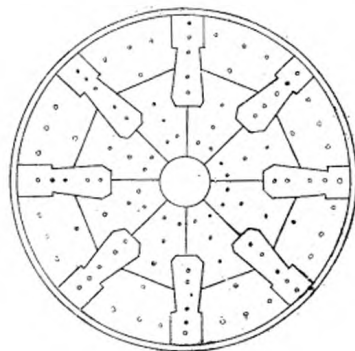
Sur le puits on suspendit par des vis une hauteur de 4^m,50 du cylindre, dont l'arête inférieure, coupée à la forme du rocher, était munie d'un bourrelet d'étoupe; on laissa le tout reposer sur le fond et l'étoupe constitua un joint étanche. L'eau fut épuisée dans le cylindre auquel on donna sa longueur définitive et qu'on remplit de béton.

Sur cette fondation on éleva la tour en pierres de taille. Le feu est à la hauteur de 30 m au-dessus de l'eau.

Spectacle Reef, lac Huron (1870-1874). — Ce phare est construit à 20 km. du rivage sur un écueil qui git à 3^m,30 sous l'eau. Les fondations ont été établies comme celles de Stannards Rock, mais le caisson de 11 m de diamètre et 4^m,50 de hauteur, était en douves de bois.



Vue perspective.



Plan.

Fig. 62. — Assises du phare de Spectacle Reef.

Sur cette fondation on a établi une tour de 24^m,50 de hauteur, avec

9^m,73 de diamètre à la base et 5^m,50 à la corniche. Les pierres de taille sont, dans chaque assise horizontale, enchevêtrées (fig. 62) et

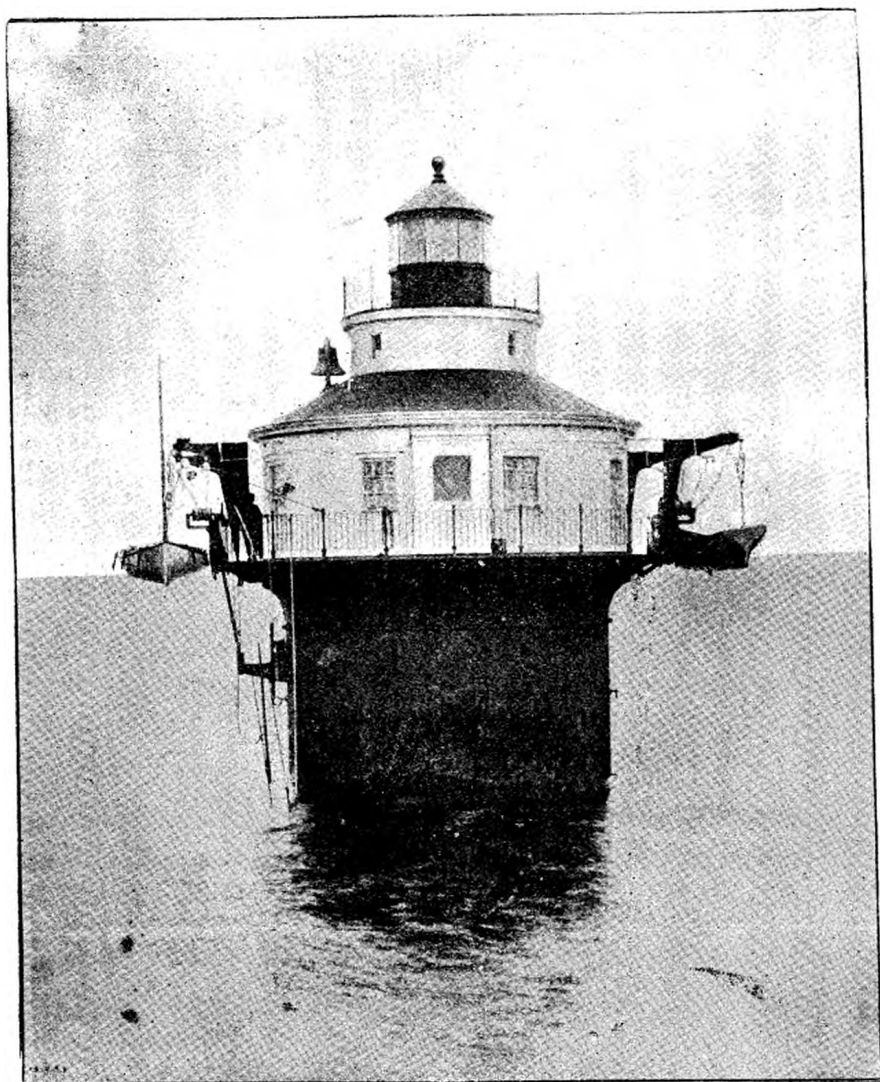


Fig. 63. — Phare de Craighill Channel, Baltimore.

d'une assise à la suivante, elles sont reliées par des goujons de 60 mm de diamètre et de 500 mm de longueur.

Craighill Channel, entrée de Baltimore (1875) (fig. 63). — Ce phare se compose d'une tour métallique émergeant de l'eau et formée de deux portions remplies de béton ; l'inférieure est un tronc de cône de 3^m,60 de hauteur dont les bases ont 9 m et 7^m,30 de diamètre ; la supérieure est un cylindre ayant ce dernier diamètre ; la tôle a une épaisseur de 50 mm sur la hauteur qui s'étend de 60 cm au-dessous de la haute mer. Le reste n'a que 30 mm.

Le fond de la baie est vaseux : on établit sur la place de la construction un pilotis recépé à 7^m,30 au-dessous du niveau moyen.

Sur un grillage composé de quatre rangées de pièces de 30 cm d'équarrissage on boulonna le tronc de cône de 3^m,60 de hauteur et une hauteur de 5^m,40 de la portion cylindrique de la tour, pour avoir 9 m de hauteur. En remplissant ce caisson d'un mètre de béton, on lui donna un tirant d'eau de 4^m,50 ; il fut alors remorqué au-dessus du pilotis, et échoué par le remplissage en béton.

On emploie aussi beaucoup

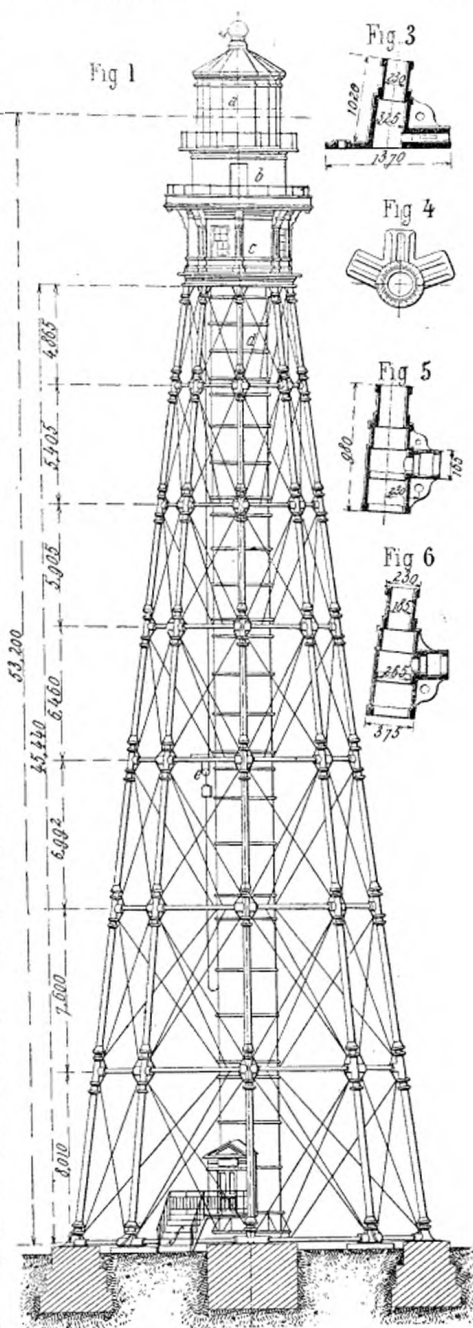


Fig. 64. — Phare du cap Charles.

aux Etats-Unis les feux établis sur pieux à vis comme celui du cap Charles (fig. 64).

Deer Island (1889). — Ce phare est établi dans le port de Boston par 1^m,20 de profondeur. Il a comme fondation du béton coulé sous l'eau dans un cylindre en tôle de 10 m de diamètre et 9 m de hauteur, mis en place au moyen d'une plateforme provisoire.

Le même système, mais avec un caisson hexagonal en bois, a été employé à la rivière Détroit (1885).

ÉCLAIRAGE

L'éclairage des phares, après avoir subi bien des transformations depuis le fagot antique, a reçu à la fin du siècle dernier un grand perfectionnement par l'invention de l'éclairage *catoptrique*, dû à Teulère.

Le système se compose de lampes à mèche circulaire et à double courant d'air d'Argent, munies de réflecteurs paraboliques qui renvoient la lumière sous la forme de cônes dans la direction de l'horizon.

Ces cônes n'éclairant qu'une portion limitée de l'espace, l'appareil complet se compose de plusieurs lampes à réflecteurs, réunies sur une couronne animée d'un mouvement de rotation par un mécanisme d'horlogerie. Chaque point de la mer est ainsi successivement illuminé.

On superposait plusieurs couronnes de lampes en les alternant, de façon à obtenir un éclairage plus intense.

Feux fixes. — Fresnel a réalisé un immense progrès par l'invention de l'appareil *dioptrique* où le réflecteur est remplacé par une lentille plan-convexe à axe horizontal ; la flamme est placée au foyer principal de la lentille. Les rayons lumineux partis de la lampe sont réfractés par la lentille et en sortent parallèles et horizontaux. On les dirige sur l'horizon.

Mais au delà de 10 à 11° de l'horizontale les lentilles donnent une aberration considérable, c'est-à-dire laissent fortement diverger les rayons. Pour y remédier, Fresnel remplaça la lentille unique, qui d'ailleurs aurait absorbé trop de lumière, par plusieurs *en échelons*, ayant des rayons de courbure différents calculés de façon à ramener à l'horizontalité les rayons lumineux.

Au delà de 40° cet artifice est encore insuffisant à corriger l'aberration. Fresnel plaça autour des lentilles des prismes triangulaires en verre dans lesquels les rayons lumineux, successivement réfractés et réfléchis, prennent aussi la direction horizontale (fig. 63).

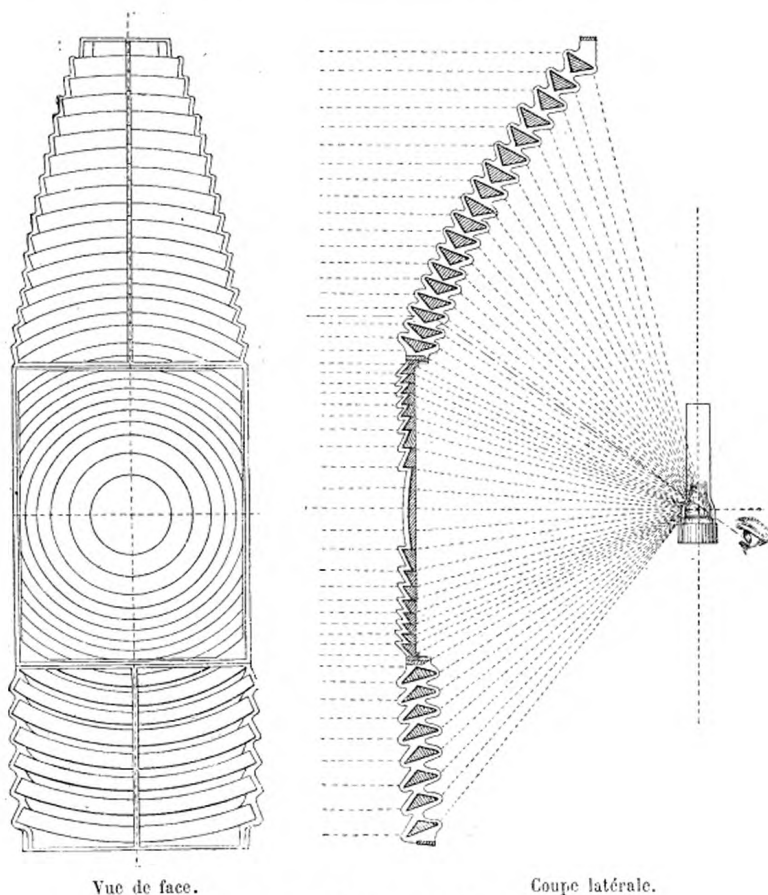


Fig. 63. — Disposition des lentilles.

Cette dernière portion, composée de prismes, constitue la *zone catadioptrique* ; l'ensemble des lentilles a reçu le nom de *tambour dioptrique*. Toutes les pièces de verre sont encastrées dans un châssis métallique.

La lampe et les panneaux reposent sur un plateau porté par une colonne en fonte ou posé sur le plancher.

Feux divers. — Le dispositif précédent rend les rayons parallèles dans le plan vertical, mais ils restent divergents horizontalement et sont visibles de tous les points de l'horizon. On lui donne le nom de *panneau fixe*.

Afin de se différencier les uns des autres, les phares émettent des lumières intermittentes ou colorées. Les couleurs usitées sont le rouge et le vert, les seules qu'il soit facile de distinguer. La coloration a l'inconvénient d'absorber une grande partie de la lumière : aussi les feux rouges et verts doivent-ils être beaucoup plus forts que les feux blancs. Dans les appareils fixes, c'est la cheminée de la lampe qui est colorée.

Feux variables. — On différencie encore les phares par l'émission de rayons à éclats ou tournants. L'appareil éclairant — *l'optique*, comme il se désigne ordinairement — est alors porté sur un plateau à bord denté, roulant sur des galets en bronze. Le mouvement est donné par le mécanisme des horloges à poids, un treuil muni d'un régulateur composé d'aillettes pour les petits feux et pour les grands d'un pendule analogue à celui de Watt.

Les panneaux optiques sont formés de cadres en bronze sertissant les lentilles. Chaque fois que l'un d'eux passe devant la lumière, il envoie un faisceau de rayons à l'horizon.

Devant les lentilles on peut placer des verres colorés.

Les feux à éclats apparaissent à intervalles divers, qui caractérisent les phares : de minute en minute, à 30 secondes de distance, etc. ; les plus rapides descendaient jusqu'ici à intervalles de 3 secondes. On les appelle scintillants quand l'intervalle de leurs apparitions est d'une seconde. On groupe encore les éclats, ce qui permet, en y comprenant les verres colorés, de varier de nombreuses manières les projections et de rendre ainsi le phare facilement reconnaissable.

Eclairage du phare de Faraman (fig. 66). — On y a réuni les améliorations récentes introduites dans les phares français.

L'appareil est multifocal ; il se compose de cinq panneaux formés chacun de deux lentilles dissymétriques dont les axes principaux font un angle de 23° ; ses éclats se trouvent ainsi émis par groupe de deux. Dans chaque groupe ils durent une seconde et sont séparés par une petite éclipse de deux secondes. Une grande éclipse de six secondes sépare chaque groupe de celui qui le précède et de celui qui le suit. La révo-

lution s'accomplit en cinquante secondes.

Un réflecteur sphérique renvoie à la mer la lumière perdue du côté des terres. La réduction du rayon de ce réflecteur a amené une grande économie.

On a à signaler encore :

La substitution des galets coniques aux sphériques pour le chariot de roulement ;

L'installation d'un remontoir du poids moteur permettant de relever ce poids sans remonter la machine ;

Un dispositif assurant l'uniformité du mouvement, par un pendule compensateur ;

Un avertisseur électrique des arrêts de l'appareil ;

La constance de niveau des lampes.

ECLAIRAGE ACTUEL

C'est surtout dans l'éclairage que le progrès le plus considérable a été accompli dans ces dernières années. « Depuis les jours de Fresnel, a dit M. Douglass, l'éminent ingénieur de Trinity House (le service des Phares d'Angleterre), aucune innovation n'a été aussi radicale dans la construction des phares que celle déterminée par l'adoption du feu-éclair, due à l'initiative du service des Phares de France, sous la direction de M. Bourdelles. »

L'innovation consiste à réduire la durée d'apparition des éclats des lampes au temps strictement nécessaire à la perception intégrale de leur intensité. Il a été reconnu que la durée des éclats est sans influence sur le caractère d'un feu ; elle peut, sans inconvénient, être réduite à $1/10$ de seconde.

Dès lors, une plus grande intensité peut être obtenue, sans augmentation de la source de lumière, car ce résultat ne dépend que de la

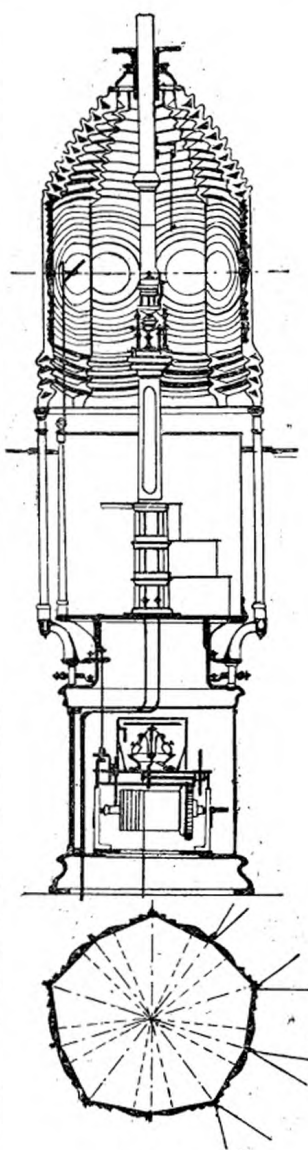


Fig. 66.
Optique du phare de Faraman.

plus grande condensation de la lumière, réalisée par l'usage de panneaux d'une plus grande largeur angulaire, animés d'une rotation plus rapide.

On avait craint que cette durée restreinte ne permit pas les relèvements à bord des navires, mais le contraire a été établi et les capitaines se louent tous du nouveau système.

Il est basé sur les considérations suivantes :

« Deux panneaux d'optique annulaires de même nature et semblablement composés, mais de distances focales différentes, ayant à leur foyer la même source lumineuse, ont théoriquement des puissances lumineuses proportionnelles aux carrés de leur distance focale ou à leur surface utile.

« Deux panneaux d'optique annulaires de même distance focale, ayant même profil-type, mais d'amplitude horizontale différente, ont des puissances lumineuses qui sont, non pas exactement, mais à peu près proportionnelles à leur surface utile.

« Il résulte de là qu'en donnant aux optiques le même profil, qu'on supposera toujours être celui de Fresnel, on a deux moyens d'accroître leur puissance :

« Augmenter leur distance focale en constituant les optiques d'un même nombre de panneaux semblables ;

« Ou augmenter l'amplitude de chaque panneau en diminuant leur nombre.

« Le premier moyen était autrefois le seul employé pour les feux à éclats. Il a conduit aux anciens types d'optiques de divers ordres, composées du même nombre de panneaux dont les distances focales croissaient de 15 à 92 cm et dont la vitesse de rotation uniforme donnait des éclats de plusieurs secondes de durée. Plus récemment il a donné naissance aux appareils de 1^m,33 de distance focale, dits *hyperradiants*.

« Le second permet d'augmenter la puissance lumineuse au moyen de combinaisons optiques moins volumineuses et beaucoup moins coûteuses. Mais il répartit la lumière en un nombre moins grand de faisceaux et pour répéter les éclats à des intervalles suffisamment courts, il conduit à en réduire considérablement la durée.

« C'est par le second moyen que le service des Phares a entrepris, sur l'initiative de M. Bourdelles, l'amélioration des feux à éclats... ».

« La durée minimum des éclats supposée de 1/10, combinée avec leur intervalle qui a été fixé à cinq secondes, permet de déterminer les dispositions d'un appareil donnant le maximum de puissance.

« Soient n le nombre des panneaux et δ la divergence de la partie du faisceau qui est perçue à la limite de la portée. Dans l'hypothèse où nous nous plaçons, ces quantités doivent être liées par la relation :

$$\frac{\delta}{0,1 \text{ sec.}} = \frac{360^\circ}{n + 5 \text{ sec.}}$$

« On peut prendre pour valeur de δ , divergence minimum de l'optique, l'angle sous lequel la source lumineuse est vue des points les plus éloignés du foyer. Si donc l'optique est déterminée d'avance, on aura par la relation ci-dessus les dimensions minima du brûleur à mettre à son foyer.

« Dans le cas le plus général, ce brûleur est défini d'avance. On sait alors de combien de panneaux l'optique doit être composée et jusqu'où, par conséquent, peuvent être portées la surface de chacun d'eux et leur puissance lumineuse. On adopte généralement un nombre de panneaux supérieur à celui qui est donné par la formule et on a par suite des durées supérieures au dixième de seconde. Mais on est néanmoins conduit à des surfaces beaucoup plus considérables que celles admises dans les anciens appareils. Par suite, à la brièveté des éclats s'ajoute une impression de puissance qui leur donne l'apparence des éclairs. De là le nom de ce type d'appareils. »

« **Système de rotation.** — Les feux éclairs imposent une vitesse de rotation très rapide, qui ne saurait être obtenue à l'aide des anciens chariots à galets et nécessite des combinaisons mécaniques nouvelles. Le dispositif auquel on s'est arrêté consiste à porter l'optique au moyen d'un arbre vertical convenablement guidé, qui repose sur une crapaudine. L'arbre est solidaire avec un flotteur annulaire plongeant dans une cuve à mercure de même forme. La poussée du liquide est calculée de manière à contre-balancer le poids de l'appareil tournant. Les forces passives sont ainsi constantes pendant le mouvement et elles se trouvent réduites au frottement du flotteur sur le mercure et de l'arbre dans ses guides. Grâce à ces dispositions, la rotation s'effectue avec régularité et elle n'exige, pour les optiques les plus lourdes, qu'un mouvement d'horlogerie actionné par un faible poids moteur. »

Feux-éclairs à diverses lentilles. — Le premier appareil de ce système a été mis en service en 1892 sur la pointe de Sénétose en Corse; il était de quatrième ordre. Par prudence, ce feu comportait

quatre lentilles, ce qui assurait à la vitesse de rotation une transition entre les anciens appareils et le nouveau.

Mais il y a tout avantage à diminuer le nombre des lentilles. La lentille unique avec réflecteur sphérique en verre argenté est la meilleure à tous les points de vue. Par elle-même elle utilise la moitié de la lumière émise par la flamme et par le réflecteur le tiers de l'autre moitié. Elle réduit au minimum le prix de revient de l'optique, qui n'embrasse qu'un hémisphère. Le gardien surveille mieux la flamme.

L'inconvénient est qu'elle exige des becs de grandes dimensions, surtout si, comme en France, on ne dépasse pas le nombre de six mèches en vue de la simplicité et de la sécurité du service.

Aussi avec les lampes borne-t-on l'emploi des appareils à lentille unique aux phares de troisième ordre et au-dessous. La puissance d'un feu-éclair de troisième ordre (15000 carcel) est d'ailleurs plus que double de celles des feux ordinaires de premier ordre; les dépenses d'entretien sont équivalentes.

Les feux à deux lentilles n'exigent pour leur flamme que des dimensions relativement restreintes et s'appliquent aux appareils de tous les ordres. Ceux du premier ordre donnent une puissance lumineuse de 40000 carcel, supérieure de 50 0/0 à celle d'un appareil hyperradiant de 1^m,33 de longueur focale qui coûte plus cher.

Pour les phares de troisième ordre et au-dessous, le type à lentille unique est très supérieur à celui des deux lentilles.

Quant à celui de quatre lentilles (fig. 67), il est presque abandonné.

Phare de quatrième ordre à deux lentilles. — Comme type de ce système nous décrivons le phare de Gravelines (fig. 68), d'après une notice du service des phares :

Chacune des lentilles peut tourner autour d'un axe vertical commun placé sur les bords contigus du plus grand anneau, et solidement maintenu sur le plateau qui porte l'optique. Pendant leur rotation elles sont soutenues et guidées par des galets. Des arrêts limitent leur ouverture, calculée de façon à rendre facile le service.

Quand l'optique est fermée, les armatures de chaque lentille sont appliquées l'une contre l'autre et fortement serrées par des loquets. Un butoir fixé sur le plateau permet, après la fermeture, de placer toujours les lentilles dans leur position normale.

Les réservoirs d'alimentation du bec sont placés au-dessus de l'optique et supportés par une ossature qui est fixée à son pied dans le plateau.

Le système de rotation de l'appareil est logé tout entier dans la chambre de la lanterne. Il est constitué par une colonne en fonte fixée sur

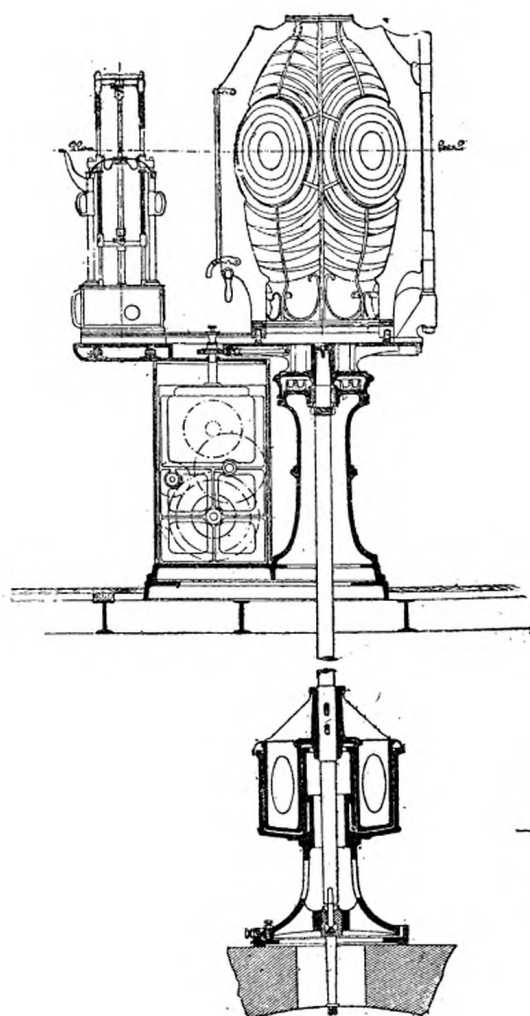


Fig. 67.
Appareil à quatre lentilles pour feu-éclair
électrique.

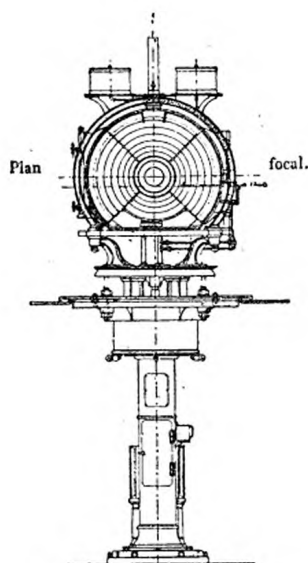


Fig. 68.
Gravelines. — Phare de 4^e ordre.
Feu-éclair à deux lentilles.

le sol de cette chambre et soutenant la cuvette à mercure, qui est maintenue par des vis horizontales, tournant dans des écrous portés par une plaque annulaire en fonte reposant sur la galerie intérieure de la lan-

terne. Le desserrage des vis et l'enlèvement des arrêts qui supportent la cuve permettent de l'abaisser et de la visiter.

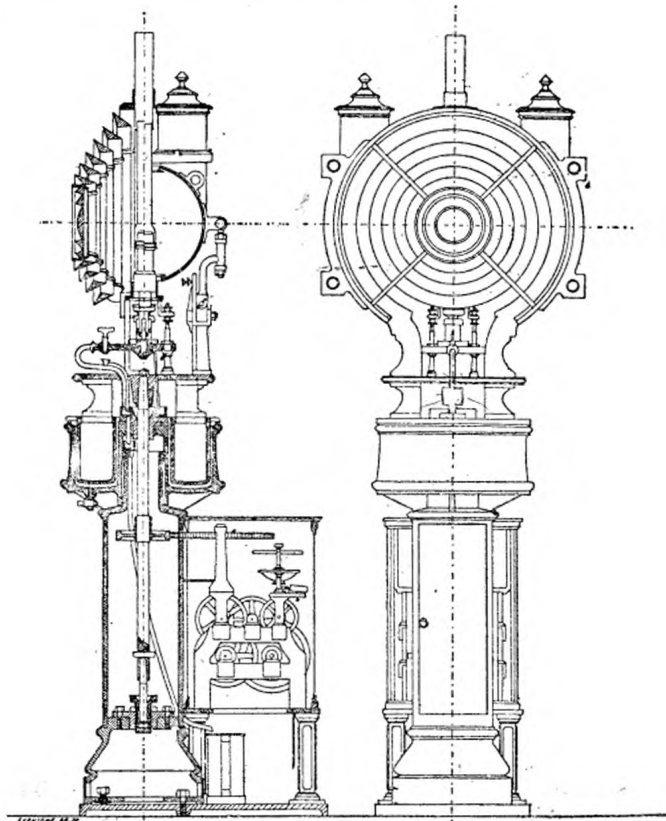


Fig. 69. — Appareil de 5^e ordre pour feu-éclair à lentille unique.

L'optique et son plateau de base sont portés par le flotteur. Le jour, ils reposent sur la plaque annulaire au moyen de vérins relevés de la quantité voulue. Il est alors facile, pour l'entretien, de démonter l'arbre ainsi que son pivot et sa crapaudine.

Appareils de cinquième ordre à lentille unique. — La figure 69 représente cet appareil qui est muni d'un réflecteur sphérique. Il est éclairé par une lampe à huile à niveau constant d'un modèle spécial.

Becs à joint de mercure. — C'est une disposition qui permet de

changer rapidement les becs et le nombre de leurs mèches afin de mettre en rapport l'intensité de la flamme avec la transparence de l'atmosphère.

Machines de rotation. — Elles n'ont besoin que d'une faible puissance, mais il faut l'augmenter pour être certain que les résistances accidentelles ne pourraient l'arrêter. La marche est régularisée par un frein automatique et un avertisseur électrique prévient le gardien des accidents fortuits ou du déroulement complet de la corde du poids moteur.

Eclairage électrique. — Pour les phares de grand atterrissage, la France emploie exclusivement l'éclairage électrique et l'application à cet éclairage des feux-éclairs a donné des intensités lumineuses sans précédent.

Le nombre des phares électriques français s'élève aujourd'hui à 13, savoir :

La Hève, Griz-Nez, Dunkerque, Calais, la Canche, les Baleines (île de Ré), Planier (Marseille), Creac'h (Ouessant), Belle-Ile, Barfleur, île d'Yeu, la Coubre (Gironde) et le phare d'Eckmühl à Penmarch.

Des mesures photométriques ont montré que le rendement lumineux ne croît pas proportionnellement à l'énergie. Sous 45 volts, on a constaté que pour des régimes de 25, de 50 et 100 ampères, les rendements (en 100 000 becs carcels) étaient comme les ordonnées de la courbe ci-contre (fig. 70).

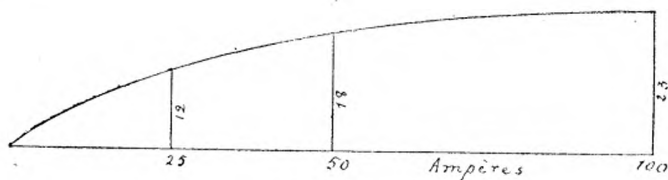


Fig. 70.

Il ne faut donc pas dépasser certaines dimensions, sauf à associer deux appareils moyens pour produire un effet supérieur.

C'est ce qui a été fait au phare d'Eckmühl, le dernier établi en France, dû à la générosité de la marquise de Blocqueville et dont voici la description d'après M. de Joly :

Phare d'Eckmühl. — L'appareil consiste essentiellement en la jux-

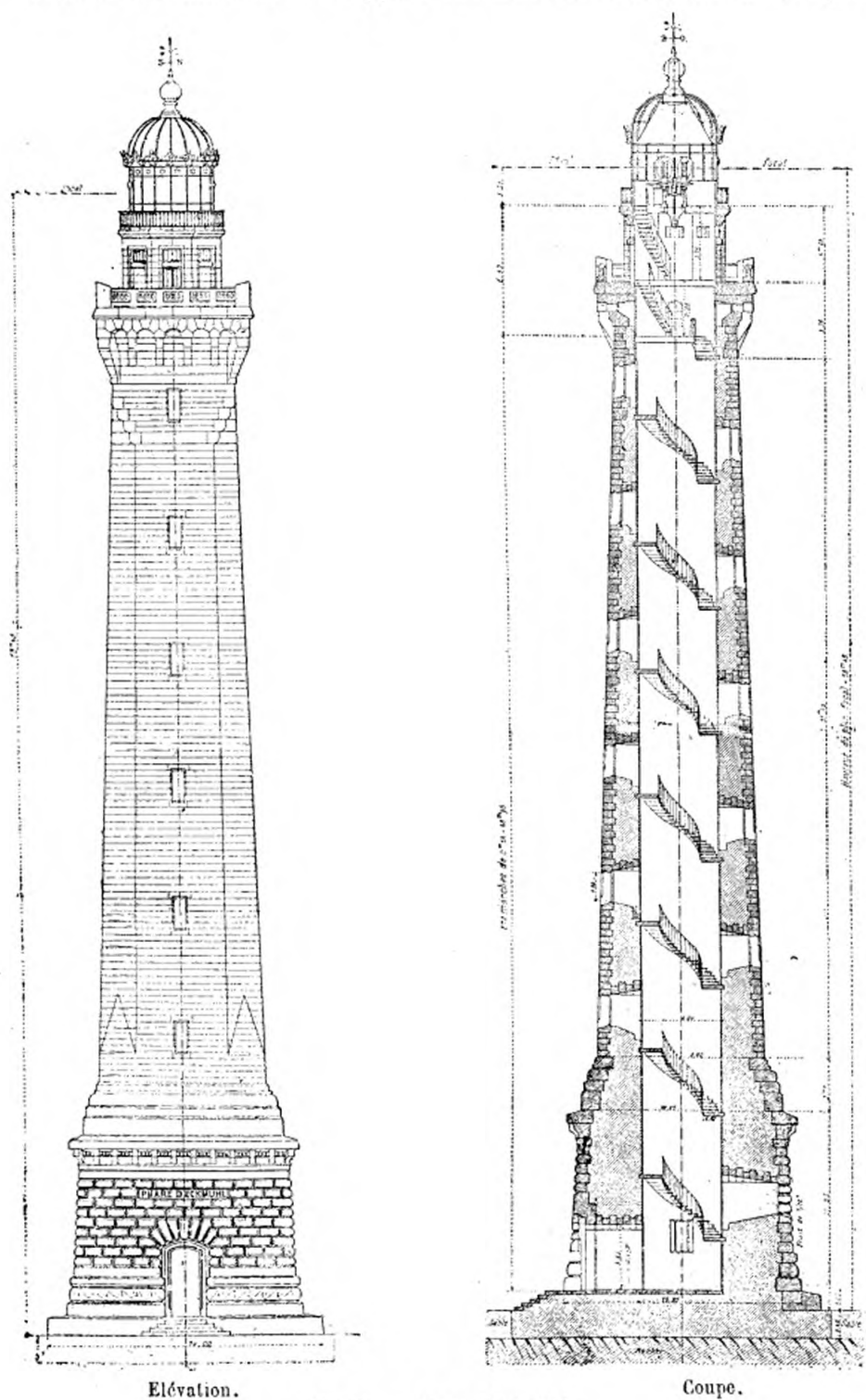


Fig. 71. — Phare d'Eckmühl.

taposition, sur une même embase tournante, de deux optiques bifocales à quatre panneaux. L'embase tournante est un plateau en fonte supporté par un arbre vertical en fer forgé, solidaire du flotteur à mercure caractéristique du système de rotation des feux-éclairs. L'arbre est guidé à sa partie supérieure par un manchon en bronze et s'engage à sa partie inférieure dans un coussinet, également en bronze, par un pivot démontable en acier qui repose sur une crapaudine.

Le coussinet peut se mouvoir verticalement dans un écrou, de manière à permettre de régler la hauteur de la crapaudine et par suite celle de l'embase de l'optique, par rapport à un pont de manœuvre mobile qui sert à l'introduction et au changement des régulateurs électriques.

Les deux optiques, portées sur un plateau en fonte, peuvent s'ouvrir diagonalement en pivotant autour d'un axe central. L'optique où l'on veut faire une manœuvre de régulateur étant ouverte et l'embase convenablement réglée et orientée, la voie ferrée qui existe sur le pont de manœuvre se trouve en concordance avec une autre voie fixée sur l'embase. Le régulateur à mettre en service peut alors être poussé sur cette dernière voie jusqu'à des arrêts qui le placent dans sa position normale, où il se trouve en contact avec des peignes en cuivre fermant le courant sur la lampe.

Les conducteurs électriques qui partent des machines se rendent chacun dans un auget annulaire rempli de mercure et constitué par une matière isolante. Chacun des conducteurs qui aboutissent aux deux régulateurs plonge de même dans un auget et ferme le courant par l'intermédiaire du mercure malgré la rotation de l'appareil.

Les avantages du système de rotation adopté pour les feux-éclairs sont surtout sensibles pour les feux électriques, car les poussières produites par la combustion des charbons paralysent rapidement le fonctionnement des chariots à galets antérieurement en usage.

La rotation de l'appareil s'effectue en 20 secondes, donnant toutes les cinq secondes des éclats réguliers blancs. On emploie des charbons de 10 cm de diamètre pour 45 ampères et de 16 cm pour 50 ampères sous 45 volts. Avec 50 ampères dans chaque optique, soit en tout 100 ampères et 4 500 watts, la puissance lumineuse dépasse 3 000 000 de becs carcel.

Machines. — Dans les premiers phares français on employait les machines de la Compagnie l'*Alliance*. Plus tard, les machines de Méri-

tens éclairèrent tous les phares électriques du monde ; mais on les juge maintenant coûteuses et encombrantes et on leur a substitué des alternateurs du système Labour.

Au phare d'Eckmühl il y a deux alternateurs diphasés susceptibles d'être accouplés mécaniquement. L'induit de ces alternateurs porte deux circuits superposés chevauchant l'un sur l'autre, chaque circuit fournissant à la vitesse de 800 tours un courant de 23 ampères à l'une des optiques jumelles. Un seul alternateur suffit dès lors pour assurer le service, l'autre étant en réserve pour les jours de brouillard.

Les moteurs à vapeur sont, dans les phares récents, munis d'un aéro-condenseur spécial qui permet de récupérer 75 0/0 de l'eau vaporisée.

Comme lampes, on emploie le régulateur Serrin, avec des modifications introduites par MM. Berjot, Meurs, Le Baron, Ciolina, etc. ; ces mécanismes ont besoin d'une constante surveillance.

En Angleterre, l'éclairage électrique s'est peu répandu ; il n'y a que quatre phares, qui en soient pourvus et le plus puissant d'entre eux, celui de Sainte-Catherine (île de Wight), n'a comme intensité que 600 000 becs carcel. Plusieurs pays étrangers ont adopté ce puissant éclairage pour leurs phares les plus importants (Odessa, Port-Saïd, Maquarie en Australie, Tino en Italie devant la Spezia).

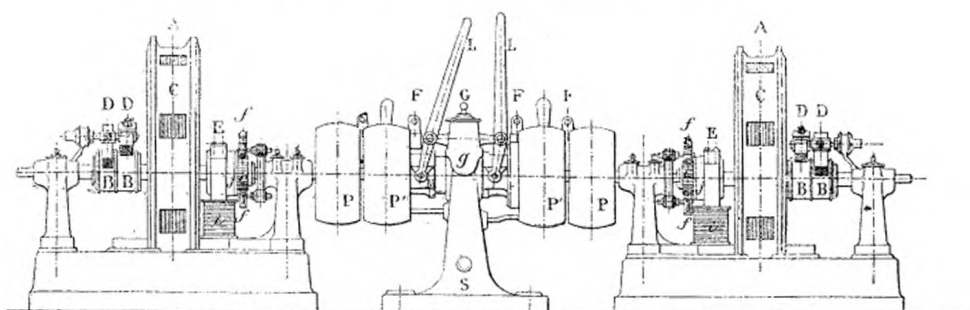
Voici la description d'une des installations électriques.

Groupes électrogènes de la Coubre et de l'île d'Yeu pour optiques à une seule lampe. — L'équipement de chacun de ces phares comprend deux alternateurs Labour monophasés (fig. 72 et 73), une colonne d'embrayage munie de poulies folles, placée entre les alternateurs, et un tableau de distribution.

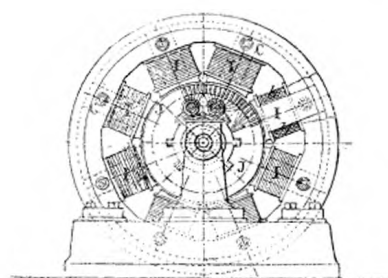
Chaque alternateur a pour inducteurs huit branches d'électro-aimants en tôles feuilletées, assemblées par l'une de leurs extrémités, à l'aide de forts boulons, avec une couronne en fonte servant de culasse commune et qui peut s'ouvrir en deux parties suivant un plan perpendiculaire à l'axe.

Chacune des branches d'électro porte un enroulement de 260 spires en fil de cuivre de 27/10 de millimètre. Ces huit enroulements sont couplés en série, le sens du courant étant interverti à chaque bobine de façon que les huit pôles libres soient alternativement Nord et Sud. La résistance totale du circuit des électros, ou circuit inducteur, est de 2,60 ohms, non compris le rhéostat de réglage dont on parlera plus

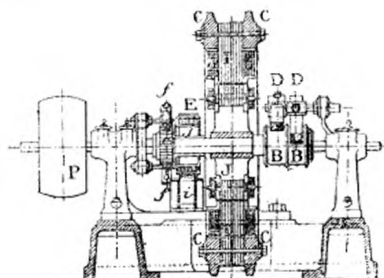
loin. Le courant d'excitation normal est d'environ 3,8 ampères, correspondant à une dépense d'excitation de 40 watts environ.



Ensemble



Elévation latérale



Coupe longitudinale.

Fig. 72 et 73. — Groupe électrogène monophasé. — Alternateurs et colonne d'embrayage.

L'induit est formé de huit bobines, enroulées sur la surface extérieure d'un anneau denté en tôles feuilletées, de 0^m,35 de diamètre extérieur. Le vide (ou entrefer) existant entre les inducteurs et l'induit est de 2^{mm},5. Le nombre des dents est de 72 pour l'ensemble de l'induit, et dans chacun des intervalles sont logés huit fils de cuivre de 32/10, faisant partie d'une bobine induite.

Chaque bobine est enroulée autour des 9 dents qui lui appartiennent, de la façon suivante : 8 premières spires autour de la dent du milieu, puis 8 autour des 3 dents du milieu, 8 autour des 3 dents du milieu, 8 autour des 7 dents du milieu et enfin 4 autour de l'ensemble des 9 dents ; elle comprend en tout 36 spires.

Grâce à cette forme d'induit sans pôles saillants, il n'y a pas d'arrachement magnétique brusque entre les pôles inducteurs et induits lorsque ceux-ci se déplacent pendant la rotation, et, par suite, la machine ne produit pas le ronflement qui caractérise la plupart des alter-

nateurs. Les huit bobines sont groupées convenablement en série en un seul circuit, qui a une résistance de 0,082 ohm et une self-induction de 4,8 millihenry. Les extrémités libres aboutissent à deux bagues collectrices, montées sur un manchon isolant calé sur l'arbre et sur chacune desquelles frotte un balai. Les deux porte-balais sont montés sur des colliers mobiles autour de l'axe et supportés par les paliers ; chacun est pressé contre la bague correspondante par un ressort, dont la tension peut être réglée à volonté en desserrant la tige qui appuie ce ressort. Les porte-balais peuvent être relevés et fixés dans leur position de repos, toutes les fois qu'on veut les visiter et nettoyer le collecteur.

L'excitatrice est une petite dynamo à courant continu bipolaire, composée d'un électro-aimant inducteur en fer à cheval, fixé sur une culasse venue de fonte avec le palier voisin, et d'un induit à anneau Gramme calé sur l'arbre de l'alternateur correspondant. Cette petite machine s'excite d'elle-même en dérivation ; son courant principal est envoyé dans les inducteurs de l'alternateur, en passant par un rhéostat à curseur qui permet d'en régler l'intensité à la valeur convenable.

La colonne d'embrayage permet de laisser tourner les courroies sur poulies folles quand l'un ou l'autre des alternateurs ne fonctionne pas, et de solidariser les deux machines mécaniquement lorsqu'on les accouple en parallèle pour réaliser le régime de 100 ampères. L'embrayage est produit par quatre doigts mobiles, qui traversent les poulies folles et viennent pénétrer dans autant de trous percés dans les joues des poulies fixes, quand on fait glisser un manchon qui les commande.

Des fourchettes mobiles permettent de déplacer la courroie, de poulie fixe sur poulie folle.

Le tableau de distribution (fig. 74) a été étudié en vue de présenter la plus grande simplicité d'organes en même temps que la plus grande clarté pour les connexions, qui sont toutes apparentes. Il a pour but de permettre l'emploi séparé de chaque alternateur au régime de 25 ou de 50 ampères, ainsi que leur couplage en parallèle pour le régime de 100 ampères.

Il reçoit, d'une part, les courants d'excitation de chaque machine aboutissant à des rhéostats de réglage, et, d'autre part, les courants alternatifs eux-mêmes, aboutissant à des interrupteurs ; ces derniers permettent d'envoyer le courant à la lampe, soit directement, soit par l'intermédiaire de la bobine de self-induction, ou réducteur de courant, qui ramène l'intensité de 50 à 25 ampères seulement. Cette bobine est

enroulée sur un noyau en tôle, fermé par une armature mobile, que l'on écarte plus ou moins à l'aide de la vis de serrage pour régler la self-induction.

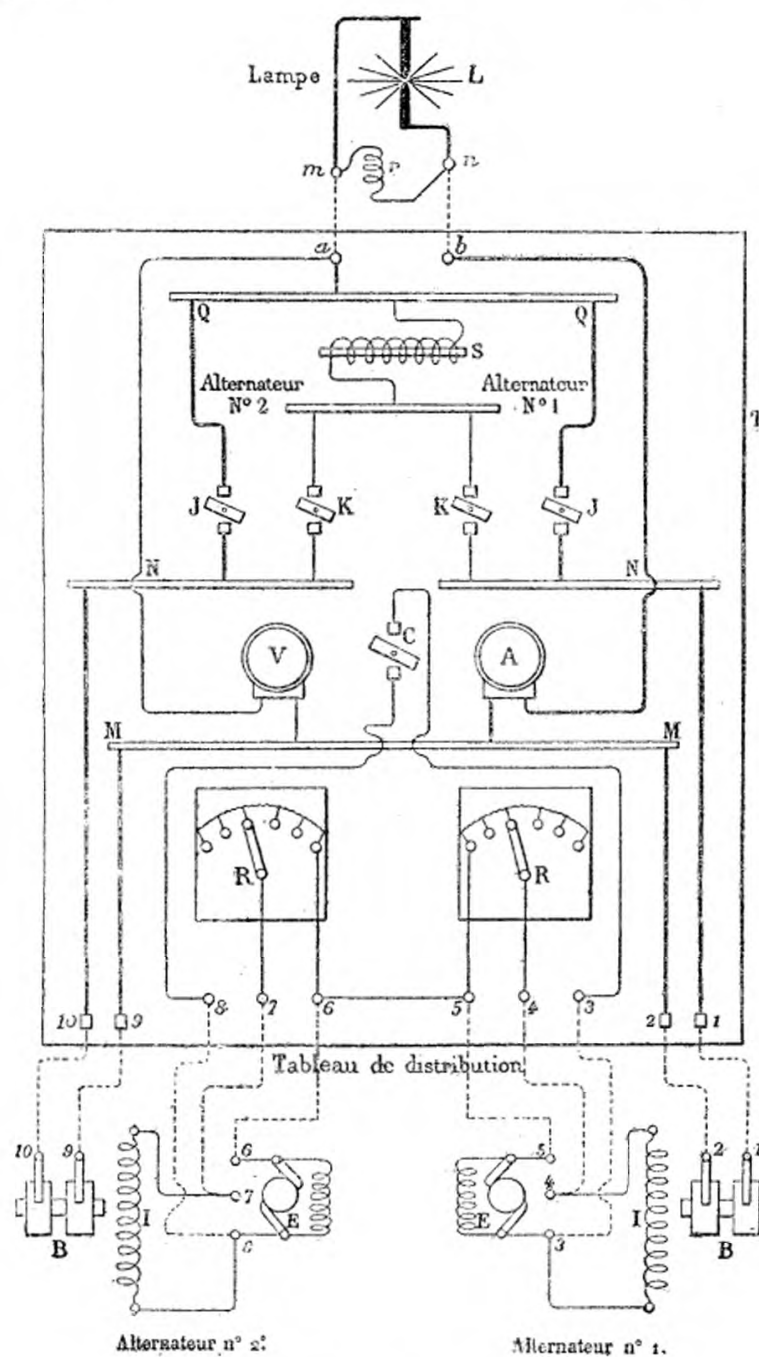


Fig. 74. — Tableau de distribution.

- | | |
|-------------|--|
| B, B | Bagues de prise de courant des deux alternateurs. |
| 1, 2, 9, 10 | Bornes d'amenée au tableau des courants alternatifs. |
| I, I | Inducteurs des alternateurs. |

E, E	Excitatrices des alternateurs.
4, 5, 6, 7	Bornes d'amenée au tableau des courants d'excitation.
R, R	Rhéostats d'excitation.
C	Coupleur ou interrupteur de couplage.
3 et 8	Bornes de jonction correspondantes.
M, M	Barre commune en connexion directe avec les pôles 2 et 9 de même signe des alternateurs et communiquant avec la borne <i>b</i> de départ.
N, N	Barres séparées en connexion avec les autres pôles 1 et 10.
A	Ampèremètre intercalé sur le courant total.
V	Voltmètre intercalé entre la borne <i>a</i> et la barre commune M, M.
J, J	Interrupteurs de lumière n° 2... } pour les alternateurs n° 1
K, K	Interrupteurs de lumière n° 1... } et n° 2 respectivement.
S	Réducteur de courant.
Q, Q	Barre commune à tous les régimes et communiquant avec la borne <i>a</i> de départ.
<i>a, b</i>	Bornes de départ et de retour du circuit de la lampe.
L	Arc électrique.
<i>r</i>	Électro-aimant régulateur de la lampe, monté en dérivation entre ses bornes <i>m, n</i> .

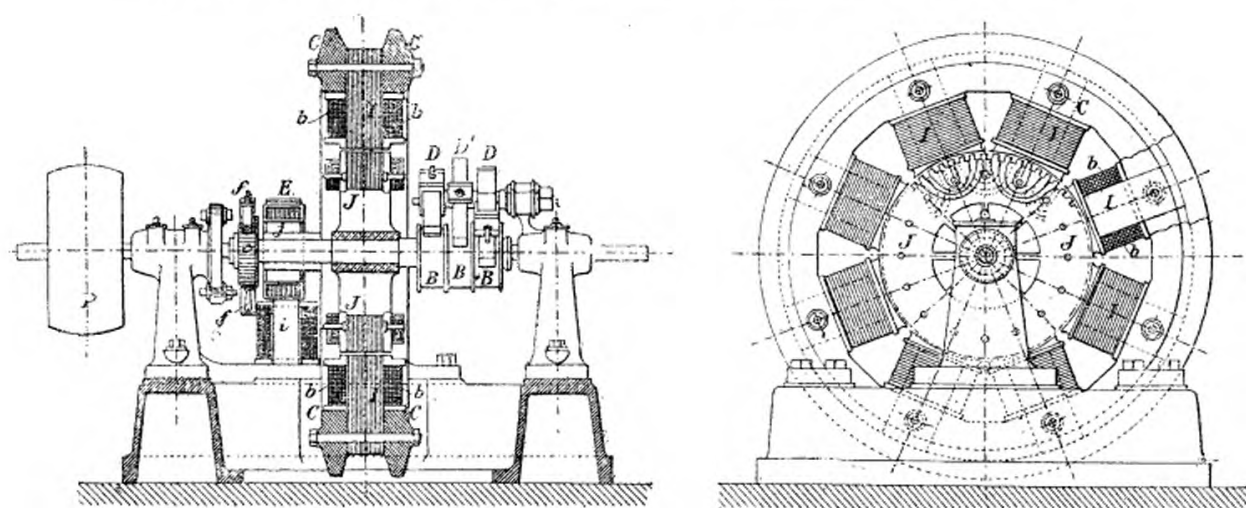
Quand on veut mettre les alternateurs en parallèle, on réunit également en parallèle leurs excitatrices à l'aide d'un commutateur, de façon à être sûr que les pôles inducteurs présentent toujours les mêmes polarités pour les deux machines.

Un voltmètre et un ampèremètre permettent de mesurer le régime du courant. Des instruments semblables sont placés dans la lanterne sur un petit tableau spécial.

Le prix de revient de l'ensemble des deux alternateurs, de leur colonne d'embrayage, du tableau de distribution et du petit tableau spécial de la lanterne a été de 9 000 francs.

Groupe électrogène diphasé pour les optiques à deux lampes. — Dans les phares électriques à optique double, qui comportent l'alimentation simultanée de deux lampes, on aurait pu se proposer d'alimenter celles-ci en parallèle par une même machine, mais l'on aurait introduit ainsi de grandes difficultés de réglage, par suite de la forte self-induction des machines. Les deux lampes se seraient influencées et dérégées mutuellement; l'extinction de l'une d'elles eût fait monter la tension aux bornes de l'autre à une valeur exagérée. On a donc posé en principe qu'elles seraient alimentées séparément. Dans de premiers essais, on employa les mêmes alternateurs monophasés que précédemment, en affectant chacun d'eux séparément à l'une des lampes, qu'il pouvait alimenter à 25 ou à 50 ampères. Mais cette solution aurait eu, en service, l'inconvénient d'exiger la marche continue des deux machines, au lieu de conserver l'une en réserve, et de réduire le rendement du plus faible régime.

On a donc été amené à étudier une troisième solution qui permette d'alimenter les deux lampes par une même machine, sans qu'elles réagissent l'une sur l'autre, c'est-à-dire pratiquement sans que l'allumage ou l'extinction de l'une d'elles fasse varier de plus de 1 ampère le régime de l'autre. Or, par le fait qu'ils ont beaucoup de self-induction, les alternateurs décrits plus haut donneraient une forte réaction



Coupe longitudinale. Fig. 75. — Groupe électrogène diphasé. Elévation latérale.

d'un circuit induit sur l'autre, si les enroulements étaient concordants. On a donc été amené à faire chevaucher ces enroulements (fig. 75)

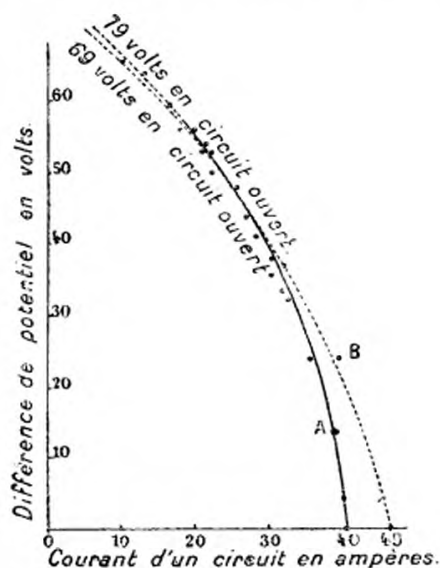


Fig. 76.

comme dans une machine diphasée, ce qui réduit au minimum l'induction mutuelle; on a dû la réduire encore davantage en diminuant le

nombre des spires et en disposant les self-inductions nécessaires en dehors de la machine sous forme de bobines de réaction, placées sur le tableau.

Dans ces conditions, les essais ont amené, après les tâtonnements nécessaires, à de très bons résultats qu'explique la figure 76. Celle-ci donne les caractéristiques d'un circuit de l'alternateur, relevées aux bornes du tableau de distribution, c'est-à-dire entre les bornes extrêmes de l'alternateur et la bobine de self-induction correspondante. La courbe A montre comment varie la tension en fonction du courant lorsque les deux circuits sont également chargés, et la courbe B lorsqu'un des circuits est maintenu à 25 ampères; on voit qu'il y a peu de différence entre les deux courbes et que le voltage en circuit ouvert (69 volts) de la courbe B suffit pour assurer une bonne stabilité de l'arc électrique alternatif, comparable à celle que donnent les machines de Méritens à 70 volts. Cette chute rapide de la caractéristique a été reconnue la condition essentielle de la stabilité ⁽¹⁾. En outre, elle permet de réaliser le maximum de puissance au régime normal (ici 25 ampères et 45 volts pour chaque circuit) et d'annuler ainsi les réactions des alternateurs sur le moteur à vapeur lorsque l'arc change de résistance.

On constate avec ces machines, en coupant brusquement le circuit d'une des lampes, que le courant de l'autre n'augmente pas de plus de 1 ampère. On peut donc changer les charbons de l'une des lampes sans arrêter la marche de l'autre, dont l'éclat ne varie pas d'une manière appréciable.

Les constantes principales des alternateurs sont les suivantes :

Inducteur à 8 pôles.

Nombre d'encoches de l'induit dans un champ : 10, contenant chacune quatre fils de chaque circuit; chaque circuit a donc 20 spires complètes par bobine, soit en tout 80 spires, et une résistance de 0,213 ohm.

Intensité du champ magnétique : environ 4 000 c. g. s.

Vitesse : 810-820 tours par minute.

Rendement : 70 à 75 p. 100, suivant la charge. Ce rendement est assez élevé, si l'on tient compte de la puissance très petite (2 200 watts) de chaque machine et de la vitesse très lente, qui a été adoptée dans un but de solidité et pour éviter les trépidations; ces conditions ne permettent d'établir aucun rapprochement entre ce cas et celui des grosses unités employées dans les stations centrales.

1. BLONDEL. *Les Machines et l'arc électriques des Phares*. — (Congrès maritime international de Londres, 1893.

Chaque bobine de réaction consomme 20 à 25 watts sous le régime de 25 ampères, ce qui est tout à fait insignifiant dans la dépense totale.

Rien ne distingue en apparence les machines et la colonne d'em-

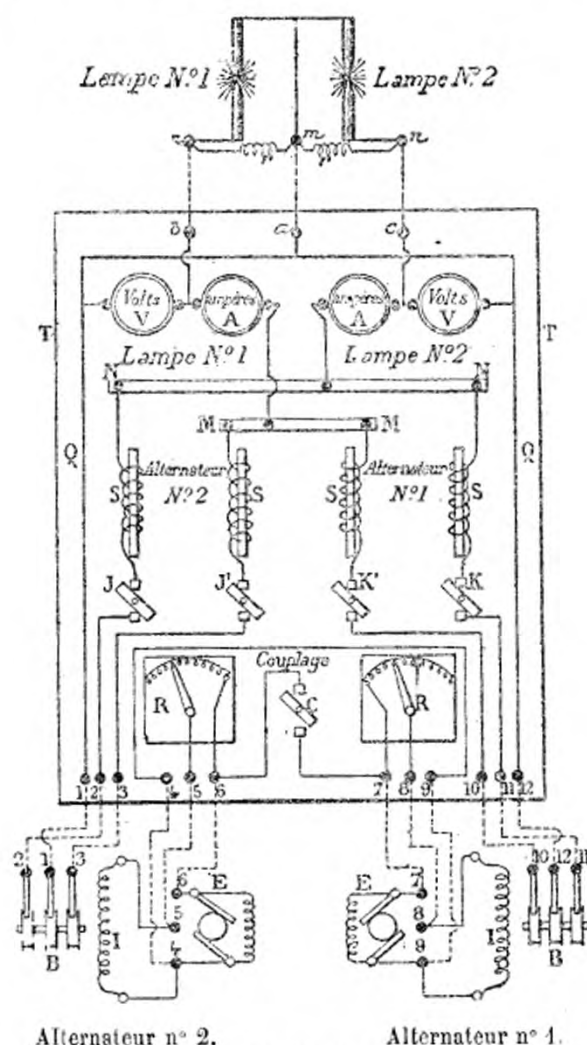


Fig. 77. — Distribution diphasée.

LÉGENDE. — B, B, bagues de prise de courant des deux alternateurs ; — 1, 2, 3, 10, 11, 12, bornes d'amenée au tableau des courants alternatifs ; — I, I, inducteurs des alternateurs ; — E, E, excitatrices des alternateurs ; — 5, 6, 7, 8, bornes d'amenée au tableau des courants d'excitation ; — R, R, rhéostats d'excitation ; — C, Coupleur ou interrupteur de couplage ; — 4, 9, bornes de jonctions correspondantes ; — b, borne de départ correspondant à la lampe n° 1 ; — c, borne de départ correspondant à la lampe n° 2 ; — a, borne de retour commune aux deux lampes ; — V, V, voltmètres intercalés chacun dans un circuit des lampes ; — A, A, ampèremètres traversés chacun par le courant aboutissant à la lampe correspondante ; — M, M, barre communiquant avec la borne b et pouvant être reliée avec un des circuits de chacun des alternateurs ; — N, N, barre analogue communiquant avec la borne c ; — J, J', K, K', interrupteurs servant à mettre les barres en communication avec les circuits correspondants ; — S, S, S, S, réducteurs de courant des quatre circuits des alternateurs ; — Q, Q, barre commune à tous les régimes et communiquant d'une manière permanente avec les bagues communes aux deux circuits de chaque alternateur ; — r, r, électro-aimant régulateur de chaque lampe, monté en dérivation entre ses bornes m et n.

déterminée de façon à produire la chute de potentiel nécessaire pour la stabilité. Les machines peuvent être ainsi employées soit isolément, soit simultanément. Chaque circuit de lampe est muni d'un ampèremètre et d'un volimètre. Quatre instruments semblables sont placés sur un petit tableau dans la lanterne pour permettre au gardien de surveiller le régime. La régulation de l'excitation et l'accouplement des machines se font comme plus haut.

Ce groupe électrogène diphasé est installé au phare d'Eckmühl. Les fig. 78 et 79 indiquent les dispositions d'ensemble de la salle des machines de cet établissement. Dans les autres phares à optique double de Gris-Nez, Planier, la Canche, Créac'h, on conserve provisoirement les machines magnéto-électriques à cinq anneaux induits et l'on se contente de séparer les induits en deux circuits distincts, formés chacun de deux anneaux et demi, dont les réactions mutuelles sont insensibles. Le tableau de distribution précédent est alors simplifié par la suppression des bobines de self-induction et des régulateurs d'excitation.

Le prix de revient de l'ensemble des deux alternateurs, de leur colonne d'embrayage, du tableau de distribution et du tableau de vérification placé dans la lanterne a été de 10 000 francs.

SOURCES DE LUMIÈRE

L'introduction des brûleurs à incandescence par le gaz, du système Auer, a ouvert à l'éclairage des phares une nouvelle voie permettant, grâce à l'éclat intrinsèque élevé des nouveaux brûleurs, la réalisation économique d'importants progrès.

Les essais, entrepris par le Service des Phares depuis 1893, ont porté sur le choix du manchon et du gaz, en même temps que sur l'influence de la pression sous laquelle il convient de débiter celui-ci.

Le manchon Auer a affirmé sa supériorité; il conviendrait d'en porter le diamètre à 4^{cm},5. Comme gaz riche, le gaz Pintsch a été trouvé le plus convenable. Il donne les meilleurs résultats sous la pression de 1^m,60 d'eau; avec de nouveaux progrès on pourra porter cette pression à 2 mètres.

La proportion d'air nécessaire à la combustion doit être de huit fois celle du gaz lui-même. Un brûleur spécial a été adopté pour son injection.

Au gaz riche, on a substitué avec avantage la vapeur de pétrole com-

primée, consommée dans un brûleur approprié, sous pression minimum de 2 kg. La consommation est de 3 grammes par bec Carcel d'intensité réalisé dans le manchon.

Le système est appliqué dans les phares de l'île Penfret, du Four, des Roches Douvres, de Kermorvan, des Grands Charpentiers, etc.

Eclairage des tours-balises. — On peut éclairer les balises au moyen des appareils Pintsch, employés pour les bouées lumineuses, mais ce procédé impose des sujétions qui, acceptables pour les bouées où l'on n'a pas encore de systèmes meilleurs et partout applicables, peuvent être évitées à terre.

Sur l'écueil de las Puercas, à Cadix, on a installé une lanterne électrique alimentée par le courant de batteries Daniell; mais on n'a obtenu qu'une faible lumière, ce à quoi il est d'ailleurs facile de remédier. Il n'existe pourtant pas d'autre exemple d'éclairage électrique des balises.

En France, on a essayé la gazoline, contenue dans des réservoirs que les gardiens n'ont besoin de remplir que tous les trois mois, en

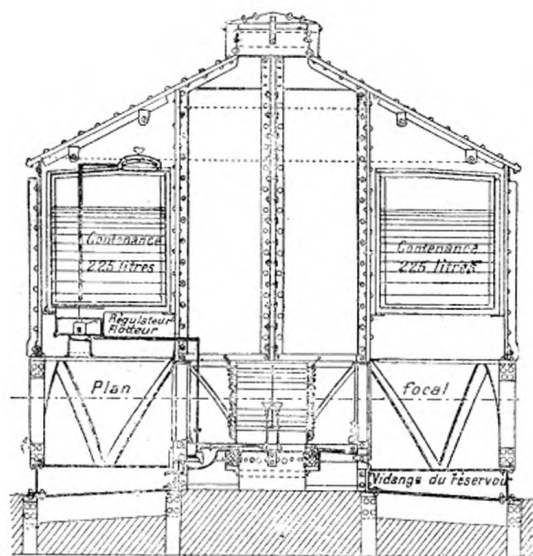


Fig. 80. — Eclairage à la gazoline d'une tour-balise.

même temps qu'ils chargent les brûleurs (fig. 80). La gazoline employée pesait 670 grammes le litre. L'appareil coûtait 7 000 francs et les frais

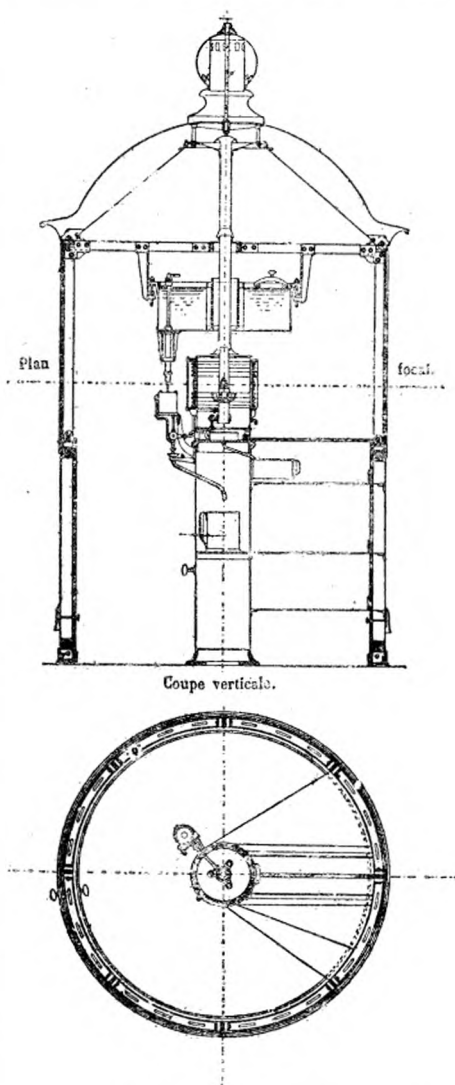
d'entretien annuel étaient de 1 000 francs. On en a installé à Lavardin (île de Ré), aux Chiens-Perrins (île d'Yeu) et au Menhir, devant Penmarch. Mais dans les installations récentes on a préféré l'huile minérale ordinaire (Le Palais, Saint-Waast, Morées (Saint-Nazaire). Les appareils brûlent plus de deux mois sans renouvellement.

Feux permanents.

— En France, les tours-balises sont aujourd'hui éclairées par de petits feux à une mèche, alimentés à l'huile minérale ordinaire et fonctionnant plusieurs mois sans gardien. Sur la mèche est déposée une couche de goudron carbonisé, grâce à laquelle la vaporisation de l'huile se fait latéralement et dure longtemps.

Ces feux permanents (fig. 81) sont disposés dans des lanternes à ventilation spéciale obtenue en installant de larges admission d'air à leur base et des revêtements intérieurs en bois ou en toiles incombustibles, destinés à intercepter la chaleur rayonnante. On prévient ainsi la formation de la buée et du givre.

Balise lumineuse. — L'extrémité du môle Carnot, à Boulogne,



est très exposée aux paquets de mer, qui s'y élèvent à trente-cinq mètres de hauteur. Le feu qui signale le musoir ne pouvait donc être confié à un gardien et l'on y a disposé une balise lumineuse, placée à 15^m,60 au-dessus des hautes mers moyennes. Elle est constituée par un réservoir cylindrique en tôle d'acier de 10 mm ayant 1^m,16 de diamètre, 4^m,60 de hauteur et 4^m3,5 de capacité. Le gaz d'huile y est comprimé à 6 kg. L'intensité en service courant est de 10 carcelles.

Le chargement est opéré par un accumulateur de 5^m3,500 de capacité, construit comme le réservoir de la balise.

A Bilbao, les extrémités des deux môles en construction sont indiquées par des bouées lumineuses, blanches sur le môle extérieur et rouges sur l'autre. Elles sont alimentées au gaz d'huile produit dans une fabrique spéciale. Le gaz s'accumule à onze atmosphères dans trois récipients portés par une gabare qui va charger successivement les bouées à sept atmosphères, au moyen d'un tube flexible.

Legaz brûle constamment et la provision suffit pour plus de cinquante jours. Par an la fabrique fonctionne neuf fois durant trois à quatre jours.

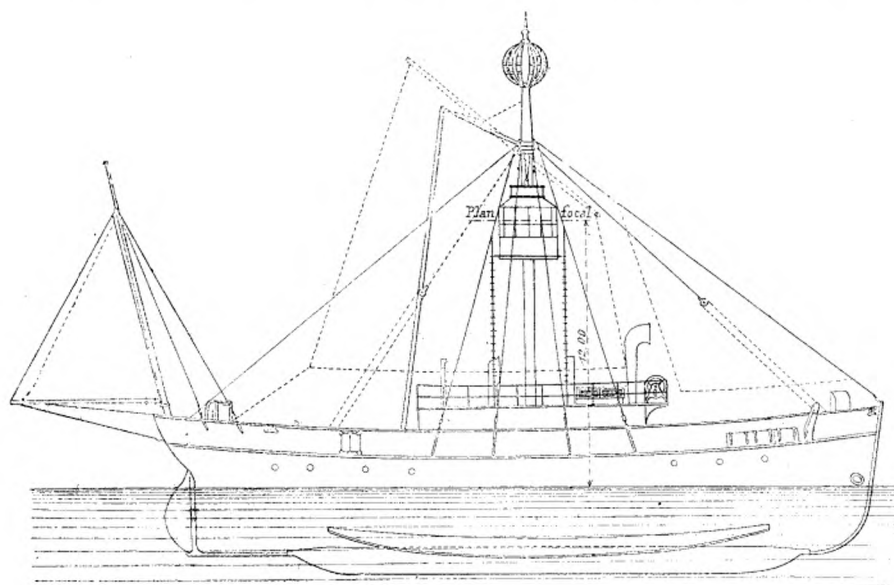
FEUX FLOTTANTS

Les feux flottants sont employés soit comme indicateurs d'atterrissage ainsi qu'un phare, soit pour signaler un danger, un banc, soit enfin pour baliser un chenal ou l'accès d'une rade. Aujourd'hui en France, les bateaux-feux sont réservés au premier rôle et il n'en existe plus que quelques-uns, surtout à Dunkerque. Dans tous les autres cas, on emploie les bouées lumineuses, moins coûteuses et qui par conséquent peuvent être multipliées. Il y en a plus de cent sur les côtes. Ces bouées sont à queue; elles sont munies de fanaux avec lentilles de 20 à 30 cm de diamètre. La consommation est de 20 à 30 lit. de gaz ordinaire comprimé à six atmosphères (Minquiers, rade de Dunkerque, chenal de la Seine, entrées de la Seine, de la Loire, de la Gironde, etc.).

Ruytingen (fig. 82). — Après de nombreuses recherches, on a reconnu que la stabilité des bateaux-phares pouvait être obtenue avec les formes ordinaires. Le *Ruytingen* a les caractéristiques suivantes:

Longueur entre perpendiculaires.	30 m.
Largeur au plat-bord du pont.	7,80 —
— à la flottaison.	7,33 —
Creux	4,20 —
Déplacement en charge.	340 tonnes.

La hauteur métacentrique est de 83 cm. Le navire est fortement lesté latéralement ; il possède trois quilles : une centrale de 1 m de hauteur, deux latérales de 70 cm, constituées par de la tôle bordée de



Ruytingen.

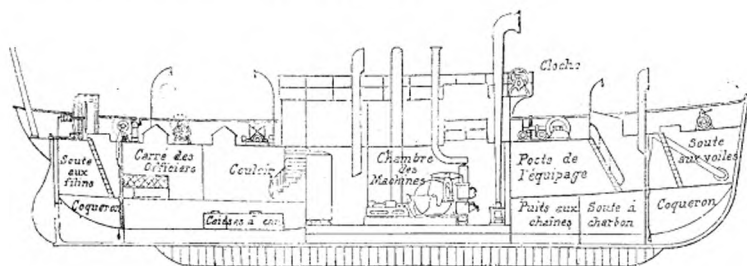


Fig. 82. — Coupe du *Ruytingen*.

cornières et appuyée de mètre en mètre par des taquets métalliques.

La stabilité est déterminée de façon que les oscillations du tangage et du roulis ne peuvent être synchrones à celles des vagues. La durée de roulis est doublée et l'amplitude réduite de moitié.

Le bateau est mouillé par 20 m d'eau ; l'amplitude maximum du roulis a été de 40° ; la coque en acier est divisée en cinq compartiments étanches.

Le mât est un tube en tôle d'acier de 8 mm ; il a 18 m de longueur et 46 cm de diamètre ; la lanterne se hisse par un treuil, l'enveloppe est constituée par un cylindre de 2^m,45 de diamètre, en tôle d'acier de 3 mm dans la partie inférieure et en glaces courbes dans le haut ; la hauteur totale est de 3^m,25 : elle embrasse le mât par un manchon cylindrique en tôle roulant sur des galets.

L'appareil d'éclairage se compose de trois photophores réunis dans un même plan vertical ; chacun d'eux a 50 cm de diamètre avec lampes à deux mèches. La puissance est de 1 200 becs carcel.

Le navire est mouillé sur une ancre à champignon pesant deux tonnes ; la chaîne, de 40 mm, est longue de 300 m, dont 250 mouillés ; pour éviter les *coques* on place des émerillons tous les 50 m, et à chaque basse-mer de vive eau on vire la chaîne à pic pour la redresser et la visiter.

Le bateau est muni d'une sirène qui fonctionne pendant les brouillards. L'air est comprimé par deux compresseurs actionnés par des moteurs à air chaud, de 9 chevaux chacun, qu'on met en marche en une demi-heure. Par seconde de son le débit d'air est de 160 lit. (sous la pression atmosphérique).

Le personnel passe quinze jours à terre après chaque mois de service ; il comprend : un capitaine et son second, douze matelots et deux chauffeurs mécaniciens.

L'établissement a coûté 270 000 francs ; la dépense annuelle est de 40 000 francs.

Nouveaux bateaux-feux. — Les bateaux-feux tels que le *Ruytingen* et le *Nouveau-Dyck* sont coûteux de frais d'établissement et d'entretien. L'éclairage au gaz permettant les aménagements moins considérables, on a pu durant ces dernières années construire en France des bateaux plus petits contenant des réservoirs de gaz et dont les appareils d'éclairage sont installés à poste fixe au sommet d'un mât métallique tubulaire par l'intérieur duquel on y accède.

Trois nouveaux bateaux ont été ainsi installés : l'un sans gardien, à Rochebonne, a 14^m,50 de longueur ; un autre à Talais (Gironde), de 18^m,50, est monté par trois hommes. A la suppression du roulis concourent l'abaissement du levier métacentrique, l'augmentation des moments d'inertie par le mât et d'adjonction de quilles latérales très développées.

Snouw. — Les divers perfectionnements ont été réunis sur le bateau

construit pour le poste du *Snow* près de Dunkerque (fig. 83) dont voici les dimensions :

Longueur.....	20 ^m ,00
Largeur hors membres au maître-couple....	6 ^m ,60
Creux.....	3 ^m ,99
Tirant d'eau (y compris une quille centrale de 0 ^m ,75 de hauteur).....	3 ^m ,57
Déplacement.....	126 t ^s

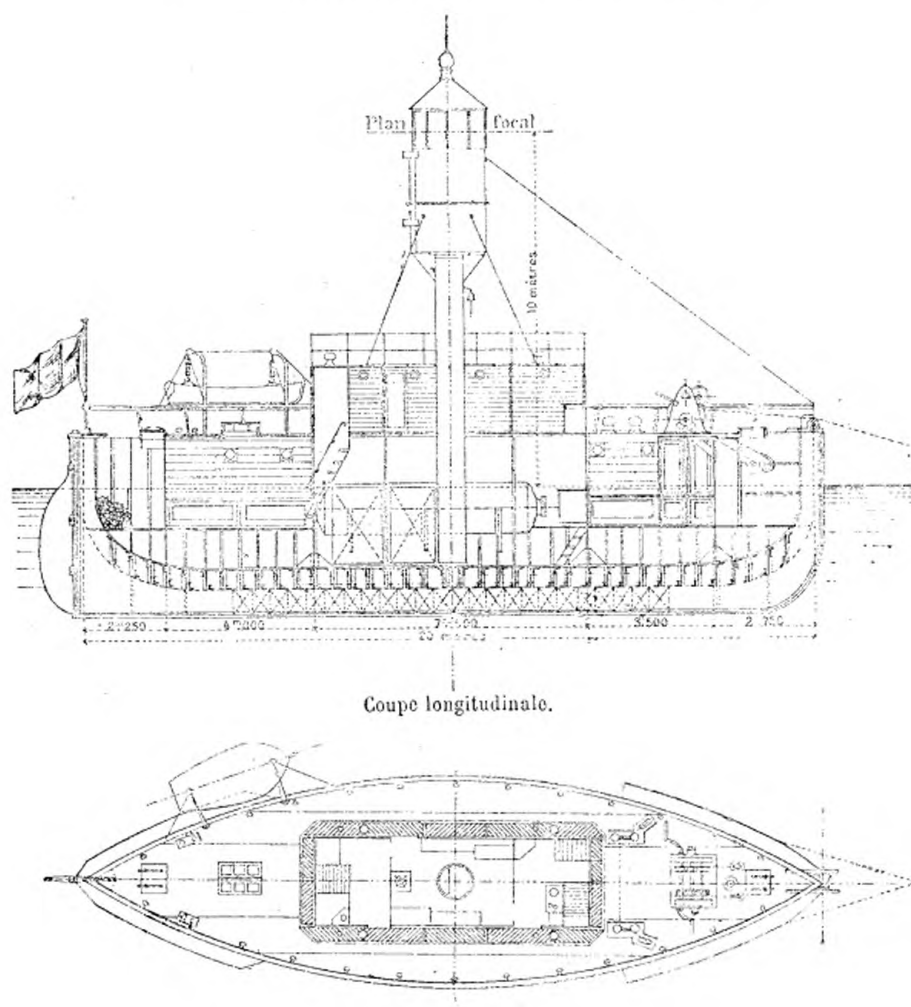
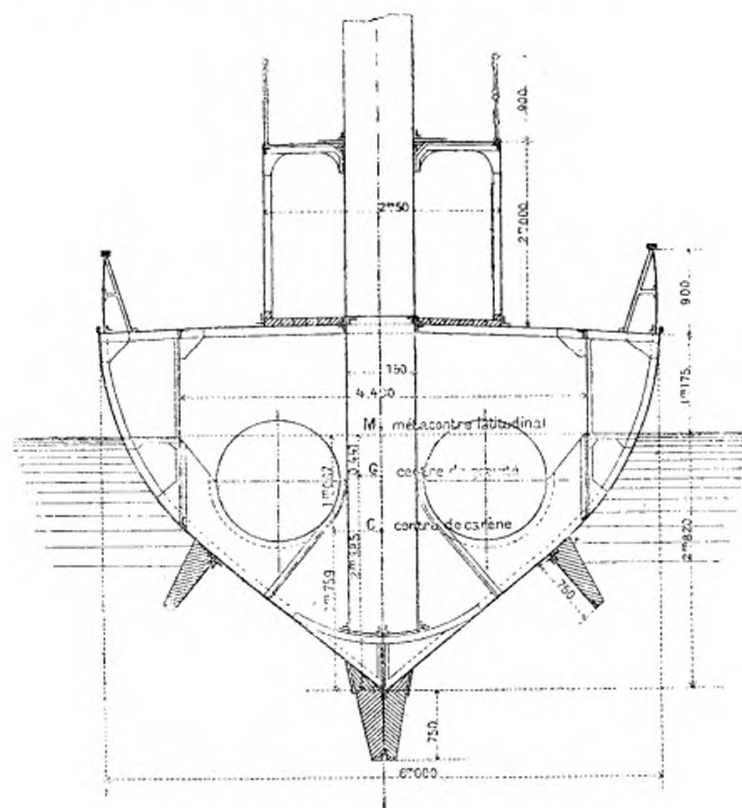


Fig. 83. — *Snow*. — Plan.

La lanterne et l'appareil d'éclairage établis au sommet du mât tubulaire sont analogues à ceux du feu de Talais, mais de dimensions un peu plus fortes, la lanterne ayant 1^m,80 de diamètre au lieu de 1^m,60 et

l'optique à quatre panneaux de $0^m,23$ de distance focale étant montée sur un support pendulaire de plus grande longueur.

La surface de flottaison était réduite de $79^m,53$ à $71^m,72$. Le bras de levier métacentrique était de $0^m,44$ dans le sens transversal et de $9^m,30$ dans le sens longitudinal. La durée d'oscillation simple était de $4^{\text{sec}}4$ pour le roulis et de $2^{\text{sec}}3$ pour le tangage.



Coupe transversale.

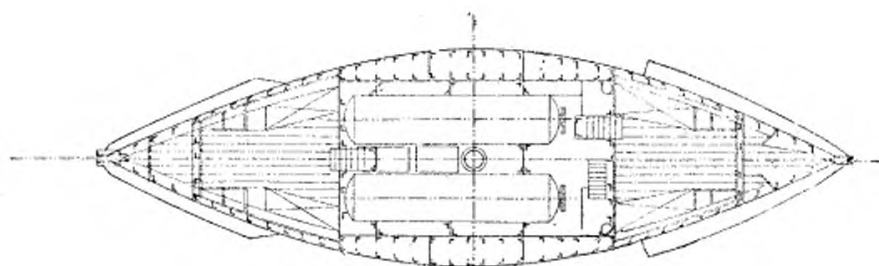


Fig. 84. — Snouw-Plan, le pont enlevé.

Le système de mouillage est le même qu'à Talais. Toutefois, le *Snouw* a été muni d'un guindeau à bras au moyen duquel on pourrait, le cas échéant, visiter la chaîne à l'aide d'une corvée embarquée par le Baliseur.

Royan, où il a subi des tempêtes violentes sans que le fonctionnement de l'appareil ait été arrêté. Une amélioration a été obtenue dans la stabilité au tangage, mais une expérience plus prolongée est nécessaire pour voir si elle sera suffisante.

Cette expérience se poursuit. Même si elle conduit à des modifications nouvelles, on est assez près de la solution pour qu'il n'y ait pas de doutes sur le résultat final.

Les feux flottants n'étaient guère éclairés jusqu'à ces dernières années que par des lampes à réflecteurs. Aujourd'hui, ils sont munis, en France, de feux lenticulaires à éclats de grande puissance, dont la suspension a nécessité une installation spéciale, pour éviter des inclinaisons supérieures à 10° qui auraient pu occasionner la disparition d'un éclat et par suite l'altération du caractère du feu.

On a utilisé à cet effet les propriétés du pendule composé (fig. 83).

L'optique lenticulaire à quatre panneaux de $0^m,25$ de distance focale est prolongée à sa partie inférieure par une tige portant un contrepoids en plomb. Cette tige est fixée par une articulation à la Cardan, placée au-dessous de l'appareil, au centre d'un cercle horizontal mû par la machine de rotation et roulant sur des billes en acier. Au sommet de l'appareil se trouve un second contrepoids en plomb. Le poids total de l'appareil est de 700 kilogrammes.

Les dimensions de l'appareil et les contrepoids sont calculés de façon que le centre de gravité soit à 15 mm au dessous du point de suspension.

Dans ces conditions la durée d'une oscillation simple de l'appareil est voisine de 8 secondes. La durée d'une demi-période de roulis est d'ailleurs de $4^{sec},2$. La différence entre ces deux durées est suffisante pour que les écarts de l'appareil par rapport à la verticale ne puissent nuire à l'éclairage.

On pourrait augmenter cette différence en réduisant la longueur a par une légère modification des contrepoids. Mais l'expérience a montré qu'au-dessous de cette valeur de a l'appareil n'avait pas une stabilité suffisante, qu'il tendait à décrire un cône au lieu de tourner autour de son axe et que, étant plus indifférent, il pouvait atteindre, sous l'effet d'un choc accidentel, de trop grandes amplitudes.

Une des conditions essentielles pour que le pendule ait bien, dans les roulis et tangages du navire, l'insensibilité cherchée, est que, à l'encontre de ce qui convient au navire par rapport à l'action de la lame, son mouvement ne soit point amorti et qu'il soit extrêmement libre sur ses supports. Pour réaliser cette condition, on a dû constituer les deux axes de rotation de l'articulation à la Cardan au moyen de

couteaux en acier extra-vif reposant sur des portées de même métal.

Au sommet de la lanterne sont installées dans le sens longitudinal et dans le sens transversal des règles circulaires graduées sur lesquelles l'appareil inscrit, au moyen d'un crayon à ressort placé à son sommet, ses plus grands mouvements par rapport à la lanterne, tant au tangage qu'au roulis. En observant les inclinaisons du bateau simultanément sur ces règles et au moyen d'échelles placées sur le pont et de viseurs dirigés vers l'horizon ou vers des points fixes à terre, on a reconnu que l'appareil ne s'écartait pas de la verticale de plus de 9 degrés.

L'appareil peut être rendu fixe, pour les nettoyages ou changements de brûleurs, au moyen de supports mobiles à vis prenant appui soit sur le toit de la lanterne, soit sur les consoles portant l'articulation à la Cardan.

Le roulement sur billes est le seul qui ait paru applicable en l'espèce, en raison des directions variables suivant lesquelles agit le poids de l'appareil. Mais on a pu constater que ce système de roulement, très bon quand il s'applique à de faibles poids, donne lieu à des résistances assez considérables lorsque les poids sont élevés. Pour obtenir une révolution régulière de l'appareil en 20 secondes, il a fallu actionner la machine de rotation au moyen d'un poids moteur de 180 kilogrammes sur un brin descendant de 4^m,20 par heure.

Illuminant. — L'appareil est illuminé à incandescence par le gaz d'huile comprimé. Le gaz est conduit, par un tuyau fixe, des réservoirs accumulateurs contenus dans le bateau jusqu'au sommet du mât. De là il passe, par un raccord à mercure, dans un ajutage qu'un train d'engrenage commandé par la machine de rotation fait tourner exactement avec la vitesse de l'appareil. L'ajutage est relié par un tuyau flexible en caoutchouc avec la tige inférieure de l'appareil qui est percée d'un trou central permettant l'arrivée du gaz au brûleur. Ce système laisse à l'appareil toute sa liberté de mouvements ; il lui permet, quand la lanterne est entraînée dans le mouvement du navire, de prendre des inclinaisons par rapport à l'axe du mât atteignant 23 degrés. Pour parer à l'effet de chocs accidentels qui pourraient détériorer le manchon incandescent, on a muni de défenses en caoutchouc toutes les parties de l'appareil et de la lanterne susceptibles de se rencontrer.

On avait, au début, quelques craintes au sujet de la possibilité d'assurer, dans les mouvements du navire, le fonctionnement régulier des manchons, qui sont très fragiles. Ces craintes ne se sont pas réalisées.

La durée des manchons est, à bord des nouveaux feux flottants, à peu près aussi grande que dans les phares ordinaires.

La consommation du gaz est d'environ 160 lit. à l'heure, soit, pour 3 600 heures d'éclairage annuel, 576 m³.

La puissance lumineuse du feu est de 3 500 becs Carcel.

Le bateau est illuminé à incandescence, au gaz d'huile comprimé.

Brûleur pour le gaz riche à l'huile. — Un tube vertical porte à sa partie supérieure le bunsen et un manchon Auer. Sous le tube est un injecteur percé d'un trou capillaire par lequel le gaz comprimé est projeté dans l'axe du tube supérieur. Il entraîne l'air et le refoule au bunsen, en se mélangeant intimement avec lui.

Les proportions du diamètre et des orifices sont en relation avec la pression, pour assurer la combustion complète.

Bec pour l'huile minérale (fig. 86 et 87). — Le bec spécial est sans disque. Son tube intérieur T, de 20 mm de diamètre, est muni d'une mèche ayant une épaisseur triple de celle qui est en usage dans les phares. Cette mèche, cousue sur son porte-mèche, est mobile dans un conduit annulaire à la partie supérieure duquel elle est coincée entre une virole de serrage S, qui est maintenue à l'aide d'un assemblage à baïonnette, et une virole cannelée, fixée sur le tube T. Le conduit annulaire du courant d'air extérieur porte un registre R pour régler l'admission de cet air; il peut être coiffé par deux sortes de viroles dont le bord supérieur est recourbé du côté du centre, pour l'une C, suivant une circonférence, pour l'autre D, en ligne droite, inclinée à 45 degrés sur la verticale.

La virole C est la virole de croûtage et sert à la préparation du bec. La virole D est la virole de marche et sert au fonctionnement du feu.

Préparation du bec. — La préparation d'un bec de feu permanent consiste à provoquer le dépôt d'une couche mince et uniforme de goudron carbonisé à la surface de la mèche. Celle-ci est alors dite « croûtée » et n'éprouve plus que des changements d'état relativement faibles en marche normale, pendant une période dont la durée peut être de plus de cent jours.

Pose de la mèche et opération du flambage. — La mèche ayant été cousue à la partie supérieure du porte-mèche est tout d'abord coupée de manière à déborder celui-ci de 33 mm environ. On l'engage

ensuite dans le bec jusqu'à ce que le haut du porte-mèche affleure la partie supérieure du conduit annulaire du bec. On glisse le long de la

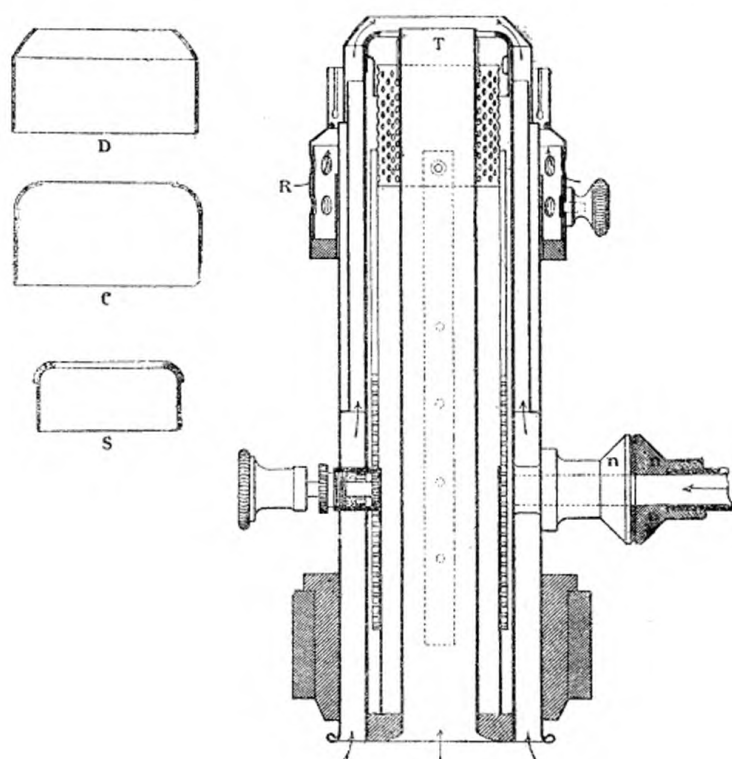


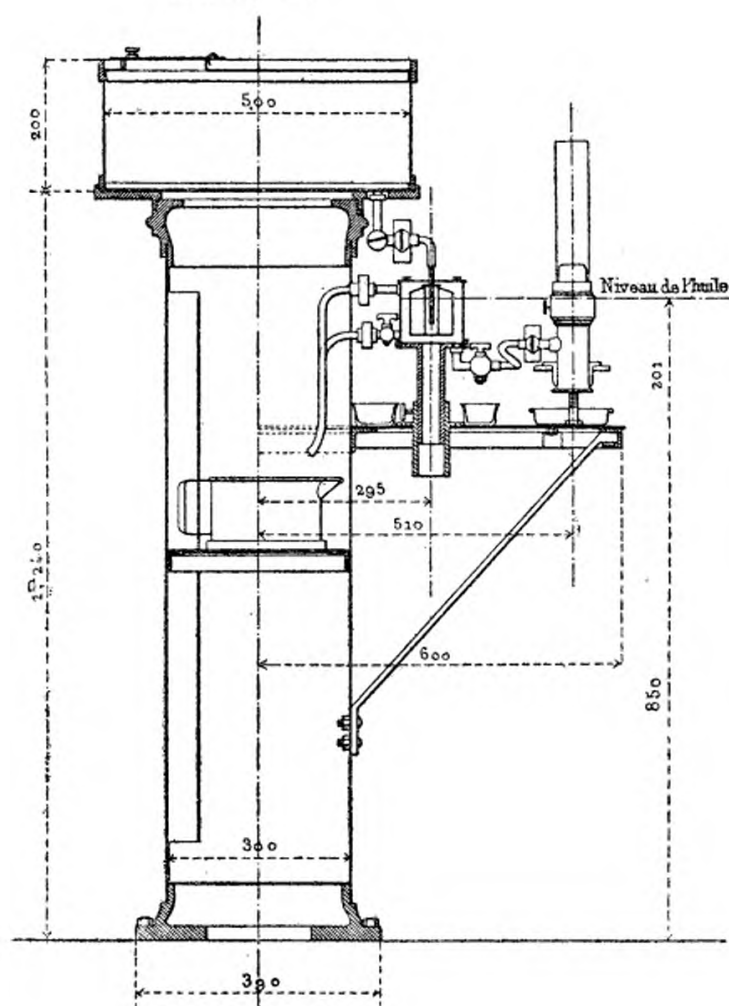
Fig. 86. — Bec pour l'huile minérale.

mèche la virole de serrage S et on l'engage par ses raccords à baïonnette. On ramène alors la mèche au moyen du bouton de la crémaillère jusqu'à 1 mm au-dessus de la couronne du tube T et on l'égalise avec des ciseaux à fleur de ce tube. On humecte la mèche en versant à la partie supérieure une petite quantité de pétrole, on l'allume et on la laisse brûler sans cheminée jusqu'à extinction. On enlève ensuite la cendre formée avec un pinceau doux passé légèrement sur la mèche.

Le flambage doit être fait avec beaucoup de soin et l'on ne doit pas hésiter à le recommencer si des portions de la trame imparfaitement brûlées forment de petites protubérances, ou si des filaments brûlés laissent des trous à la surface supérieure de la mèche après l'extinction.

L'alimentation du brûleur en huile minérale est faite par un réservoir inférieur, dont le débit est rendu constant par un régulateur.

Coupe verticale.



Plan

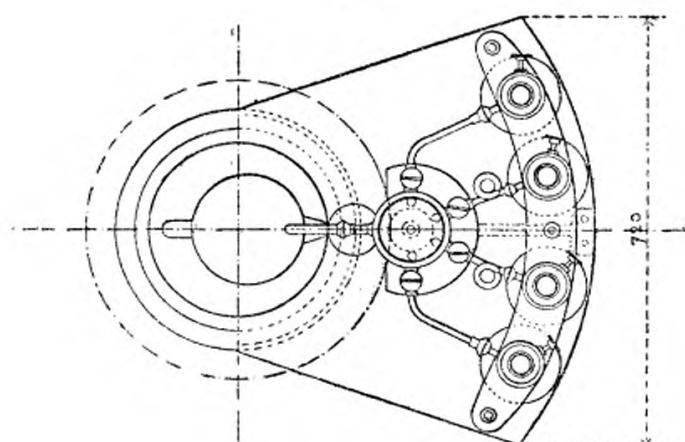


Fig. 87. — Bec pour l'huile minérale.

Ce régulateur (fig. 88) se compose d'un flotteur cylindrique F qui porte dans sa partie centrale une éprouvette E contenant du mercure dans lequel plonge le tube amenant l'huile du réservoir. Le flotteur, centré par un couvercle à vis, se meut verticalement, avec un peu de jeu, dans un récipient V réuni au brûleur par un tube B fixé sur son fond. Il est en outre muni d'un tube de trop-plein P.

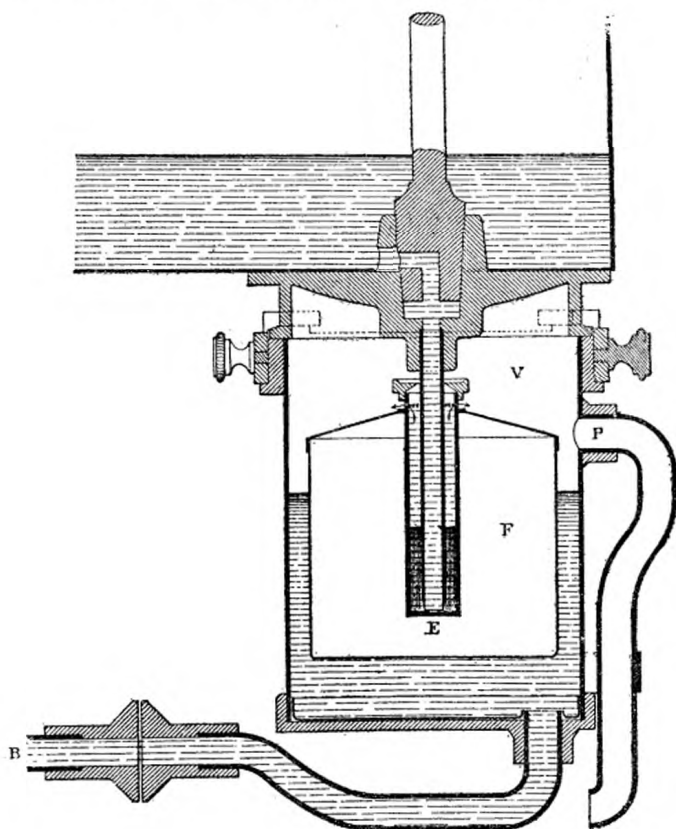


Fig. 88. — Régulateur de débit.

On remplit le réservoir après avoir fermé, au moyen de la poignée placée au-dessus du couvercle, le robinet intérieur qui le met en communication avec le régulateur, puis on ouvre ce robinet lentement de manière à éviter les projections de mercure hors de l'éprouvette. L'huile s'écoule, remplit l'éprouvette, se déverse dans le récipient et fait monter le flotteur. A mesure que celui-ci s'élève, le tube du réservoir s'enfonce progressivement dans le mercure qui réduit le

débit de l'huile jusqu'à l'annuler. A ce moment, la hauteur de l'huile dans le récipient V doit atteindre le niveau normal fixé pour la régularité de la combustion du brûleur, c'est-à-dire 4 ou 5 cm en contre-bas de la couronne du bec, et l'on peut dès lors procéder à l'allumage.

Au fur et à mesure de la consommation de l'huile, ce liquide s'écoule du récipient et fait baisser le flotteur jusqu'à ce que le débit du réservoir égale celui du brûleur. Le régime s'établit ensuite d'une façon permanente et l'appareil fonctionne automatiquement.

Brûleurs pour la vapeur de pétrole. — Le principe est l'injection du pétrole liquide dans un vaporisateur chauffé par le manchon. La vapeur produite se rend au bunsen du manchon, après mélange avec l'air. Au début, le vaporisateur est chauffé directement à l'alcool.

Pour obtenir l'éclat intensif, il faut augmenter la surface de chauffe et la température du vaporisateur. Si la nature de l'optique le permet, on lui donne la forme d'un U renversé dont les branches serrent d'aussi près que possible le manchon.

Pour les appareils de feux-éclairs à trois éclats groupés, et dans les anciens appareils dont l'optique seule est tournante, on supprime au moins l'une des branches de l'U du vaporisateur. Dans le dispositif alors adopté, le tube de pétrole est accolé au vaporisateur. Les deux tubes communiquent entre eux par un réservoir qui supplée à la réduction de la surface de chauffe résultant de cette combinaison.

Disposition d'ensemble. — Un réservoir de pétrole, de 4 lit. de capacité au moins, communique d'une part avec le brûleur par un tube muni d'un filtre en rotin, d'autre part avec un réservoir contenant de l'air à la pression de 6 kg. et d'une capacité au moins double.

La conduite de jonction des deux réservoirs porte un manomètre et un petit détendeur d'air, permettant de régler la pression de l'air sur le pétrole dont le débit est réglé par un robinet à pointeau.

SIGNAUX SONORES

Sirène. — La sirène à air comprimé est le seul instrument entré en grand dans la pratique. Les sons graves portant plus loin que les autres, la note adoptée est le mi_3 (326 vibrations). L'appareil s'entend d'autant mieux qu'il est plus haut situé. La pression adoptée est de 2 kg. par centimètre carré.

La perte d'air est considérable, elle ne descend jamais à moins du tiers. Le maintien constant de la pression étant très important, est constaté par un manomètre enregistreur.

La consommation d'air est de 400 lit. par seconde, soit en réalité à peu près 200 lit. sous la pression de 2 kg. ; le diamètre de l'appareil est de 13 cm ; les fentes sont au nombre de vingt. Le pavillon, dont la longueur et la forme influent beaucoup sur l'intensité, est celui qu'indique la fig. 89.

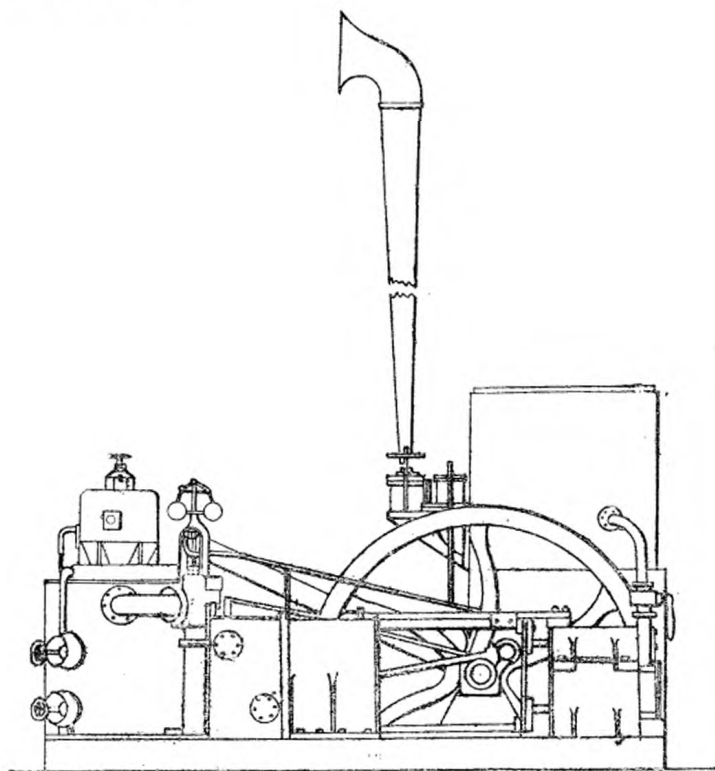


Fig. 89. — Sirène.

Le moteur de 7 à 8 chevaux produit en moyenne par minute un son de trois secondes. C'est un rendement excessivement faible, à cause de l'imperfection des instruments.

A Calais et au Havre on emploie des trompettes à anche vibrante de grande dimension ; l'anche est une lame d'acier de 13 cm de largeur, 227 mm de longueur libre et 9 à 17 mm d'épaisseur.

Machinerie. — Les machineries approvisionnent dans des réservoirs ou accumulateurs une quantité d'air suffisante pour actionner la sirène en cas de brume. Les réservoirs ont 5 m³ de capacité ; il en faut plusieurs ; ils sont chargés à 15 kg, et l'air qui s'en écoule passe par un détenteur.

Quand la sirène fait partie d'un phare au sommet duquel elle est située, l'air des accumulateurs se rend par une conduite en fer galvanisé de 12 cm de diamètre à un réservoir de 500 lit., placé près de l'appareil.

Le plan, fig. 90, montre l'ensemble de la machinerie du phare électrique d'Eckmühl.

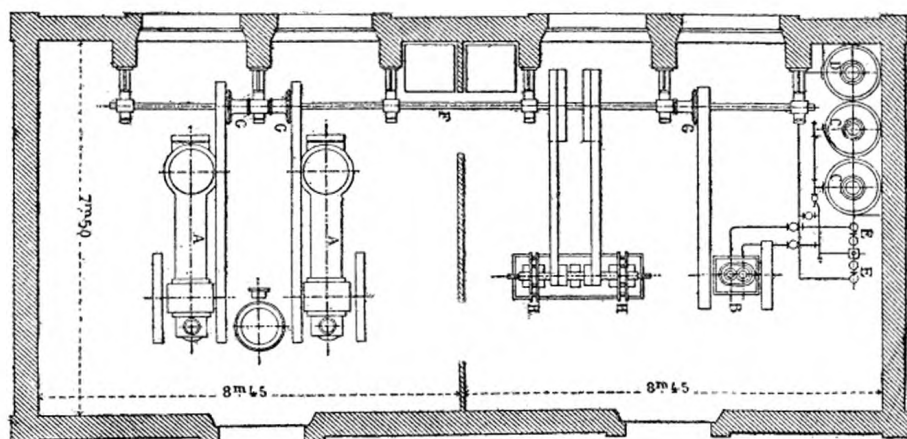


Fig. 90. — Phare d'Eckmühl. — Plan de la salle des machines.

AA.	Deux moteurs à vapeur de 18 chevaux chacun avec intercommunication et aérocondenseur.....	23 320 francs.
B.	Compresseur d'air du système Genty à 4 cylindres.....	7 500
CC.	Deux réservoirs accumulateurs de 5 mètres cubes de contenance chacun, timbrés à 15 kilogrammes.....	6 800
D.	Un réservoir distributeur de 5 mètres cubes de contenance, timbré à 15 kilogrammes.....	3 400
E.	Deux détenteurs d'air comprimé.....	975
F.	Transmission principale.....	4 250
GGG.	Embrayages « Snyers » à brosses métalliques.....	3 900
HH.	Deux alternateurs du système Labour.....	Mémoire.
	Tuyauterie et robinetterie.....	2 200
	Sirène avec réservoir.....	5 500
	Machine de rotation avec mécanisme.....	4 000
	Cabane en tôle.....	1 500
	Divers.....	1 500
TOTAL.....		64 845

Plusieurs des fournitures ci-dessus sont communes à l'éclairage

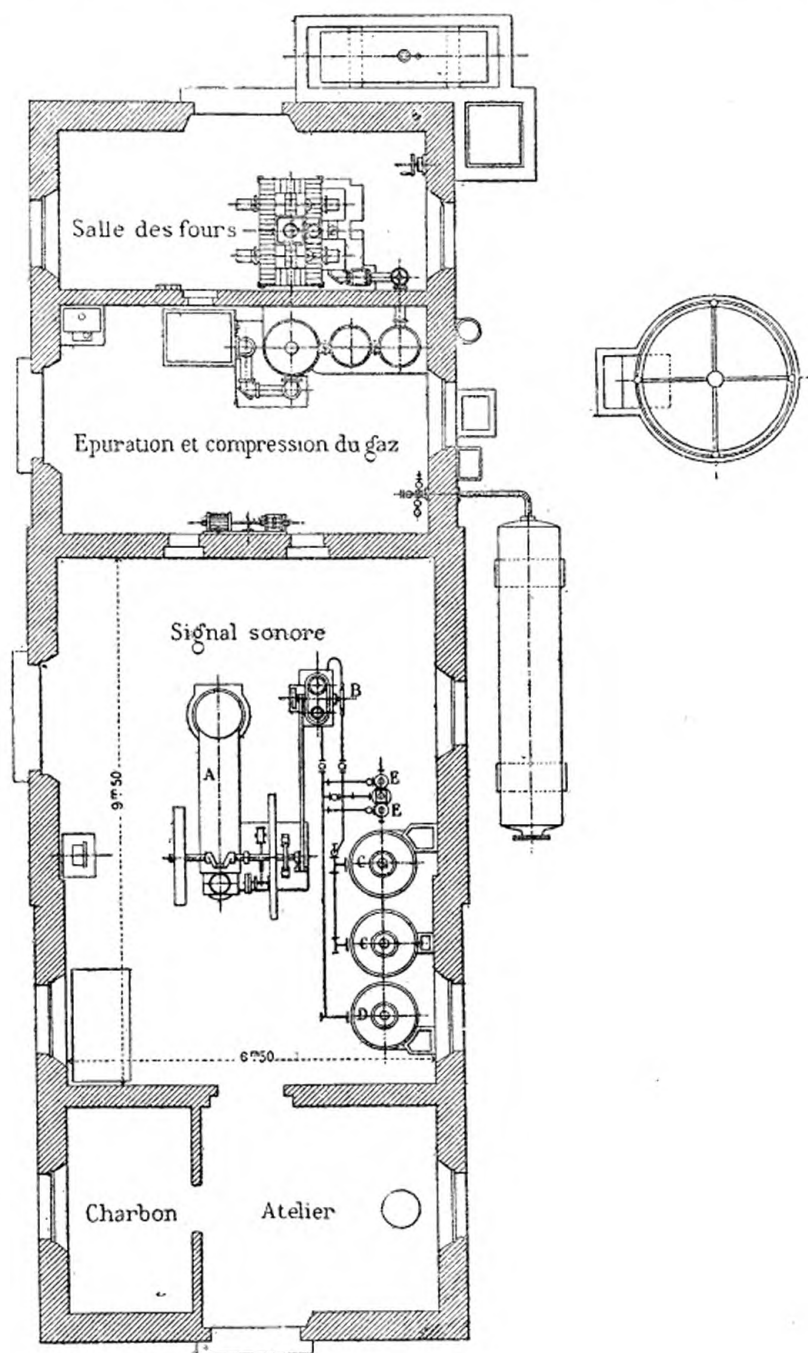


Fig. 91. — Phare de l'Ailly, — Machinerie du signal sonore et usine à gaz.

électrique et au signal sonore. Le montant de celles qui se rapportent

spécialement à ce signal n'est que de 33 000 francs qui représentent, en nombre rond, le supplément de dépenses nécessité par l'annexion au phare de la sirène, non compris les frais de mise en place ni ceux afférents à l'aménagement des édifices.

La dépense est naturellement plus élevée dans le cas d'un signal sonore associé à un phare éclairé à l'huile ou à l'incandescence par le gaz, parce qu'on ne bénéficie plus des installations de force motrice ou mécaniques qu'exige l'éclairage électrique seul et qui sont utilisées pour le fonctionnement intermittent de la sirène. A titre d'exemple des dispositions appliquées dans le cas d'un phare à incandescence par le gaz, la fig. 91 représente la machinerie du signal sonore de l'Ailly, qui est accolée à l'usine à gaz d'huile.

Le compresseur y est actionné par une connexion directe avec le moteur; on évite, par ce mode de commande, une notable partie des pertes de travail que comportent les transmissions par courroies.

Le tableau ci-après donne la nomenclature et les prix des diverses parties de l'outillage :

A.	Moteur à vapeur de 18 chevaux avec aérocondenseur et bielle de commande du compresseur.....	15 000 francs.
B.	Compresseur d'air du système Genty à 4 cylindres.	7 500
CC.	Deux réservoirs accumulateurs de 5 mètres cubes de contenance chacun, timbrés à 15 kilogrammes.	6 800
D.	Un réservoir distributeur de 5 mètres cubes de contenance, timbré à 15 kilogrammes.....	3 400
EE.	Deux détendeurs d'air comprimé.....	975
	Tuyauterie, robinetterie, purgeurs.....	2 800
	Sirène avec réservoir.....	5 500
	Machine de rotation avec mécanisme.....	4 000
	Cabane en tôle.....	1 500
	Divers.....	1 500
	TOTAL.....	48 975

L'installation d'une sirène est coûteuse et nécessite des soins particuliers pour déterminer la nature du son, son influence sur la portée, etc. Nous donnerons seulement quelques indications telles qu'elles résultent de la pratique en France.

La pression de l'air comprimé est de 2 kg. par centimètre carré. Le disque, de 100 mm de diamètre, est percé de 28 trous de 28 mm de profondeur et 3 mm de diamètre; il accomplit douze révolutions par seconde en consommant 400 lit. d'air (mesurés à la pression atmosphérique). On obtient ainsi un son de 326 vibrations. Des expériences ont démontré qu'il n'y a pas d'intérêt à augmenter le diamè-

tre qui ne doit pas dépasser 15 cm et être le tiers des pleins qui sépa-

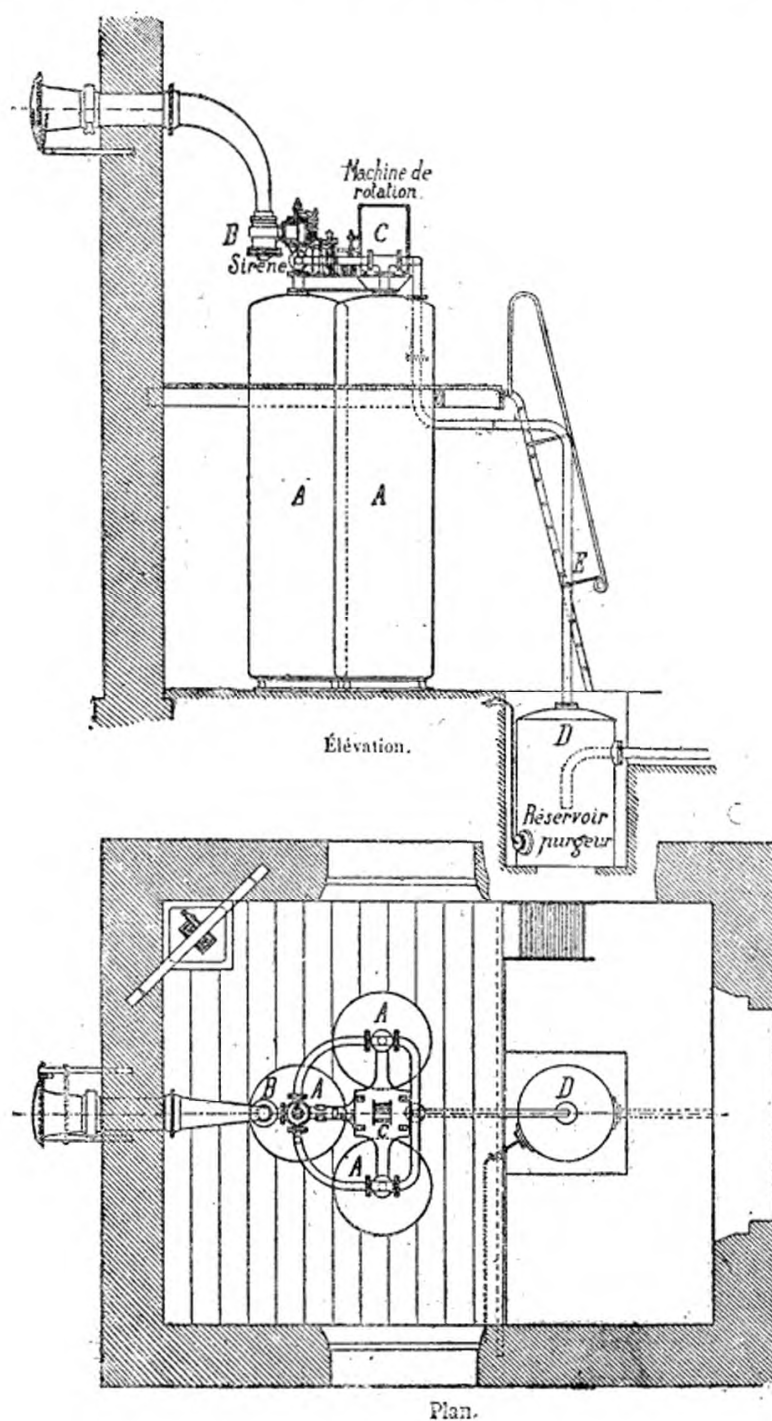


Fig. 92. — Sirène de Belle-Isle.

rent les orifices. Un réservoir règle la pression de l'air, dont la constance est nécessaire.

Pour la sirène précitée, si le tuyau a 25 m de largeur, le diamètre est au moins de 12 cm. La portée varie de 1 à 3 milles. La force nécessaire est de 40 à 50 chevaux.

Au phare de Sainte-Catherine (île de Wight) la sirène a 19 cm de diamètre; la pression est de près de 3 kg. par centimètre carré; mais en général les données en Angleterre se rapprochent de celles que nous avons indiquées pour la France.

Dans une expérience pratiquée en France, on a constaté qu'à l'extrémité d'une conduite en grès de 11 km de longueur et 30 cm de diamètre, le son arrivait très faible.

La sirène de Belle-Ile (fig. 92) se trouve très éloignée du phare, 1 300 mètres. Elle émet toutes les deux minutes un groupe de deux sons d'égale hauteur ayant chacune une durée d'environ trois secondes.

Les émissions du son sont commandées par l'électricité. Le dispositif comprend :

Une dynamo actionnée par l'arbre de la salle des machines, et dont le courant est commandé par un distributeur rotatif. Transmis par un conducteur souterrain, il agit sur un électro-aimant qui ouvre la soupape d'admission de la sirène.

Un accumulateur fournissant le courant nécessaire pendant les arrêts de la machine.

A, réservoirs distributeurs de 1^{m3} 50 de capacité chacun.

B, sirène.

C, machine.

D, réservoir purgeur.

E, tuyau de cuivre raccordant ce dernier réservoir avec les premiers.

Installation. — L'installation générale des signaux sonores dans les phares de grand atterrissage se fait en tenant compte de trois conditions primordiales : Utilisation des ressources du phare en personnel et matériel. Production instantanée du son. Emission du son dans les meilleures conditions.

En France, on n'emploie plus que l'air comprimé et l'on réunit dans un même local la machinerie de l'éclairage et de la production du son qui comprend trois moteurs à air chaud de 9 chevaux chacun, agissant par courroie sur une transmission aérienne qui commande d'une part les appareils électriques, d'autre part un compresseur; l'air est refoulé dans un réservoir, d'où il va à la sirène.

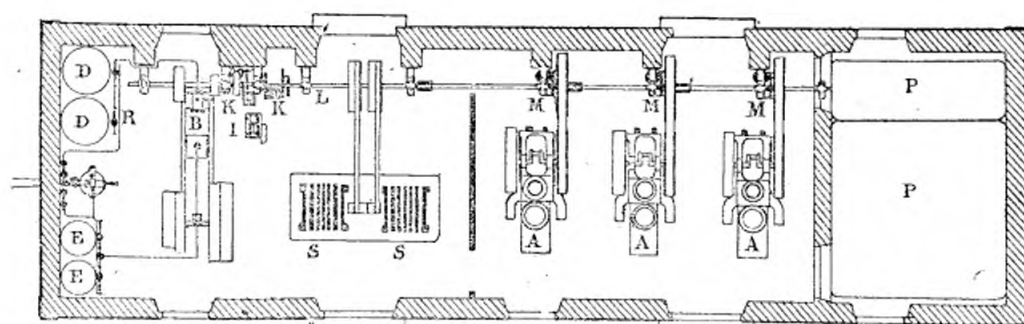


Fig. 93. — Installation de la machine du phare de Belle-Isle.

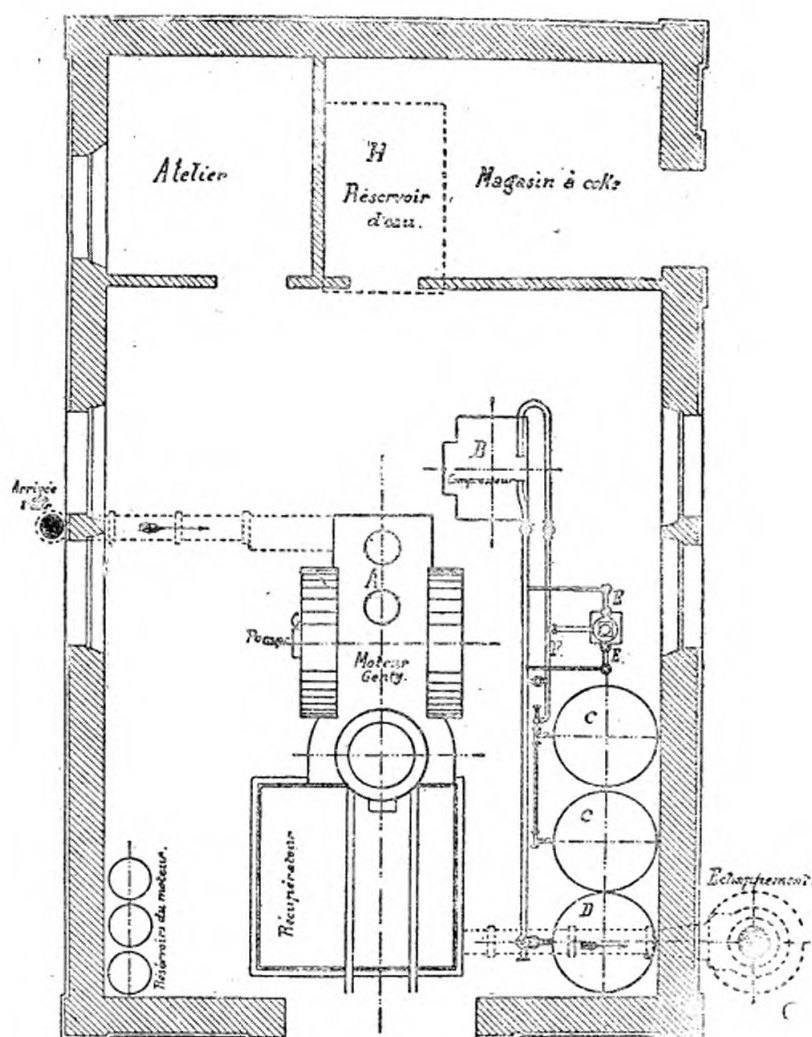


Fig. 94. — Machinerie du signal sonore d'Antifer.

En cas de brouillard la nuit, quand les moteurs sont en marche, un simple embrayage suffit pour mettre en mouvement le compresseur d'air ; la journée, on a recours momentanément, en attendant le fonctionnement des machines, à de l'air comprimé à 13 kg. dans deux réservoirs dits *accumulateurs*, et qu'on réduit à la pression voulue de 2 kg. par un détendeur.

La fig. 93 indique les dispositions générales de l'installation du phare de Belle-Isle, qui a coûté 70,000 francs sans les frais de mise en place.

A, moteurs à air chaud. B, compresseur d'air. S, sirène. D, accumulateurs d'air. E, réservoirs distributeurs. H, détendeurs. I, moteur oscillant, de 1/2 cheval, avec régulateur de vitesse, actionné par les accumulateurs, et chargé de la distribution de l'air à la sirène. K, dynamo et distributeur de courant actionnant la sirène et réglant le rythme et l'émission. L, transmission. M, embrayages. P, réservoirs. R, tuyauterie.

Les machines électriques du phare sont figurées en S.

La fig. 94 représente la machinerie du signal sonore d'Antifer ; le moteur est à air chaud, avec récupérateur de chaleur qui procure une économie de combustible de 30 0/0.

L'air est comprimé à deux atmosphères dans un compresseur à quatre cylindres étagés, relié directement au moteur qui présente des avantages analogues à ceux des machines Compound.

FEUX FLOTTANTS. — ÉCLAIRAGE.

L'installation de bateaux-feux exige la solution d'importants problèmes au point de vue de la résistance au tangage et au roulis qui, en dehors de toute autre considération, nuisent beaucoup à l'entretien du feu. Ces questions, étudiées à propos des nouveaux feux établis devant Dunkerque, ont conduit à l'adoption de dispositifs différents des anciens, très coûteux et d'application difficile.

Pour réduire la dépense, on emploie des pontons de plus faible dimension, auxquels on a appliqué l'éclairage au gaz, qui a nécessité l'installation de réservoirs. La lampe est placée au sommet d'un mât fixe, creux et muni à l'intérieur d'une échelle.

La stabilité contre le roulis a été réalisée par le rapport établi entre les oscillations du bateau et celles des vagues de tempêtes, qui sont à peu près constantes dans un endroit déterminé. Les résultats ont été

obtenus par la répartition des poids du bateau et par l'effet de la lanterne et de l'appareil optique, placés au sommet du mât métallique, et qui augmente très notablement les moments d'inertie. De plus, on a disposé des quilles de roulis à forte saillie.

Ces moyens sont bien ceux qu'indique la théorie des mouvements des corps oscillants. La réduction de l'amplitude de leurs mouvements s'obtient :

1° Par la suppression de tout synchronisme entre la période des oscillations propres du corps et celles des forces extérieures qui agissent sur lui ;

2° Par un amortissement qu'il y aurait intérêt à pousser jusqu'à l'amortissement dit « critique », donnant l'apériodicité.

Mais pour les corps flottants, ces considérations ne suffisent pas.

Soient :

P le déplacement du navire.

θ son inclinaison statique.

ρ la distance du métacentre au-dessus du centre de carène.

a la distance du centre de gravité id.

I le moment d'inertie de la surface de flottaison.

δ la densité de l'eau.

L'inclinaison θ détermine un couple de stabilité totale.

$$P (\rho - a) \sin \theta$$

qui peut se décomposer en deux autres.

L'un $I \delta \sin \theta$, dit couple de stabilité des formes, tend à redresser le navire.

L'autre, — $P a \sin \theta$, couple de stabilité des poids, tend à le chavirer ou à le redresser, suivant le signe de a , c'est-à-dire suivant que le centre de gravité est au-dessus ou au-dessous du centre de carène.

Pour a positif et petit, une faible surface de flottaison suffit à assurer la stabilité. Pour a négatif, cette surface peut être nulle, comme dans les bateaux sous-marins.

Dans tous les cas, l'action des lames décroît avec elle.

Aussi certaines bouées conservent-elles toujours une verticalité presque absolue. Ce sont les bouées de révolution autour d'un axe vertical, prolongées par un tube lesté qui abaisse le centre de gravité au-dessous de celui de carène.

Cette forme ne saurait s'appliquer aux navires-feux, qui sont habités, mais elle peut être imitée en partie.

Sur le *Snouw*, les formes ont été modifiées en vue de réduire la surface de flottaison et d'abaisser le centre de gravité. Le tirant d'eau est augmenté et le lest est composé de pièces de fontes fixées à la quille centrale, extérieurement. Les extrémités du navire sont affinées, pour résister au tangage.

Appareils d'éclairage. — Dans un pendule composé équivalant au point de vue de la période au pendule simple de longueur $a + \frac{K^2}{a}$, K étant le rayon de giration, si l'on fait très petit a , la distance entre le centre de gravité et le point de suspension, on obtient de longues durées d'oscillation et par conséquent une verticalité presque complète. C'est sur cette considération qu'est basé le système de suspension adopté sur les bateaux-phares.

Feux permanents à l'huile minérale. — Ces feux fonctionnent sans surveillance pendant plusieurs mois ; la conservation de la mèche est due au dépôt préalable d'une couche de goudron carbonisé (crou-tage). Dans cet état, la vaporisation de l'huile se fait latéralement, hors des parties où s'accumulent les dépôts de goudron produits par la combustion.

Le bec est ensuite crou-té, puis installé. On remplace la virole à bords courbes par une à bords rectilignes. On allume avec des précautions spéciales et la flamme atteint 30 mm.

Entre le réservoir de l'huile minérale et le bec est interposé un régulateur de pression de débit.

Les lanternes pour feu permanent doivent laisser entrer largement l'air, afin d'éviter la formation des buées.

BOUÉES LUMINEUSES

Sur les hauts fonds situés dans des points que ne peut signaler un phare placé à terre, l'indication se fait en général au moyen d'un bateau-feu, mais le procédé est coûteux et l'on est arrivé à y substituer des bouées lumineuses du système Pintsch. Il y en a aujourd'hui plus de cent sur les côtes de France ; elles sont en général du type dit à queue.

Pour les écueils où existaient des bateaux-phares, les bouées ont 11 à 18 m³ de capacité. Le gaz, comprimé à 7 kg., suffit à la dépense de 100 jours.

La queue des plus grandes bouées a 7 m de longueur et le poids du lest est de 2 tonnes. Le prix est à peu près de 1 000 francs par mètre cube de capacité ; l'entretien annuel coûte 2 000 francs, tandis que la dépense première pour un bateau est de 300 000 francs et l'annuelle de 40 000.

Ce type a été appliqué principalement aux bancs Kerkenah sur la côte de Tunisie, au banc du Vergoyer près de Boulogne, aux Minquiers entre Jersey et Saint-Malo, à Rochebonne, au large de l'île de Ré.

Pour l'éclairage des chenaux des estuaires, on jalonne les deux rives par des bouées mouillées *en face les unes des autres*, qui constituent une série de portes. Celles de tribord en entrant portent des feux verts, celles de bâbord, des rouges.

Ce système a été appliqué dans la Seine, la Loire, la Garonne.

Le diamètre des optiques ne dépasse pas 20 cm ; la puissance obtenue par la combustion de 24 lit. à l'heure est de 6 carrels ; la portée moyenne est de 3 milles.

Les plus petites ont 4 m³ de capacité. La queue la plus courte a 3^m,50, ce qui empêche de les mouiller dans les profondeurs inférieures à 5 mètres.

Au-dessous, on emploie des bouées à fond plat ou en forme de bateau, dont le prix est d'environ 5 000 francs.

Les bouées lumineuses ont encore été affectées à compléter les indications des feux fixes mouillés ou établis à terre et sur lesquels on navigue par alignement. On signale ainsi les points les plus importants.

Ainsi à Dunkerque, la passe Ouest, éclairée par les bateaux du *Dyck* et du *Snouw*, a reçu en 1891 neuf bouées à feux blancs, verts ou rouges, espacés de deux milles sur les bords du chenal.

Le système a été encore appliqué à la barre des Charpentiers, sur la Loire et surtout dans la Gironde.

La capacité de ces bouées est de 4 à 7^m³,50.

Enfin on utilise encore les bouées à l'extrémité des môles construits en eau profonde, pendant la durée des travaux (Bône, Philippeville, Alger, Cannes, Marseille, Le Havre).

ALLEMAGNE

Signalons d'abord le mode d'éclairage du phare de Rothersand, dont un modèle illuminait tous les soirs l'Exposition. C'est un phare électrique qui emprunte le courant nécessaire aux machines installées à 15 km. de distance pour le feu de Wangeroog.

Deux machines à vapeur de 13 chevaux, (une sert de rechange) actionnent par courroie un alternateur couplé directement avec son excitatrice et fournissant 8 000 watts sous 100 volts environ.

Cette tension eût été insuffisante pour remédier aux pertes sur la ligne; on la transforme en un courant de 2 000 volts dirigé sur le phare par des câbles à trois conducteurs. Là, la tension est ramenée à 36 volts et le courant est dirigé sur le cadre à glissières verticales du régulateur à arc.

Dans le cadre sont des régulateurs au-dessus l'un de l'autre; l'un donne 25 ampères; l'autre 40. On les change suivant l'état de l'atmosphère; cette mutation se fait instantanément.

A Wangeroog, l'installation est la même.

A Helgoland et Arkona, les phares sont pourvus de feux-éclairs du genre de celui d'Eckmühl.

On a, en Allemagne, donné une attention particulière à l'éclairage des estuaires du Weser, de l'Ems, de la passe de Flensburg.

Le long du canal de l'Empereur Guillaume, l'éclairage est assuré par 950 feux de 25 bougies espacés en moyenne de 250 m. Ils sont alimentés par deux usines situées à chaque extrémité du canal.

On a aussi essayé avec quelque succès l'emploi de l'acétylène comme source de lumière; il y a pourtant des difficultés techniques mal aisées à résoudre, surtout pour la saison des grands froids.

Parmi les phares construits, nous décrirons celui de Rothersand, à cause de la hardiesse de l'entreprise.

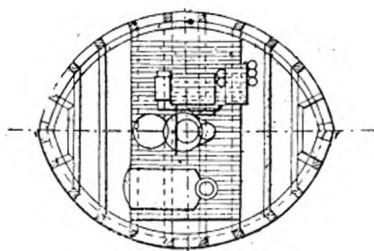
Rothersand (fig. 95 et 96). — Ce phare dont le but est de faciliter l'entrée du Weser, est établi en mer sur un banc de sable dont la crête, à basse mer, est de 6 m au-dessous du niveau de l'eau; les fondations ont été descendues à 22 m de profondeur. Le port d'attache des approvisionnements était Bremerhaven, à 30 km.

Les fondations ont été exécutées sous l'air comprimé dans un caisson en fer, elliptique, ayant 14 et 11 m au grand et petit axe et 18^m,50 de

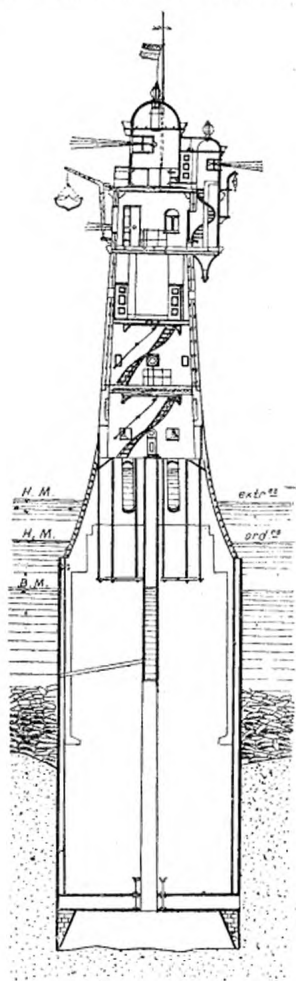
hauteur. A la chambre de travail de 2^m,50 de hauteur on accédait par une seule cheminée d'un mètre de diamètre, munie d'un sas de 2^m,60.

Le caisson au-dessus de la chambre de travail était contreventé de 3 en 3 m par quatre plateformes ; les maçonneries s'exécutaient sur l'inférieure. Les trois autres étages portaient respectivement : les bureaux et magasins et enfin supérieurement deux grues à vapeur de 2 000 kg. pour le déchargement des matériaux. A mesure de l'avancement des maçonneries, ces plateformes étaient soulevées de 3 m par des vérins.

Le caisson, monté à Bremerhaven, pesait 300 tonnes avec toutes ses machines ; il fut conduit sur



Coupe horizontale.



Coupe du phare terminé.

Fig. 95. — Phare de Rothersand.

place par quatre remorqueurs. Il avait fallu lui ajouter latéralement deux caisses à air, de 8 × 2 × 3 m pour borner son tirant d'eau à 6 m, et aussi afin de l'empêcher de trop s'incliner sous la vague ou le vent.

Une fois en place, le caisson fut coulé par l'ouverture de deux vannes et l'élévation des maçonneries de béton au-dessus de la chambre

de travail assura l'enfoncement, tandis que le creusement à la main s'opérait dans la chambre de travail.

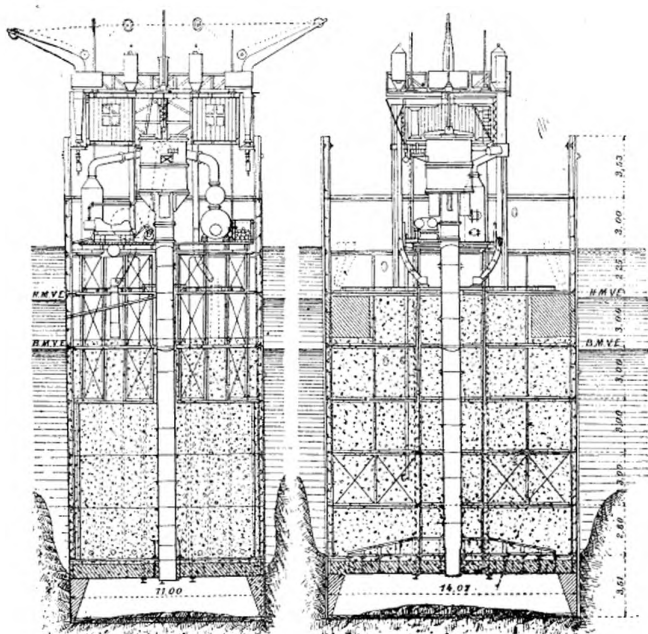


Fig. 96. — Phare de Rothersand. — Coupes verticales.

Les parements se composent d'un mur de deux briques et demie d'épaisseur. Le voisinage du caisson était protégé contre l'affouillement par des fascines lestées de moellons.

Commencée le 1^{er} juin 1883, la fondation était terminée à un mètre au-dessus des basses mers le 22 mai 1884. Le bord supérieur du caisson, qui avait dû être exhaussé, émergeait alors de 10^m,50 au-dessus de ce niveau, ce qui lui donnait une longueur totale de 32^m,50.

Les machines furent alors enlevées, la chambre de travail remplie de béton et la tour de maçonnerie exécutée à l'abri des parois ; elle fut terminée en août 1885. Son diamètre est de 10^m,50 à la base ; la plateforme, élevée de 24^m,50, a 5^m,10 de diamètre.

En outre du feu de quatrième ordre qui se trouve dans la tourelle centrale de 3^m,30 de diamètre, il en existe plusieurs autres, destinés à

indiquer les uns la route à suivre, les autres l'approche du phare ; ils ne sont en effet visibles qu'à 2 milles.

Le phare a été allumé le 1^{er} novembre 1885.

ETATS-UNIS

Le réseau des phares laisse encore beaucoup à désirer aux Etats-Unis, un peu comme tout ce qui se rapporte aux travaux maritimes. Il n'y a jusqu'à présent qu'une seule station électrique, celle des Highlands of Navesink, à l'entrée du port de New-York. Presque partout, l'éclairage est fait à l'huile minérale.

Sur les côtes du Pacifique, en dehors même du territoire d'Alaska, où le service est encore rudimentaire, on trouve 31 phares, dont les feux ne se rejoignent pas tous ; il n'y a guère à citer de ce côté que les feux de premier ordre de Tillamook Rock et de Saint-Georges, installés sur des tours en maçonnerie.

Dans le golfe du Mexique, à cause de la nature des rivages composés de sables changeants, on a dû adopter un type de charpente métallique démontable et amovible, afin de pouvoir le déplacer car l'emplacement actuel menace d'être détruit par la mer.

Les immenses chenaux de Galveston, Port Tampa et Mobile, sont éclairés par des lanternes dont les optiques ont un diamètre de 30 cm, portées sur des constructions métalliques élevées le long des rives du chenal. Elles se composent de pieux à patin en fonte munis d'entretoises horizontales d'acier qui les relient au-dessus de l'eau et supportent une plateforme en bois sur laquelle se trouve une cabane qui sert d'abri pendant le ravitaillement des feux par gros temps. Le fanal est à 10 m au-dessus de l'eau.

Sur les grands lacs intérieurs, l'éclairage est très répandu. Il y a à peu près un feu pour 17 milles de côte. Les plus importants sont les phares de second ordre de Stannard's Rock dans le Lac Supérieur et Spectacle Reef à l'extrémité septentrionale du Lac Huron ; ils sont en maçonnerie. La plus grande difficulté rencontrée pour l'érection de ces ouvrages consiste dans les glaces mobiles.

Les tours en charpente sont très usitées.

Sur la côte de l'Atlantique, toujours uniforme et semblable, les tours en maçonnerie servent encore de points de reconnaissance pendant la journée. A cet effet, elles sont bariolées de diverses couleurs formant

des figures différentes : bandes horizontales, verticales, obliques, carrés, rectangles, etc.

Aussi préfère-t-on ces tours aux constructions métalliques, dont on ne trouve que deux exemples parmi les grands phares, ceux du cap Charles déjà décrit et de Hog Island, dans la Virginie.

Près de Boston s'élève la célèbre tour de Minot's Ledge, dont l'entretien est remarquable.

Les optiques des phares des Etats-Unis proviennent d'Angleterre et surtout de France. Comme signaux sonores la sirène à vapeur est la plus répandue.

L'instabilité du sol dans certaines parties des Etats-Unis rend très périlleux l'établissement des phares. Une tour métallique de 40 m de hauteur édifiée en 1825 à Timbalier Bay est tombée par le travers en 1894, sans doute à cause d'affouillements.

L'exemple le plus typique de ces difficultés consiste dans le banc sous-marin connu sous le nom de Diamond Shoals devant le cap Hatteras (Caroline du Nord). Il est difficile pour celui qui n'a pas doublé ce cap de se rendre compte de la violence de la mer en cet endroit, où les vagues sautent et se tordent d'une singulière façon. Le steamer que nous montions avait été surnommé par les passagers le sauteur (*jumper*) : il ne faisait qu'obéir à l'impulsion des flots.

Des sondages poussés jusqu'à 32 m n'ont rencontré que du sable, qui sans doute s'étend ainsi très profondément. Ce sable est tellement mobile que tout objet tombé sur le fond s'enlise immédiatement.

C'est sur ce banc, par 7 m d'eau, qu'on a tenté en 1891 d'édifier un phare sur une fondation composée d'un caisson circulaire en acier de 12 m de diamètre. Haut de 14 m et en partie rempli de béton, il fut remorqué à l'emplacement choisi. Une tempête suffit pour l'enliser au point d'en faire perdre absolument la trace.

Un second essai en 1894 ne fut pas plus heureux. La construction fut alors une charpente métallique en barres de fer de 15 m de longueur et 15 cm de diamètre, solidement contreventées. Placée par fonds de 6 m et débordant de 3^m, 60 environ, elle a disparu de même entièrement l'année suivante.

On a provisoirement renoncé à toute construction fixe et deux bateaux-feux se relayant assurent l'éclairage du banc. L'un d'eux a eu en 1899 sa chaîne cassée et est allé s'échouer au rivage au bout de vingt-quatre heures de dérive. Son équipage se sauva et lui-même put être renfloué et reprendre son service.
