

LE GÉNIE CIVIL

REVUE GÉNÉRALE HEBDOMADAIRE DES INDUSTRIES FRANÇAISES ET ÉTRANGÈRES

Prix de l'abonnement par an. — Paris : 36 francs; — Départements : 38 francs; — Étranger et Colonies : 45 francs. — Le numéro : 1 franc.

Administration et Rédaction : 6, rue de la Chaussée-d'Antin, Paris.



SOMMAIRE. — Travaux publics : Ponts à transbordeur (planche III), p. 33; G. LEINEKUGEL LE COCQ. — Hygiène : L'industrie des coupeurs de poils, p. 38; Henri MAMY. — Chimie industrielle : Essais sur la stabilité des poudres et des divers explosifs à base de nitrocellulose, p. 41. — Électricité : Isolateur interrupteur pour les lignes électriques aériennes, p. 43. — Variétés : Manchon d'embrayage, système Shaw, p. 44; — Enregistreur

manométrique, p. 45; — Joint, système Tallyday, pour tuyaux métalliques, p. 45.

SOCIÉTÉS SAVANTES ET INDUSTRIELLES : Société des Ingénieurs civils (6 novembre 1903), p. 46; — Académie des Sciences (9 novembre 1903), p. 46.

BIBLIOGRAPHIE : Revue des principales publications techniques, p. 46; — Ouvrages récemment parus, p. 48.

Planche III : Pont à transbordeur de Newport-Mon (Angleterre).

TRAVAUX PUBLICS

PONTS A TRANSBORDEUR

(Planche III.)

Traversée des passes maritimes. — La traversée des passes maritimes sillonnées par les navires à vapeur et les plus hauts voiliers a,

mer, de ses courants, de ses variations de hauteur dues à la marée et au vent, indépendante aussi des brouillards, des glaces et de l'intensité du mouvement des navires.

Le document historique le plus ancien qui traite de la question est, à notre connaissance, le livre intitulé *Machina Fausti Verentii Sireni*, dont la publication date du XVII^e siècle. Dans ce recueil, trois fois centenaire, se trouvent décrits des systèmes primitifs de ponts suspendus, inventés ainsi bien avant qu'on en construisit. On y trouve également décrit un système de transbordeur.



FIG. 1. — PONT A TRANSBORDEUR DE ROUEN.

de tous temps, constitué un problème intéressant. Combien, en effet, de ports, d'entrées de fleuves, ou de canaux, sont arrêtés dans leur développement industriel et économique par suite de l'absence d'un moyen de locomotion pour relier leurs deux rives.

Pour que ce moyen de communication soit efficace, il a besoin d'être rapide, sûr, d'avoir une marche indépendante des intempéries de la

Le dessin qui le représente (fig. 2), reproduit en principe les organes d'un transbordeur. Il a même l'avantage de ne pas exiger de force motrice. Ce sont, en effet, les passagers qui se halent eux-mêmes d'une rive à l'autre.

Depuis cette époque, une évolution complète a eu lieu et les moyens primitifs prévus se sont bien transformés. Parmi les moyens perfec-

tionnés que l'Ingénieur a, de nos jours, à sa disposition pour la traversée des passes maritimes, on peut citer :

- Les bacs et ferry-boats ;
- Les ponts tournants, basculants ou levis ;
- Les ponts de bateaux ;
- Les ponts par-dessus ;
- Les tunnels ;
- Les porteurs roulants.

Nous ne pouvons ici faire une étude détaillée de chacun des systèmes ainsi énumérés, qui présentent leurs avantages et leurs inconvénients respectifs ; nous nous contenterons de passer rapidement en revue ces différentes solutions.

Bacs et ferry-boats. — Qu'ils soient actionnés par main d'homme ou par la vapeur, ces engins ont à lutter contre la mer, contre les courants ; de plus, ils suivent les mouvements de la marée et, par conséquent, nécessitent, en général, des rampes d'accès toujours pénibles pour la circulation, lorsqu'il s'agit surtout de voitures chargées, soit à l'embarquement, soit au débarquement.

Il est vrai qu'avec une installation plus perfectionnée, c'est-à-dire avec des bacs à plate-forme mobile, on peut faire disparaître en partie ces inconvénients dans des cas tout à fait spéciaux. Toutefois, il y en a d'autres plus graves qu'il est impossible d'éviter et qui rendent le fonctionnement des bacs irrégulier : ce sont les brouillards, les tempêtes, les glaces et les pertes de temps considérables pour les départs et les accostages.

Ponts tournants, basculants ou levis. — Ces ouvrages fournissent une solution qui a ses avantages, mais ne se prête d'une façon pratique

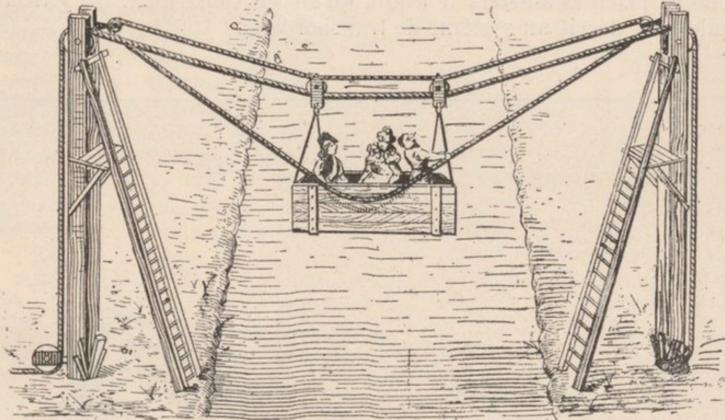


FIG. 2. — Transbordeur imaginé au XVII^e siècle.

qu'à des débouchés restreints, en des points où la navigation est peu active et où elle se trouve absolument maîtresse de son allure.

La manœuvre de ces ponts est, en effet, assez longue et force ainsi le navire qui rentre au port à faire des signaux et à diminuer de vitesse, ce qui n'est possible que par beau temps ou en un endroit abrité de la tempête. De plus, pendant la manœuvre, la circulation des piétons et voitures est totalement arrêtée.

Ponts de bateaux. — Les ponts de bateaux permettent bien de franchir tous les débouchés, mais présentent les mêmes inconvénients que les précédents.

Ponts par-dessus. — Ce sont ceux qui donnent toutes les satisfactions désirables dans le cas seulement où il s'agit de relier deux points éloignés des rives.

Dans le cas contraire, où la communication entre les deux quais opposés est nécessaire, il faut, pour atteindre le tablier, qui est généralement situé à 40 ou 50 mètres au-dessus du niveau de l'eau, soit des ascenseurs, solution coûteuse, soit des rampes d'accès qui ont au moins 1 000 mètres de chaque côté, d'où des pertes de temps et d'énergie considérables pour les franchir.

Tels sont, par exemple, les deux ponts de Brooklyn, à New-York, dont l'un, construit par Rœbling, a son tablier à 41^m 20 d'altitude, et dont l'autre est en construction depuis plusieurs années.

Parmi les ponts remarquables de ce genre, il y a également le pont du Forth, en Écosse, dont le tablier a 46 mètres d'élévation au-dessus de l'eau, mais qui n'est employé que par la voie ferrée.

Tunnels. — Ils ne sont économiquement praticables que dans les conditions géologiques particulières du sous-sol, et leur construction est généralement si coûteuse et hasardeuse, que quelques grands ouvrages de ce genre, comme le tunnel sous l'Hudson entre Jersey-City et New-York, ont été abandonnés après des travaux importants.

D'ailleurs, à notre époque, les tunnels n'ont pas la faveur du public quand il s'agit de faire un très court trajet. Il suffit de citer le tunnel de Brunel sous la Tamise, qui est aujourd'hui abandonné, et le tunnel de Finnington, sous la Clyde, à Glasgow, qui n'est guère utilisé malgré son installation confortable de cages d'ascenseurs qui fonctionnent admirablement pour les véhicules et les piétons aux deux extrémités.

En résumé, les tunnels paraissent réservés pratiquement aux voies ferrées et aux métropolitains, c'est-à-dire là où l'on est transporté d'un point à un autre rapidement, sans avoir à effectuer aucun trajet à pied dans un milieu où l'air respirable est toujours dans des conditions très différentes de l'air extérieur.

Porteurs roulants. — Les porteurs roulants, dont le premier spécimen a été établi par M. Le Royer, entre Saint-Malo et Saint-Servan (1), sont de beaucoup plus économiques que les systèmes précédents. Toutefois, il est évident, *a priori*, que ce système n'est vraiment praticable que dans des cas tout à fait spéciaux où la profondeur n'est pas très consi-

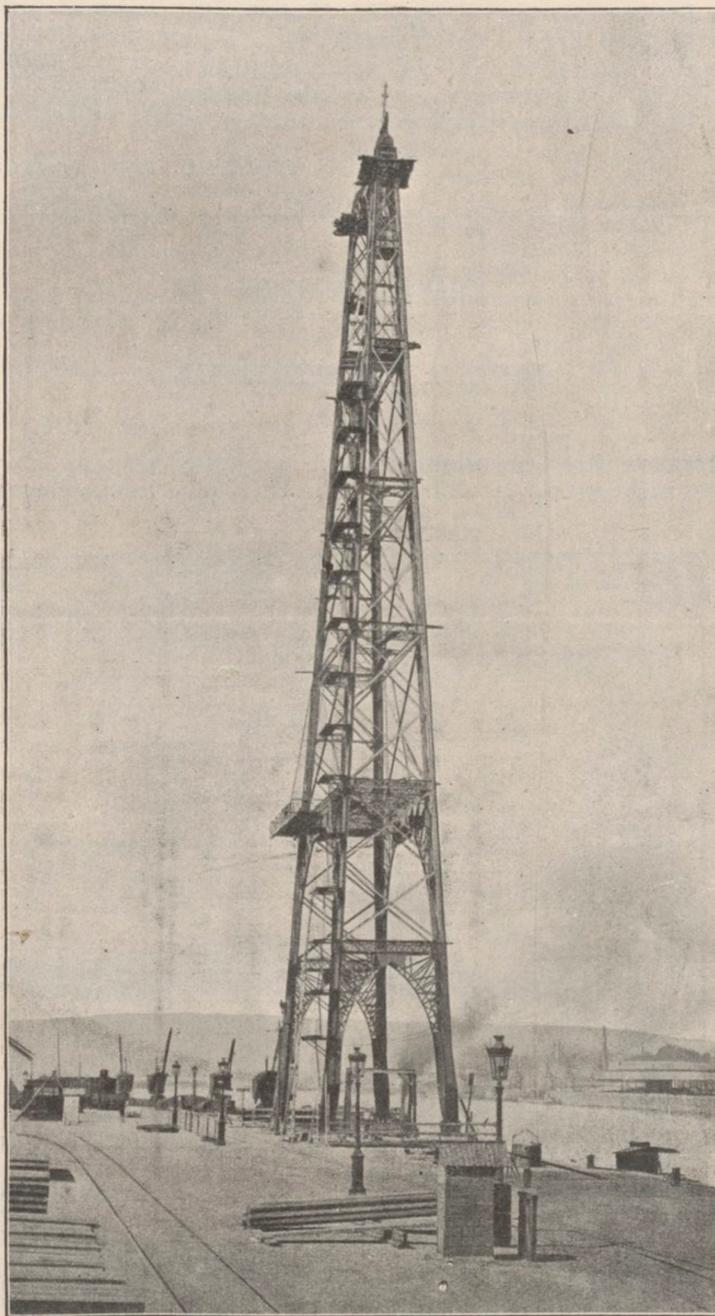


FIG. 3. — Vue d'un pylône du transbordeur de Rouen.

dérable, où le sol sous-marin est solide et découvert à marée basse. Ce dernier point est de toute nécessité pour la pose et l'entretien des appareils de roulement, sans quoi on reste exposé à de trop nombreuses chances d'accident.

En résumé, tous les systèmes précédents, inventés pour résoudre le problème que nous avons énoncé au début, montrent combien est fréquente et impérieuse la nécessité d'établir une communication rapide et sûre entre les deux rives opposées d'un port ou d'un fleuve maritime.

Ponts à transbordeur. — Une nouvelle solution a été innovée par M. F. Arnodin pour la première fois à Bilbao (2), en 1889 (fig. 8). Elle est basée sur les principes suivants :

1^o Il est nécessaire que la passe maritime soit entièrement libre à toute heure, sans obliger les navires à aucun signal ni arrêt ;

2^o La circulation des piétons ou des véhicules doit se faire en droite ligne d'une rive à l'autre, sans monter, sans descendre, sans fatigue et sans secousse.

(1) Voir le *Génie Civil*, t. X, n^o 20, p. 317.

(2) Voir le *Génie Civil*, t. XXIII, n^o 45, p. 229.

Cette solution consiste à jeter par-dessus la passe maritime un pont métallique dont le tablier sera situé à la hauteur exigée par les plus hautes mâtures. Sur une voie ferrée placée sur ce tablier se meuvent des trains de galets reliés à un cadre de roulement, sous lequel est suspendue une nacelle qui se meut à la hauteur des quais à desservir. Les dimensions de cette nacelle sont proportionnées au trafic qu'elle est appelée à desservir.

Les types de ponts métalliques qui doivent supporter la voie ferrée peuvent évidemment varier selon les conditions spéciales imposées par leur emplacement.

Jusqu'ici, les constructions de ce genre qui ont été élevées :

- à Bilbao, sur le Nervion (Espagne), en 1889;
- à Rouen, sur la Seine, en 1897;
- à Bizerte, à l'entrée du Canal (Tunisie), en 1898;
- à Martrou, près Rochefort, sur la Charente, en 1899;
- à Newport-Mon, sur l'Usk (Angleterre), en 1903,

sont des ponts suspendus à câbles paraboliques avec poutre raidissante du type de pont appelé *semi-rigide*.

Ce système se prête d'ailleurs le plus économiquement et le plus pratiquement aux grands débouchés.

Ces ponts ont tous été construits par M. F. Arnodin.

Deux d'entre eux ont été construits pour le compte de Compagnies concessionnaires faisant payer un droit de passage. Ce sont les transbordeurs de Bilbao (fig. 8) et de Rouen (fig. 1, 3, 9 et 10).

Pour eux seuls, nous avons la statistique des passages et il nous paraît intéressant, pour montrer leur utilité, d'en donner ici le résumé.

1° Pour Bilbao, depuis le 28 juillet 1893, époque de la mise en service du transbordeur, jusqu'au 31 décembre 1902, le trafic a été de :

Voyageurs : 5 950 999;
 Marchandises par colis de 30 kilogr. : 135 575;
 Bestiaux $\left\{ \begin{array}{l} \text{gros : 43 204;} \\ \text{petits : 26 824;} \end{array} \right.$
 Voitures : 11 513;
 Vélocipèdes : 14 114;
 Chariots : 563.

Nous ferons remarquer que ce transbordeur a été surtout créé pour réunir les deux plages de Las Arenas et de Portugaleta, situées sur les deux rives du Nervion; c'est pour cette raison que le nombre des piétons est seul important.

2° Pour Rouen, depuis le 16 septembre 1899 jusqu'au 31 décembre 1902, le trafic a été de :

Voyageurs : 3 970 623;
 Voitures : 100 642.

Il faut augmenter ces chiffres de 20 % environ pour tenir compte de la gratuité accordée aux militaires et fonctionnaires des corps constitués, et il est intéressant de remarquer que ce pont à trans-

bordeur se trouve seulement à 700 mètres du pont Boieldieu dont le passage est gratuit.

Avant de nous arrêter davantage sur ces différents ouvrages, nous donnerons, dans le tableau suivant, les caractéristiques de chacun d'eux :

	BILBAO	ROUEN	BIZERTE	MARTROU	NEWPORT
Longueur totale du tablier. . . mètres.	464,00	445,90	442,00	475,50	236,00
Débouché d'axe en axe des pylônes —	160,00	143,02	109,00	139,76	196,56
Hauteur du tablier au-dessus des plus hautes mers —	45,00	51,04	45,00	50,00	54,00
Hauteur totale des pylônes. —	61,82	66,35	57,84	66,85	73,60
Dimensions de la nacelle.	8 × 6,25	10,14 × 13	9 × 7,50	14 × 11,5	10 × 12
Poids de la nacelle en surcharge d'épreuve kilogr.	40 000	104 000	80 000	112 000	117 500



FIG. 4. — Vue en bout du transbordeur de Bizerte.

PONT A TRANSBORDEUR A CABLES PARABOLIQUES AVEC POUTRE RAIDISSANTE DU SYSTEME « PONT SUSPENDU SEMI-RIGIDE ». — Un pareil ouvrage se compose essentiellement de deux pylônes métalliques élevés sur chacune des rives.

Au sommet de chaque pylône reposent des chariots de dilatation sur lesquels, au moyen d'un goujon de réunion générale, viennent se fixer les câbles paraboliques et les câbles obliques qui portent le tablier métallique ainsi que les câbles de retenue de la suspension, de la poutre porte-rails et les câbles de soutien de l'extrémité de la poutre porte-rails (fig. 8 à 10, pl. III).

Ces câbles de retenue viennent prendre appui sur des massifs de maçonnerie placés en arrière des pylônes à une distance déterminée (fig. 3, pl. III).

Sur le tablier métallique se trouvent des voies ferrées sur lesquelles circulent des trains de galets reliés à un châssis métallique rigide, dit cadre de roulement, grâce à des chaises en acier coulé.

Ce cadre de roulement supporte, au moyen de câbles métalliques latéraux et diagonaux, la nacelle qui est constituée comme un tronçon de pont

et qui se meut horizontalement au niveau des quais à desservir.

Le mouvement de la nacelle est obtenu au moyen d'un câble funiculaire qui s'enroule et se déroule sur un treuil réversible mû électriquement et commandé par un wattman, placé en général dans une cabine élevée dominant la nacelle.

Piliers de fondation. — Les piliers de fondation, au nombre de quatre par rive, sur lesquels reposent les couples des arêtiers de

chaque pylône, sont forcés à l'air comprimé jusqu'au solide, et leur section à la base est calculée pour résister en toute sécurité à la pression résultante des efforts maxima de compression que l'ouvrage est

Cette grande poutre horizontale, ainsi constituée, est calculée pour résister aux différents efforts de flexion horizontale, de flexion verticale et de tension qu'elle est appelée à vaincre.

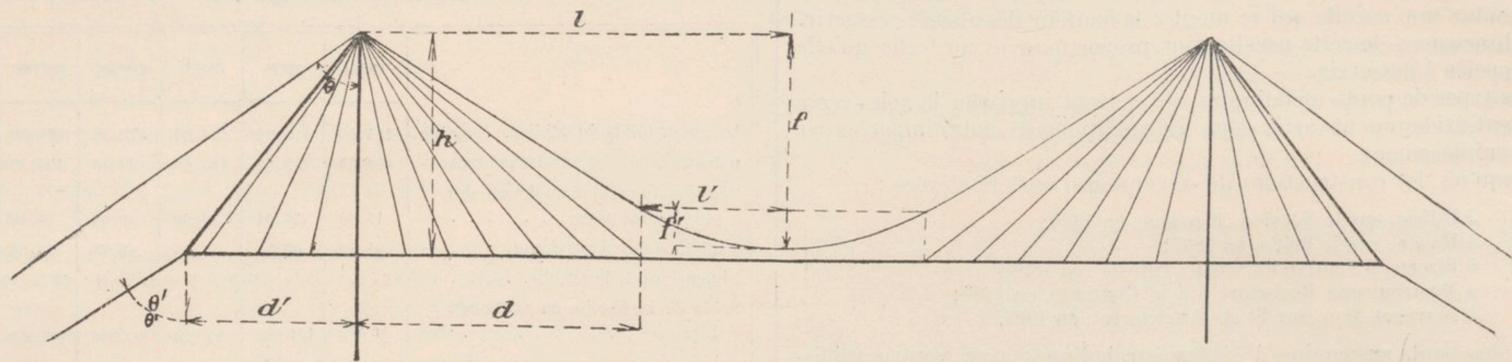


FIG. 5. — Schéma d'un pont à transbordeur à câbles paraboliques.

appelé à supporter tant sous l'action du vent, que de son poids permanent et de la surcharge d'épreuve imposée à la nacelle.

Pylônes métalliques. — Chaque pylône métallique est constitué par deux fuseaux formés chacun de quatre arêtiers de section cruciforme,

Quant au garde-corps formant poutre raidissante (système F. Arnodin), il est peu différent de celui employé couramment dans les ponts suspendus.

Dans le cas particulier du pont à transbordeur de Newport-Mon, le tablier est calculé pour porter une charge concentrée de 117 500 kilogr.

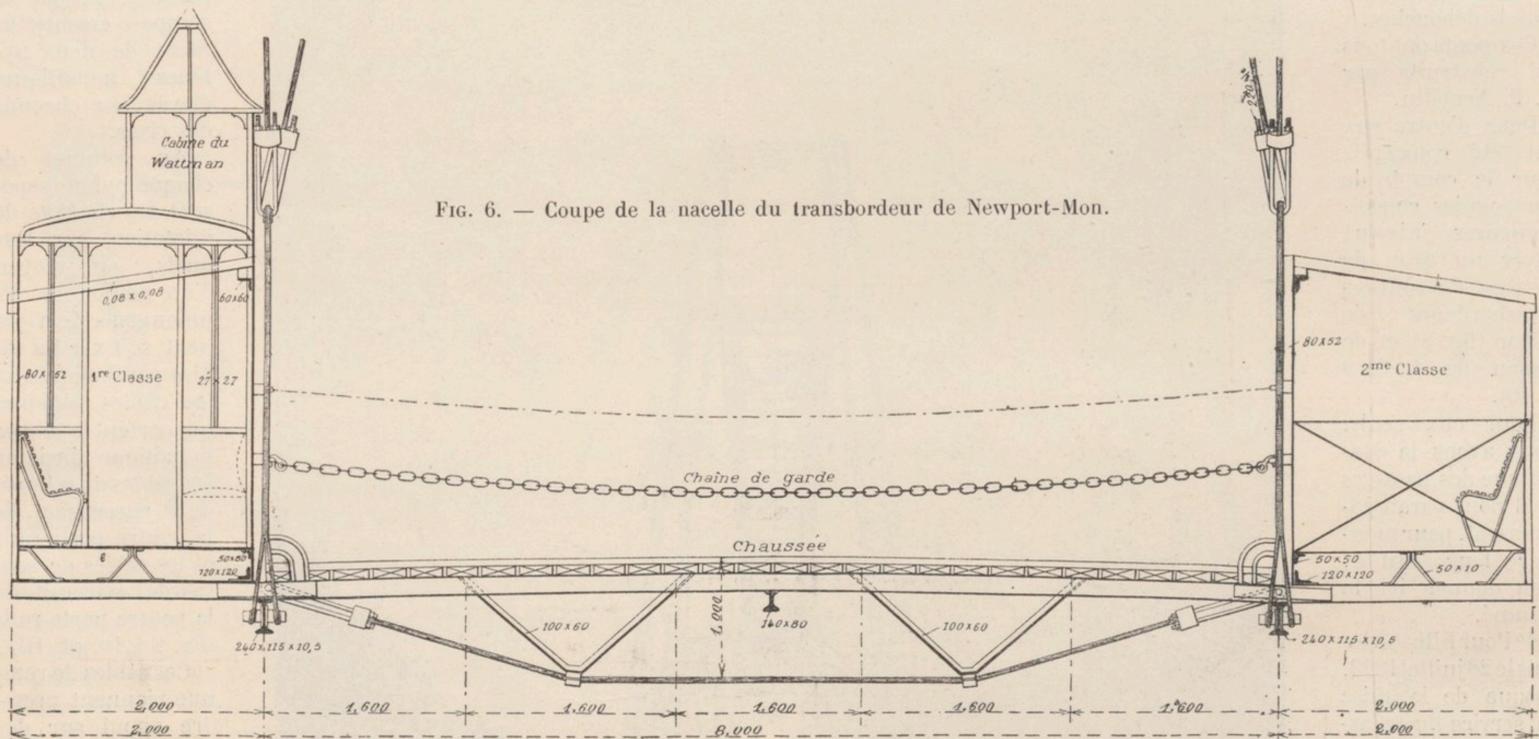


FIG. 6. — Coupe de la nacelle du transbordeur de Newport-Mon.

c'est-à-dire composés de quatre cornières rivées entre elles, avec quatre plats interposés entre ces cornières et formant semelles.

La section, dans chaque arêtier, varie naturellement avec l'étagé que l'on considère.

Pour concentrer d'une façon absolue les efforts dans les axes des piliers, les arêtiers, par groupe de deux, viennent au moyen de sabots en fonte reposer sur des rotules en acier (fig. 7, pl. III).

Les figures de la planche III représentent les parties les plus intéressantes du pont à transbordeur de Newport-Mon (Angleterre), l'ouvrage le plus important de ce système, au point de vue de la grandeur de son débouché, qui est de 196^m 56, et dont les travaux sont actuellement en cours d'exécution.

Les figures 5 et 6 (pl. III), montrent les vues transversale et longitudinale d'un pylône de cet ouvrage dont la hauteur, du goujon de réunion générale au niveau du quai, est de 73^m 600.

L'étude d'un pareil pylône est un peu laborieuse. Toutefois, lorsqu'on détermine, par le calcul, ses éléments essentiels pour permettre à tous ses organes de supporter avec sécurité les actions combinées du vent soufflant en tempête, du poids permanent et des surcharges qu'il est appelé à supporter, on est amené tout naturellement à définir, par l'analyse, les lignes d'axe des arêtiers internes et externes qui le constituent pour avoir un pylône d'égale résistance dans toutes ses parties.

Tablier et poutre raidissante. — Le tablier est constitué par deux poutres de rive, appelées poutres porte-rails, en forme de double T très puissantes à âme pleine; ces poutres sont contreventées entre elles sur la membrure supérieure. Sur la membrure inférieure de chaque poutre, et de chaque côté de l'âme, sont posés des rails type Vignole, sur lesquels circulent des trains de galets.

sur la longueur de son cadre de roulement, soit 32 mètres, ce qui représente 3360 kilogr. de surcharge par mètre courant dans cette partie du tablier.

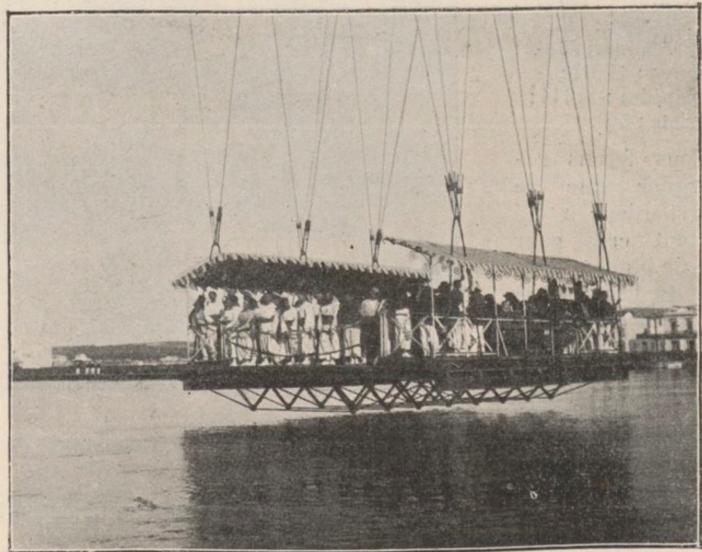


FIG. 7. — Nacelle du transbordeur de Bizerte.

Massifs d'amarrage. — Les câbles de retenue de la suspension et les câbles de retenue de l'extrémité de la poutre porte-rails viennent

prendre leurs points d'appui dans des massifs en maçonnerie disposés à cet effet sur chaque rive (fig. 3 et 4, pl. III).

L'amarrage de ces câbles s'effectue simplement au moyen de culots à leur extrémité supérieure, de tirants d'ancrage en acier munis à chaque extrémité de doubles écrous, et d'ancres en acier à l'extrémité inférieure. Cette disposition réalise l'amovibilité des organes, principe qui, d'ailleurs, a été suivi dans la construction de toutes les pièces principales des ponts à transbordeur. On peut ainsi déposer, vérifier et changer, s'il y a nécessité, toute pièce importante : câble, tige de suspension, tirant d'ancrage, etc., en toute sécurité, sans avoir à interrompre la circulation. Ce principe assure ainsi, par renouvellement partiel, une durée indéfinie à tous les organes essentiels.

Nous allons montrer comment on détermine les dimensions de ces massifs, pour répondre aux efforts maxima de soulèvement et de glissement auxquels ils sont appelés à résister, sous l'influence du poids propre du tablier et de la nacelle en surcharge d'épreuve, placée dans la position la plus défavorable :

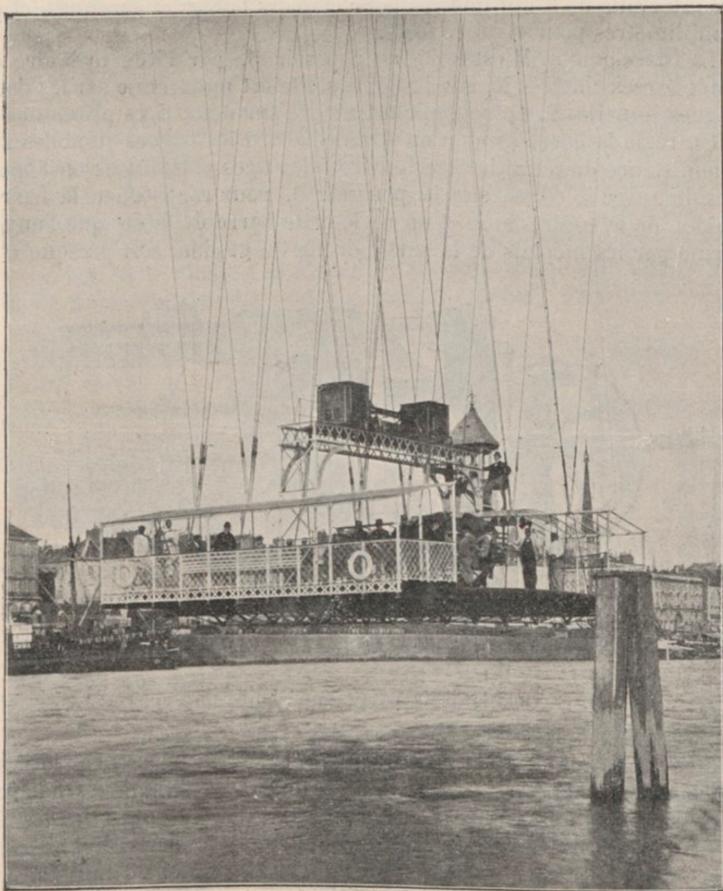


FIG. 9. — Nacelle du transbordeur de Rouen : vue latérale.

Nous désignerons dans tout ce qui suit par (fig. 5) :

- l la demi-longueur du débouché compté entre les axes des deux pylônes;
- d la portion du tablier en avant d'un pylône portée par les câbles obliques;
- d' la portion du tablier en arrière d'un pylône portée par les câbles obliques;
- h la hauteur du centre du goujon d'amarrage des câbles au sommet du chariot à la poutre porte-rails;
- f la flèche totale des câbles paraboliques;
- f' la flèche vraie;
- l' la longueur du cadre de roulement entre ses galets extrêmes;

p le poids, par mètre courant, du tablier dans la partie portée par les câbles paraboliques seulement, y compris le poids de la suspension et de la nacelle avec ses accessoires en surcharge d'épreuve, ce dernier poids étant réparti d'une façon uniforme sur la longueur totale du débouché, grâce à la poutre raidissante qui est calculée à cet effet;

p' le poids, par mètre courant, du tablier dans la partie portée par les câbles obliques;

p'' le poids, par mètre courant, du cadre de roulement en y comprenant le poids de la nacelle, de sa suspension et de la surcharge d'épreuve;

π le poids, par mètre courant, de la nappe totale des câbles paraboliques;

θ l'angle des câbles de retenue de la suspension avec la verticale;

θ' l'angle des câbles de retenue de l'extrémité de la poutre porte-rails avec la verticale.

La tension maximum totale des câbles de retenue de la suspension doit, par sa composante horizontale, équilibrer la somme des composantes horizontales

qui sollicitent le chariot de roulement vers l'avant du pylône. Avec les données précédentes, cette tension maximum, dans le cas le plus défavorable qui puisse se produire, est donnée par la formule :

$$T_R = \frac{1}{\sin \theta} \left\{ \frac{1}{2f'} (pl'^2 + \pi d \sqrt{l'^2 + 4f'^2}) + \int_{d'}^d \frac{p'}{h} x dx - \frac{1}{h} \frac{1}{\tan \theta'} \int_{d-l'}^d \frac{p''}{h} x dx \right\}$$

La tension maximum des câbles de retenue de l'extrémité de la poutre porte-rails est donnée par la formule :

$$T_{R'} = \frac{p'' l''}{h \sin \theta' - d' \cos \theta'} \left(d - \frac{l''}{2} \right).$$

Il résulte de là que le massif d'amarrage doit présenter des dispositions

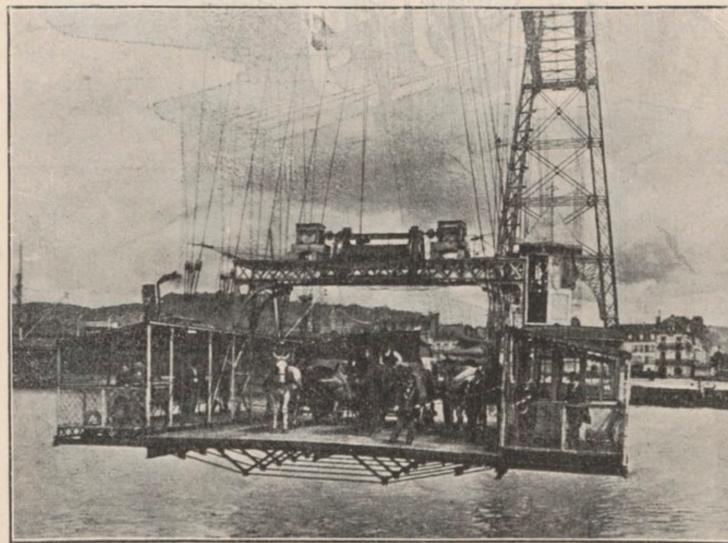


FIG. 10. — Nacelle du transbordeur de Rouen : vue en bout.

telles que le poids de la maçonnerie s'opposant aux efforts de soulèvement doit être, au minimum, égal à :

$$T_R \cos \theta + T_{R'} \cos \theta',$$

et que, de plus, le poids de la maçonnerie s'opposant au glissement doit être, au minimum, g étant le coefficient de glissement, égal à :

$$\frac{1}{g} (T_R \sin \theta + T_{R'} \sin \theta').$$

Pour le transbordeur de Newport-Mon, on a été conduit à prévoir sur chaque rive un massif d'amarrage ayant au minimum 545 mètres cubes.

G. LEINEKUGEL LE COCQ,
Ingénieur de la Marine.

(A suivre.)

Le Génie civil : revue générale des industries françaises et étrangères

1. Le Génie civil : revue générale des industries françaises et étrangères. 1903-11-21.

1/ Les contenus accessibles sur le site Gallica sont pour la plupart des reproductions numériques d'œuvres tombées dans le domaine public provenant des collections de la BnF. Leur réutilisation s'inscrit dans le cadre de la loi n°78-753 du 17 juillet 1978 :

- La réutilisation non commerciale de ces contenus ou dans le cadre d'une publication académique ou scientifique est libre et gratuite dans le respect de la législation en vigueur et notamment du maintien de la mention de source des contenus telle que précisée ci-après : « Source gallica.bnf.fr / Bibliothèque nationale de France » ou « Source gallica.bnf.fr / BnF ».

- La réutilisation commerciale de ces contenus est payante et fait l'objet d'une licence. Est entendue par réutilisation commerciale la revente de contenus sous forme de produits élaborés ou de fourniture de service ou toute autre réutilisation des contenus générant directement des revenus : publication vendue (à l'exception des ouvrages académiques ou scientifiques), une exposition, une production audiovisuelle, un service ou un produit payant, un support à vocation promotionnelle etc.

[CLIQUER ICI POUR ACCÉDER AUX TARIFS ET À LA LICENCE](#)

2/ Les contenus de Gallica sont la propriété de la BnF au sens de l'article L.2112-1 du code général de la propriété des personnes publiques.

3/ Quelques contenus sont soumis à un régime de réutilisation particulier. Il s'agit :

- des reproductions de documents protégés par un droit d'auteur appartenant à un tiers. Ces documents ne peuvent être réutilisés, sauf dans le cadre de la copie privée, sans l'autorisation préalable du titulaire des droits.

- des reproductions de documents conservés dans les bibliothèques ou autres institutions partenaires. Ceux-ci sont signalés par la mention Source gallica.BnF.fr / Bibliothèque municipale de ... (ou autre partenaire). L'utilisateur est invité à s'informer auprès de ces bibliothèques de leurs conditions de réutilisation.

4/ Gallica constitue une base de données, dont la BnF est le producteur, protégée au sens des articles L341-1 et suivants du code de la propriété intellectuelle.

5/ Les présentes conditions d'utilisation des contenus de Gallica 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.

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

7/ Pour obtenir un document de Gallica en haute définition, contacter utilisation.commerciale@bnf.fr.