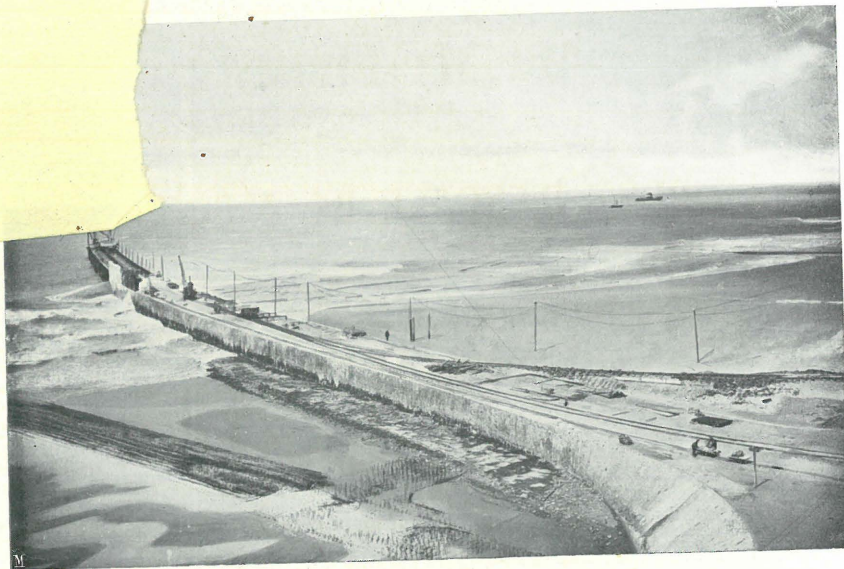
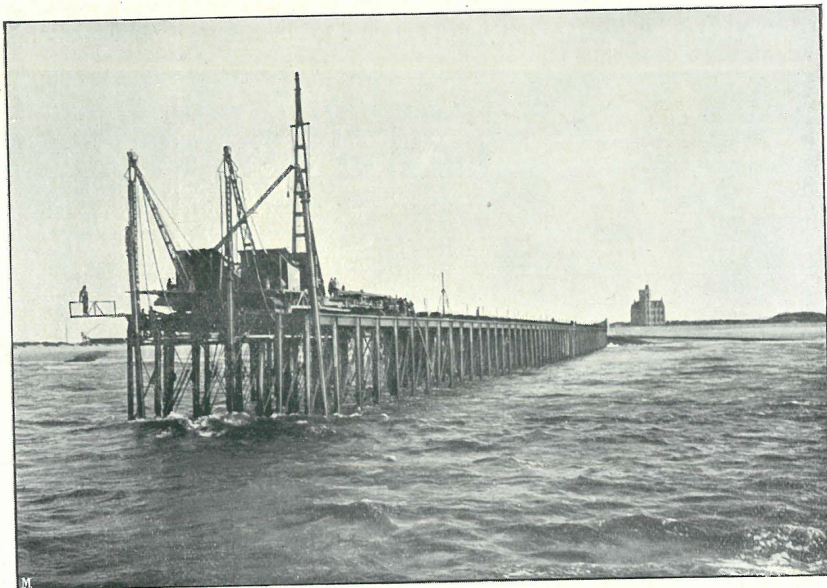


LE PORT D'ESCALE DE ZEEBRUGGE.



JETÉE SUR L'ESTRAN.



JETÉE A CLAIRES-VOIE.

MÉMOIRES

LE PORT D'ESCALE DE ZEEBRUGGE

PAR

Ch. PIENS

Ingénieur des Ponts et Chaussées.

PLANCHES I ET II.

Les Chambres législatives ont récemment approuvé certaines modifications au projet d'établissement du port d'escale de Zeebrugge, décrété par la loi du 11 septembre 1895.

Ces modifications ne portent ni sur le principe ni sur les parties essentielles du projet précédemment admis; elles ont uniquement pour but d'augmenter l'étendue de quelques ouvrages et de compléter les installations premières par l'adjonction d'un bassin de refuge pour les chaloupes de pêche et d'un bassin de garage pour la visite sanitaire des navires.

Il y a donc lieu de reviser la notice qui a paru dans les *Annales* de 1896 (p. 833), et nous saisissons l'occasion qui se présente pour donner quelques indications nouvelles et plus détaillées sur les principaux ouvrages aujourd'hui en cours d'exécution.

MÔLE ET RADE DU PORT D'ESCALE.

Le môle se détache de la côte à 2,250 mètres à l'Ouest de l'écluse d'évacuation du canal de Schipdonck, en s'infléchissant vers l'Est suivant un tracé courbe dont la partie extrême est ramenée parallèlement à la côte, à une distance de 950 mètres de la laisse de basse mer.

Le tracé comporte trois arcs de cercle tangents dont les rayons sont respectivement de 1,200, 5,000 et 1,200 mètres.

A 850 mètres du pied de la jetée débouche, vers l'Est, le chenal d'accès qui aboutit à l'écluse maritime commandant l'entrée du canal vers Bruges.

Le musoir de la jetée est tangent à une droite partant de l'intersection de l'axe du chenal avec la laisse de basse mer et dirigée suivant le N.-E. q, N. magnétique.

La jetée est formée de trois parties : la première sur l'estran est pleine et a un développement de 232 mètres ; la deuxième, qui fait suite, est à claire-voie et mesure 400 mètres ; la troisième partie est également pleine et a une longueur de 1,605 mètres. Suivant l'arête extérieure, le développement total de la jetée est ainsi de 2,237 mètres.

Contre la troisième partie de la jetée s'appuie un terre-plein de 74 mètres de largeur, et limité vers la rade par un mur de quai d'accostage de 1,271^m.40 de développement, au pied duquel règnent des profondeurs de 8 mètres à marée basse de vives eaux, sur une largeur de 300 mètres.

La jetée délimite une rade d'une centaine d'hectares, qu'elle protège contre les vents dominants du S. au N.-O., à la suite des tempêtes qui soufflent entre le S.-O. et le N.-O.

Elle couvre l'entrée du chenal jusque dans la direction du N.-E. q. N., qui est sensiblement celle qui rase l'extrémité Ouest des hauts-fonds du large, et limite la zone au-delà de laquelle l'abri des bancs et des hauts-fonds empêche la mer de se former très violente sous l'influence des vents de la région Est.

La fréquence et l'intensité des vents sur la côte se trouvent caractérisées par les données du tableau suivant, qui est le résultat de vingt années d'observations effectuées à Ostende.

FRÉQUENCE DES VENTS.		FRÉQUENCE DES VENTS INTENSES.	
N.	407	N.	4.1
N. E.	124	N. E.	4.4
E.	82	E.	4
S. E.	64	S. E.	0.2
S.	157	S.	3.5
S. W.	181	S. W.	20.8
W.	180	W.	11.2
N. W.	105	N. W.	8.6
	4,000		53.8

Jetée sur l'estran. — La partie sur l'estran est constituée par un massif en maçonnerie de 3 mètres d'épaisseur, en moellons bruts de Tournai, reposant sur une fondation en béton de 10 mètres de largeur et de 1 mètre d'épaisseur, renfermée dans un coffre en pieux et palplanches, protégé contre les affouillements par un enrochement en moellons.

La berme en béton est en saillie de 6^m.50 sur le nu du mur du côté du large ; en long, elle suit sensiblement le profil de l'estran.

Le massif en maçonnerie est arasé à la cote + 7^m.30.

A l'abri de ce mur est établi le remblai pour le passage d'une double voie ferrée ; il a 11 mètres de largeur et est protégé sur sa face supérieure par un pavage maçonné et sur son talus par un perré dont le pied est maintenu par une file de pieux et palplanches. Le perré, incliné à 2/1, est formé d'un revêtement en bordures brutes de Tournai maçonnées, de 0^m40 d'épaisseur, et d'un corroi en argile de même épaisseur.

Sur le mur de soutènement du remblai s'élève, du côté du large, un parapet constitué d'un mur plein de 1^m.00 d'épaisseur, adossé à des arcades qui supportent supérieurement une passerelle pour piétons, de 1^m.80 de largeur.

Le parapet est construit en béton de gravier du Rhin tout-venant, moulé sur place, au dosage de 235 kilogrammes de ciment par mètre cube de béton.

Du côté du large, cette partie de la jetée se termine par une culée formée d'un retour d'équerre du mur de soutènement, et entourée d'un enrochement général en moellons, lequel est recouvert d'un perré, incliné à 12/4, maçonné en bordures brutes de Tournai, et défendu au pied par un encoffrement en pieux et palplanches et plates-formes en fascinaiges lestées. L'ouvrage est aujourd'hui complètement achevé.

Jetée à claire-voie. — La jetée à claire-voie ménage, perpendiculairement à la côte, une ouverture de 342^m.75 Cette disposition a pour but de permettre, autant que possible, la circulation des courants de marée dans la rade abritée par le môle, afin d'y atténuer les dépôts de vase.

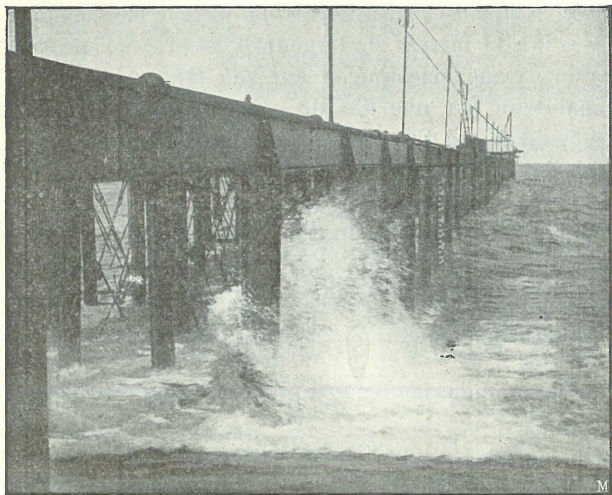
Elle porte deux voies ferrées à écartement normal, séparées par une entrevoie de 3 mètres et deux passages latéraux de 3 mètres de largeur, soit au total un tablier de 12 mètres de largeur.

L'ouvrage est composé de 80 travées de 5 mètres, et repose sur des palées comprenant chacune 6 pieux, dont 4 sous rails et 2 de rive.

Supérieurement les pieux sont entretoisés par une poutre en treillis,

et inférieurement, au niveau de la basse mer, par deux fers en \perp . Ils sont aussi reliés diagonalement par des tirants en fer rond de 50 millimètres, munis de tendeurs.

Dans les 40 premières palées, cet entretoisement ne s'étend qu'au-dessus de la marée basse; dans les 40 autres palées, celles du côté du large, un second entretoisement relie les pieux sous la marée basse, et il s'étend d'autant plus bas que le talus sous-marin descend davantage, pour atteindre une profondeur de 5^m.50 sous le zéro.



Chaque pieux est formé de quatre fers quadrants, rivés par leurs brides longitudinales. Leur diamètre intérieur est de 240 millimètres, et leur épaisseur de 15 millimètres; le plus grand diamètre hors brides est de 400 millimètres. La section d'un pieux est ainsi de 20,000 millimètres carrés environ.

Les pieux sont munis inférieurement d'un sabot en bois de 0^m.40 de diamètre et de 4^m.00 de longueur, emmanché par un tenon dans le corps du pieux, et prenant appui par un épaulement sur la cornière formant collerette.

Les pieux sous rails ont une fiche d'au moins 4^m.50, et ceux de rive d'au moins 5^m.50, sabot non compris.

Sous le passage d'une locomotive du type « Cinquantenaire » du poids de 75 tonnes, la charge maxima d'un pieux sera théoriquement le 25 tonnes.

Des essais ont montré qu'un pieux de l'espèce peut supporter, dans un

terrain sablonneux, analogue à celui rencontré, une charge de 30 tonnes par une fiche de 2^m.20, sabot non compris, et une charge de 50 tonnes par une fiche de 4^m.40.

A la partie supérieure, les palées sont reliées entre elles par six cours de longerons en tôles pleines, dont quatre de 0^m.75 de hauteur placés à l'aplomb des rails, et deux autres de 0^m.60 de hauteur au droit des pieux de rive, et par un contreventement en fers méplats de 150 × 12. Sous le tablier existent aussi des tirants avec tendeurs, disposés comme les tirants d'entretoisement.

Les traverses de la voie, au nombre de six par travée, prennent directement appui sur les longerons.

Le plancher est en madriers de chêne de 0^m.120 × 0^m.063, espacés de 0^m.030, pour donner issue aux lames. Dans le même but, le platelage des voies est formé de panneaux ajourés en fonte.

La file de pieux du côté du large porte, sur toute la longueur de l'ouvrage, un paravent de 4^m.80 de hauteur, destiné à abriter le passage des trains.

Le paravent est formé d'une muraille en tôle, portée par des raidisseurs et des montants, et constituée par quatre rangées de tôles; les deux rangées inférieures, qui doivent résister dans certains cas au choc des lames, ont 12 millimètres d'épaisseur; les rangées supérieures n'ont que 7 millimètres d'épaisseur.

La membrure se compose de montants principaux dont l'âme est encastree entre les brides des pieux de rive, de trois cours de montants intermédiaires et de quatre cours de poutres horizontales, dont le cours inférieur fait corps avec la poutre de rive.

Le paravent porte, vers la partie supérieure, une passerelle pour piétons, en continuation de la passerelle ménagée dans le parapet en béton de la jetée sur l'estran. Le plancher est supporté par des consoles en cornières fixées aux montants du paravent.

Toute la claire-voie est en acier doux, caractérisé par une résistance à la rupture d'au moins 42 kilogrammes, sous un allongement minimum de 20 p. c.

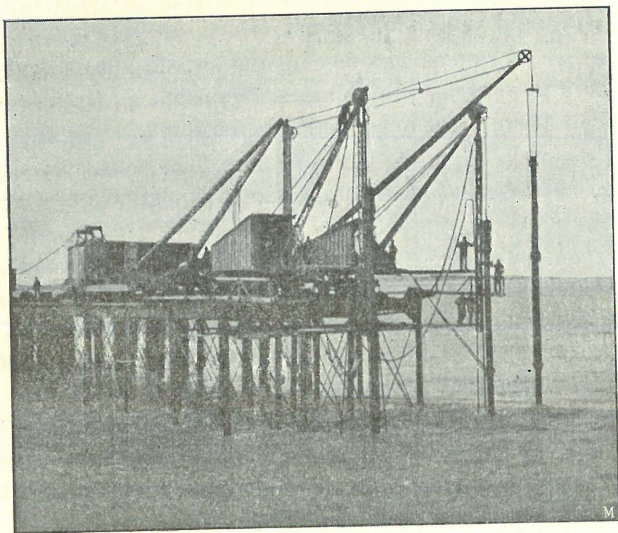
La construction de l'ouvrage a été entamée le 9 septembre 1898; le 14 août 1899, soit moins d'une année après, tous les pieux étaient battus et la superstructure assemblée, à l'exception du paravent.

Le matériel de construction comprenait : deux sonnettes marchant de front sur le tablier à mesure de l'avancement, et une grue dite « derrikerane » à l'arrière. Chaque sonnette, montée sur pivot et truc, pouvait battre, en porte-à-faux, les trois pieux d'une demi-palée; elle

était armée d'un mouton de 800 kilos et de deux lances d'un diamètre de 0^m.05.

L'eau d'injection était débitée par deux pompes centrifuges conjuguées d'un diamètre de 0^m.10 à l'aspiration, logées sur la plate-forme de la « derrickcrane. »

L'enfoncement des pieux s'obtenait par le lançage et le battage combinés, à l'exception toutefois des derniers 0^m.50, pour lesquels il n'était fait usage que du mouton, aux fins de ne pas désagréger le terrain d'appui des pieux.



Les pieux et les éléments complètement assemblés de la superstructure étaient amenés par wagons sous la flèche de la grue. Celle-ci surplombant tout le bâti des sonnettes, mettait les pieux en fiche et disposait les éléments de la superstructure à l'endroit voulu pour l'assemblage.

Les organes de cet outillage étaient actionnés électriquement, comme nous l'avons décrit dans la note parue aux *Annales* de 1899, page 415.

Chacune des sonnettes portait une dynamo-réceptrice d'une puissance de 20 kilowatts, et la « derrickcrane » une réceptrice de même puissance.

Les pompes centrifuges conjuguées étaient mues par une dynamo de 10 kilowatts.

Jetée pleine du large. — La jetée pleine du large comprend deux parties : la première, d'une longueur de 1,265 mètres, abrite le terre-plein du môle ; la seconde, de 340 mètres, constitue un brise-lame.

La base de la première partie est formée de blocs de béton de 2,500 à 3,000 tonnes, longs de 25 mètres, larges de 7^m.50, et dont la hauteur varie avec la profondeur de la mer, de manière que la face supérieure des blocs dépasse uniformément de 1 mètre le niveau des basses mers.

Sur l'assise de ces blocs ainsi établie, le corps de la jetée, d'une épaisseur de 5 mètres, est formé, jusqu'à la cote + 7^m.00, par trois assises de blocs pesant 50 tonnes et disposés en boutisses et pannes. Les joints des blocs de la fondation et de la superstructure sont bourrés de béton et de mortier.

A partir de la cote + 7^m.00, s'élève une maçonnerie de béton moulé sur place, constituant un mur d'abri de 4^m.80 de hauteur et de 3^m.00 d'épaisseur.

Au delà du terre-plein, la jetée formant brise-lame a des dimensions plus fortes, à savoir : 9 mètres d'épaisseur à la base, 6^m.50 d'épaisseur pour le corps de la jetée et 4^m.50 d'épaisseur pour le mur d'abri.

La jetée du large est terminée par un musoir dont la base, constituée d'un seul bloc, a 16 mètres de diamètre et 9 mètres de hauteur. Le diamètre est réduit à 13^m.50 sur la hauteur comprise entre la cote + 4^m.00 et la cote + 7^m.00, et à 11^m.50 depuis la cote + 7^m.00 jusqu'à la cote + 11^m.80.

Sur ce musoir est établie une tourelle portant un feu.

La jetée pleine est couronnée, sur toute sa longueur, par un parapet en béton de 1^m.20 de hauteur et de 4^m.20 de largeur, atteignant la cote + 13^m.00.

A l'arrière est ménagée une passerelle pour piétons, en prolongement des passerelles de la jetée sur l'estran et de la claire-voie.

Dans l'épaisseur du corps du mur de la jetée formant brise-lame, il est ménagé une galerie donnant accès au feu du musoir.

Le pied extérieur de la jetée est protégé contre les affouillements par un puissant enrochement en gros moellons de Tournai, d'un poids de 300 à 1,500 kilogrammes.

Mur de quai. — Le mur de quai qui limite le terre-plein du môle du côté de la rade est, comme la jetée, construit en béton ; la fondation est composée de blocs de 25 mètres de longueur posés sur le sol, préalablement dragué à la cote — 8^m.00 sur une longueur de 876^m.41, et à la cote — 9^m.50 sur une longueur de 395 mètres. La largeur des

blocs est de 9 mètres à la base et de 6.^m20 au sommet; les longs côtés présentent un fruit de $\frac{1}{10}$.

Sur la base ainsi établie viennent se poser deux assises de béton de 2 mètres de hauteur, arasés à la cote + 4.^m50, et surmontés d'une assise de 2.^m20 de hauteur, construite en maçonnerie de béton moulé sur place.

Un aqueduc est ménagé dans l'épaisseur de cette dernière assise pour l'écoulement des eaux pluviales et la pose des différentes conduites nécessaires à l'exploitation du port.

L'espace compris entre la jetée et le mur de quai est remblayé et est recouvert d'un pavement maçonné jusqu'à la cote + 7.^m30. Le terre-plein porte trois hangars fermés, avec quais à la hauteur de la plateforme des wagons; les hangars ont 75 mètres de longueur sur 30 mètres de largeur. Une partie des hangars est aménagée en bâtiment de recettes pour voyageurs, avec bureau de douane.

Le terre-plein porte encore les voies ferrées de service et huit grues électriques à portique.

La fondation de la jetée et du quai comporte la mise en œuvre de 116 blocs de 3,000 tonnes.

On sait, par les notices parues antérieurement dans les *Annales* (1898, page 821, et 1899, page 413), que ces monolithes se construisent dans une partie élargie du canal maritime immédiatement en amont de l'écluse, et qu'ils se composent d'une ossature métallique formée de tôles raidies par des membrures, constituant ainsi de vastes caissons dont le fond et les parois seuls sont bétonnés sur une certaine épaisseur, de manière à laisser des vides suffisants pour qu'ils puissent flotter. (*Annales* de 1898, pl. XXXII.)

La composition du béton de soutien de l'enveloppe des blocs, par mètre cube de béton moulé, est renseignée ci-après :

Pierrailles de porphyre de 5 à 60 millimètres . . .	940 litres.
Sable fossile ou des dunes	580 —
Ciment à prise lente	200 kilogram.

(*Annales* de février 1900).

Chenal d'accès. — Le chenal d'accès à l'écluse a une longueur de 750 mètres, une largeur normale de 50 mètres au plafond et de 116 mètres entre les crêtes à la cote + 7.^m00, et une profondeur de 6 mètres sous marée basse.

Les rives s'évasent à la traversée de l'estran, de manière à offrir une entrée de 200 mètres de largeur. Les talus du chenal sont inclinés à $\frac{3}{1}$ à partir du plafond jusqu'au zéro, niveau auquel est ménagée une

banquette du 1 mètre de largeur; au-dessus de cette banquette, les talus sont inclinés à $\frac{2}{1}$.

Les talus sont protégés, en contre-haut du zéro, par un perré maçonné, prenant appui contre une charpente de soutènement, et en contre-bas par des plates-formes en fascines lestées de moellons.

Dans l'étendue de l'estran, les rives du chenal sont bordées de jetées basses en maçonnerie et d'estacades en charpente.

Les jetées basses comportent une double file de pieux et palplanches, un enrochement formant noyau et un revêtement maçonné, d'un mètre d'épaisseur, en gros moellons de Tournai.

La file intérieure est établie uniformément à la cote + 1.^m00; elle est défendue par des plates-formes en fascines lestées de moellons sur 5 mètres de largeur. La file extérieure suit sensiblement la pente de l'estran; elle est protégée par des enrochements. La crête des jetées basses dépasse en général le profil de l'estran de 1.^m25.

Les estacades sont formées de fermes, distantes de trois mètres, encastrées dans la maçonnerie des jetées basses; elles ont une largeur de deux mètres à la cote + 7.^m00. Ces passerelles donnent accès aux musoirs qui terminent les jetées et qui portent chacun un feu de port. Les musoirs ont 9 mètres de largeur et 12 mètres de longueur; leur pied est défendu par des enrochements en moellons sur plates-formes en fascines.

INSTALLATIONS POUR LES CHALOUPES DE PÊCHE.

Ces installations sont projetées sur la rive Est du chenal d'accès à l'écluse maritime.

Elles comprennent un bassin d'échouage, d'une largeur de 80 mètres et d'une longueur de 150 mètres, avec entrée de 40 mètres de largeur limitée par des estacades; un banc de carénage de 75 mètres de longueur, et un débarcadère de 100 mètres de longueur.

Le bassin d'échouage est susceptible de recevoir des extensions au Nord et au Sud.

Le terre-plein Est est pourvu d'une chaussée raccordée à la route de l'Etat de Lisseweghe aux écluses de Heyst, et d'une voie ferrée embranchée sur la ligne de Blankenberghe à Heyst.

ECLUSE MARITIME.

Cet ouvrage fera l'objet d'une note spéciale.

PORT INTÉRIEUR ET BASSIN DE GARAGE POUR LA VISITE SANITAIRE
DES NAVIRES.

Le port intérieur se trouve placé immédiatement en amont de l'écluse maritime. Il a 660 mètres de longueur, 50 mètres de largeur au plafond et 103^m.30 entre les crêtes des rives.

Le bassin de garage pour la visite sanitaire des navires est adossé à la rive Est du port intérieur. Son tracé est tel qu'il ménage en même temps une gare de virement de 220 mètres de diamètre.

Le mouillage du port intérieur et du garage est de 8 mètres, tout comme du canal maritime.

Le talus Ouest du port intérieur est incliné à 2 pour 1 et consolidé, entre la cote + 2.00 et la crête, par un perré de 0^m.30 d'épaisseur en moellons posés à sec sur corroi d'argile. Au pied du perré, maintenu par une charpente de soutènement, règne une banquette de 1 mètre de largeur.

Le terre-plein attenant à cette rive a une largeur de 75 mètres; l'outillage comprend cinq appontements en charpente et des voies ferrées en raccordement avec la ligne de Blankenberghe-Heyst.

Le talus Est du port intérieur et celui du bassin de garage sont inclinés à 3 pour 1 à partir du plafond jusqu'à 4^m.50 sous la flottaison du canal (+ 3.50); à ce niveau est ménagée une banquette, de 1^m.50 de largeur, en contre-haut de laquelle les talus sont inclinés à 2 pour 1. A partir de la banquette jusqu'à 4^m.50 au-dessus de la flottaison, les talus sont protégés par un perré de 0^m.50 d'épaisseur, en moellons posés à sec sur corroi d'argile, prenant appui contre une charpente de soutènement.

Deux appontements en charpente sont établis sur les talus du bassin de garage pour l'accostage des navires en quarantaine.

DÉPENSES.

L'exécution à forfait des modifications apportées aux ouvrages du port à la côte et des travaux supplémentaires, a été consentie, par les entrepreneurs MM. Coiseau et Cousin, moyennant la somme de fr. 2,576,222.80, à ajouter au prix global de leur entreprise.

La durée d'exécution a été prolongée d'un an et reportée jusqu'au 11 septembre 1903.

Décembre 1899.

RÉSULTATS

DE

QUELQUES EXPÉRIENCES SUR LES BÉTONS

PAR

CH. PIENS.

Ingénieur des Ponts et Chaussées.

Aujourd'hui que l'attention des constructeurs est appelée sur l'importance économique des bétons, et qu'elle grandit chaque jour davantage par suite des applications multiples et toujours plus étendues que le béton armé reçoit de toute part, les études spéciales qui se rapportent à ce genre de maçonnerie présentent un vif intérêt.

On comprend chaque jour la nécessité de serrer davantage le problème et de mettre en lumière le rôle spécial que jouent les différents éléments qui entrent dans la composition des bétons.

De nombreuses expériences ont été faites pour reconnaître l'influence des dosages en ciment; mais il n'en est pas de même pour déterminer la valeur des matériaux inertes de l'ossature.

Ici les avis sont souvent partagés, faute d'observations suffisamment poursuivies.

Cependant le rôle du squelette est considérable: la résistance d'un béton est notamment fonction de la nature des matériaux de l'ossature, de la grandeur des éléments et des proportions dans lesquelles ces éléments sont mélangés.

Nous avons procédé dans cet ordre d'idées à quelques essais; bien que ceux-ci soient incomplets et doivent être considérés comme un simple élément des expérimentations à poursuivre, nous croyons cependant utile d'en produire les résultats, à raison de l'intérêt que certains d'entre eux présentent.