

Tableau-annexe donnant les valeurs de C' et k pour les principaux matériaux.

Matériaux.	C.	k.	Matériaux.	C'.	k.	Matériaux.	C'.	k.
Ardoise . . . . .	0.29	»	Étain . . . . .	53	0.22	Asphalte Filz . . . . .	0.032	»
Calcaire à grains fins . . . . .	2.0	»	Fer oxydé . . . . .	»	3.36	Coke compact . . . . .	5.0	»
Grès . . . . .	4.3	»	Fer ordinaire . . . . .	60	2.77	Carton pour toitures . . . . .	0.12	»
Marbre . . . . .	2.8	3.60	en tôle polie . . . . .	»	0.45	Coton . . . . .	0.69	3.65
Maçonnerie de briques . . . . .	0.69	»	plombée . . . . .	»	0.65	Duvel d'édredon . . . . .	0.04	»
Terre cuite compacte . . . . .	0.8	»	Laiton . . . . .	90	0.26	Laine (étoffe) . . . . .	0.04	3.7
Plâtre sec . . . . .	0.5	3.60	Plomb . . . . .	30	»	Soie (étoffe) . . . . .	»	3.8
Sable fin . . . . .	0.27	3.62	Zinc . . . . .	110	0.24	Papier ordinaire . . . . .	0.034	0.42
Verre . . . . .	»	2.91	»	»	»	argenté . . . . .	0.23	»
»	»	»	Cendre de bois . . . . .	0.06	»	doré . . . . .	»	»
Chêne (sens perpendiculaire aux fibres) . . . . .	0.21	»	Craie en poudre . . . . .	0.09	3.32	Liège . . . . .	0.26	»
Sapin (sens perpendiculaire aux fibres) . . . . .	0.093	3.60	Charbon de bois en poudre . . . . .	0.08	3.42	»	»	»
Sapin (sens parallèle aux fibres) . . . . .	0.17	»	Coke pulvérisé . . . . .	0.16	»	Eau . . . . .	»	5.3
»	»	»	Sciure de bois (pin) . . . . .	0.045	3.53	»	»	»
Argent . . . . .	»	0.13	Suite . . . . .	»	4.00	Air stagnant . . . . .	0.04	»
Cuivre . . . . .	300	0.16	Terre cuite pulvérisée . . . . .	0.15	»	»	»	»

Remarque. — Les valeurs de k sont celles de Péclot; les valeurs de C' celles de Landoldt et Börnstein; un peu inférieures à celles de MM. Wiedermann et Frantz pour les métaux. Ces dernières sont : argent 493; cuivre 362; étain 71.5; fer 58.82; laiton 116; plomb 41.8.

# LE PORT D'ESCALE DE ZEEBRUGGE

PAR

Charles PIENS

Ingénieur principal des Ponts et Chaussées.

PL. XLIII ET XLIV.

La dernière notice sur les travaux de construction du port d'escale de Zeebrugge a paru dans le 1<sup>er</sup> fascicule des *Annales des Travaux publics* de 1900.

Le 29 mars 1900 est intervenue entre les parties contractantes une seconde convention additionnelle, destinée à compléter et à étendre les projets antérieurs, notamment les installations et les aménagements généraux à terre.

D'autre part, certaines modifications ont été apportées, en cours d'exécution, au dispositif de la claire-voie.

Enfin, M. le comte de Smet de Naeyer, Ministre des Finances et des Travaux Publics, voulant mettre le port d'escale au niveau des exigences toujours croissantes de la grande navigation moderne, et réserver en même temps l'avenir par des prévisions largement calculées, vient de faire approuver par la Législature une nouvelle convention additionnelle datée du 6 juillet 1905 (1), portant la construction d'un quai d'accostage supplémentaire à grand mouillage, ainsi que l'extension de la rade.

La présente notice a pour objet de faire connaître le programme actuel des travaux et de décrire, en même temps, le degré d'avancement des ouvrages au 1<sup>er</sup> août 1905.

**Dispositif du port d'escale.** — Nous rappellerons d'abord brièvement quel était, dans ses grandes lignes, le dispositif arrêté en 1900 pour le môle du port d'escale.

(1) Voir *Annales des Travaux publics*, t. VIII, p. 1087.

Le môle en mer comprenait trois parties : la première sur l'estran était pleine et avait un développement de 252 mètres; la seconde, qui fait suite, était à claire-voie et mesurait 400 mètres; la troisième partie était également pleine et avait une longueur de 1,605 mètres.

Suivant l'arête extérieure, le développement total de la jetée était ainsi de 2,257 mètres, avec musoir terminus distant de 950 mètres de la laisse des basses mers.

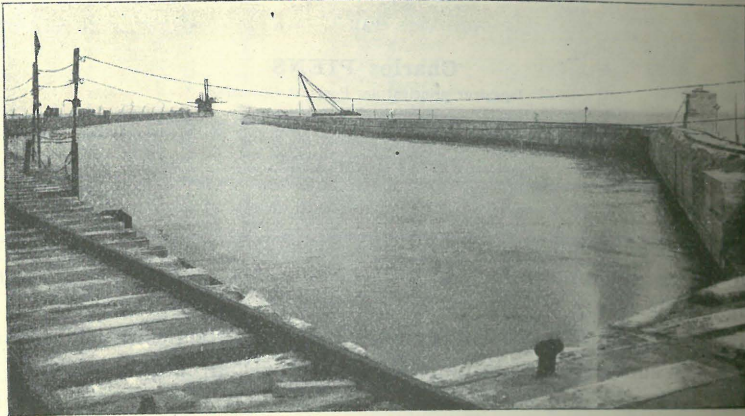


Fig. 1. — Jetée pleine du large et mur d'accostage.

Contre la jetée pleine du large, s'appuyait le terre-plein de 74 mètres de largeur, limité vers la rade par un mur de quai d'accostage de 1,271<sup>m.41</sup> de développement, au pied duquel devait régner une profondeur de 8 mètres à marée basse de vive eau et de 9<sup>m.50</sup> sur une longueur de 575 mètres, à l'extrémité nord.

**Construction de la jetée à claire-voie.** — La construction de la jetée à claire-voie a été terminée vers la fin de 1899, dans les conditions décrites dans notre notice de 1900.

Le 2 mai 1900, il a été procédé à la mise en place du premier caisson du môle; ce caisson forme culée, du côté du large, pour la claire-voie.

Les parois de ce caisson étaient en béton armé de fermettes métalliques, comme les autres caissons du môle; mais comme il devait être foncé à l'air comprimé, jusqu'à 8<sup>m.50</sup> sous marée basse, il était muni d'une chambre de travail.

La culée a 5 mètres de largeur et 19 mètres de longueur moyenne.

Avant la mise en place du caisson, le fond sous-marin, qui s'était affouillé sous l'action des courants de marée, a dû être régularisé par de nombreux sacs remplis de sable, de manière à offrir une assiette plane, capable de porter le couteau uniformément.

A raison de la situation isolée du caisson en pleine mer, sans aucune protection, le travail de fonçage a été pénible et contrarié maintes fois par les gros temps.

Néanmoins, la culée a pu être achevée dans les premiers jours de juin, et le 20 de ce même mois, les constructeurs, MM. Coiseau et Cousin, coulaient avec succès le premier caisson J<sub>1</sub> constitutif de l'infrastructure du mur de la jetée.

Le deuxième caisson J<sub>2</sub> a été mis en place le 17 juillet suivant et le caisson J<sub>3</sub> le 3 octobre. (Voir pl. XLIV.)

Le travail de bétonnage de ces premiers caissons et de pose des blocs de la superstructure a été lent, à raison de ce que la manœuvre des bennes, d'un poids de 28 tonnes en charge et des blocs de 55 tonnes a dû être faite au moyen de la bigue flottante.

Cet appareil, avec sa mâture de 28 mètres de hauteur au-dessus du

pont, exposé qu'il était à toute l'action de la houle et des courants, prenait des oscillations qui rendaient fort délicate l'opération de l'accrochage des bennes et des blocs, dès que la mer n'était pas parfaitement calme.

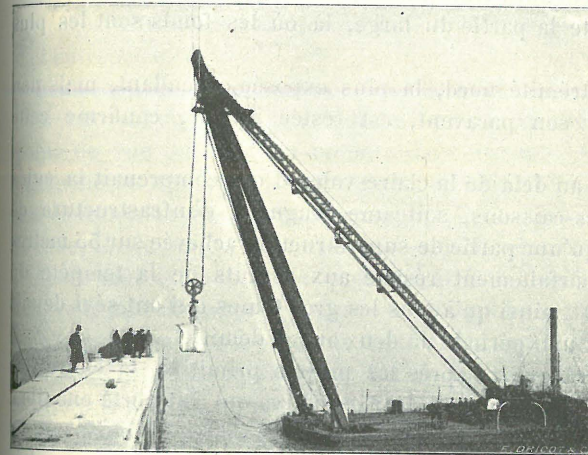


Fig. 2. — Bigue flottante.

Mais il s'agissait de constituer avant tout, une section de mur d'une longueur suffisante pour porter la grue titan qui devait assurer seule, par la suite, la construction de la jetée ou mur extérieur.

Les travaux de pose de la superstructure sur les trois premiers caissons se poursuivaient dans ces conditions au moyen de la bigue flottante, lorsque survint la violente tempête du 27 janvier 1901.

Le vent soufflait de l'ouest, soit normalement à la direction initiale du tracé du môle.

Dans la nuit du 27 au 28, la jetée à claire-voie fut complètement détruite sur une longueur de 125 mètres.

Depuis la palée 45 (cumulée 225 mètres) jusqu'à la palée 70 (cumulée 350 mètres), on n'apercevait plus le moindre vestige au-dessus de la marée basse.

Au moment de l'accident, la jetée était entièrement achevée jusqu'à la 70<sup>e</sup> palée; au delà, le paravent n'avait pas été dressé, pour permettre le montage de la grue titan et son déplacement sur le mur de jetée du môle.

La partie sud, d'une longueur de 225 mètres, était intacte; de même que la partie nord restante de 50 mètres de longueur.

Le paravent a dû être la cause déterminante de l'accident; cette paroi pleine forme, en effet, avec le longeron de rive qui lui sert d'appui, un écran depuis la cote + 6<sup>m</sup>.40 jusqu'à la cote + 11<sup>m</sup>.80, soit sur une hauteur de 5<sup>m</sup>.40.

Bien que la marée du 27 janvier au soir n'ait atteint que la cote + 5<sup>m</sup>.50, le paravent aura vraisemblablement été heurté par un paquet de mer dans toute la partie du large, là où les fonds sont les plus considérables.

Le fait que l'extrémité nord, la plus exposée cependant, mais non encore munie de son paravent, est restée intacte, confirme cette hypothèse.

La jetée pleine au delà de la claire-voie, et qui comprenait la culée et les trois blocs-caissons, soit une longueur d'infrastructure de 80 mètres, ainsi qu'une partie de superstructure achevée sur 33 mètres de longueur, a parfaitement résisté aux assauts de la tempête du 27-28 janvier 1901, ainsi qu'à tous les gros temps qui ont sévi depuis lors, soit pendant une période de deux ans et demi.

On se rappellera que, d'après les projets primitifs, la claire-voie devait avoir un développement de 248 mètres qui fut porté ensuite à 300 mètres.

Mais des ingénieurs et des marins étrangers de renom, consultés en 1894 par le gouvernement belge sur la valeur du dispositif du port de Zeebrugge, avaient proposé de donner à cette partie du môle un développement de 350 mètres, afin de laisser un plus ample passage aux courants de flot et de jusant.

A l'appui de leur avis, ces praticiens écrivaient : « Comme il est impossible de déterminer mathématiquement le courant qui passera, nous recommandons cette ouverture, et si, dans la pratique, on

» s'aperçoit qu'elle est trop grande, que la houle, avec des vents d'ouest et du nord-ouest, rentre en trop grande quantité, il sera facile de la diminuer, tandis qu'en la faisant trop étroite au début, le mal serait irrémédiable. »

L'incertitude devait forcément présider à l'élaboration du projet de cette partie du môle, à défaut d'éléments d'appréciation basés sur des précédents ou sur l'observation.

Aussi le Gouvernement, prenant en considération la proposition des praticiens que nous venons de citer, a-t-il porté le développement de la claire-voie à 400 mètres, par la première convention additionnelle du 12 juillet 1899. En même temps, il prenait l'engagement de fermer l'ouvrage, à ses frais, sur une longueur de 100 mètres au maximum, dans le cas où l'expérience démontrerait qu'une ouverture de 400 mètres présentât des inconvénients pour l'exploitation du port.

Or, la claire-voie une fois achevée sur cette longueur, et les premiers caissons posés, on a pu constater que la houle franchissait les pilotis sans se briser et que, par mer démontée, elle se propageait avec intensité jusque devant le chenal du port intérieur,

En outre, les courants de marée avaient créé maintes fois de sérieuses difficultés à la rentrée dans le chenal du matériel remorqué de l'entreprise.

Deux conditions, répondant à des nécessités complètement opposées interviennent dans la détermination du débouché de la claire-voie : au point de vue du calme à obtenir dans la rade, il faut réduire ce débouché au minimum; au contraire, au point de vue de la circulation des courants de marée, indispensable à l'entretien des profondeurs de la rade, il convient d'ouvrir la claire-voie le plus possible.

Après mûr examen de la question, il fut décidé d'en revenir à la longueur antérieurement projetée de 500 mètres, en fermant la claire-voie sur 100 mètres à partir de l'extrémité nord. En même temps, la charpente métallique recevrait les améliorations suivantes : relèvement du tablier de la cote + 7<sup>m</sup>.30 à la cote + 8<sup>m</sup>.05 (niveau du rail); doublement des palées 46, 49, 52, 55 et 58, constituées désormais de deux fermes jumelées; adjonction aux palées d'un pieu oblique de contrebutée du côté Est, à partir de la 29<sup>e</sup> travée; enfin, enlèvement de la tôle inférieure du paravent de 1<sup>m</sup>.20 de hauteur.

Ces modifications se justifient par les constatations qui ont pu être faites après l'accident : la claire-voie a péri par rupture des pieux au niveau de l'encastrement dans le sol, lequel avait d'ailleurs été convenablement enroché; le tablier se trouvait couché sur le fond.

Il fallait donc soustraire davantage aux coups de mer la partie pleine

de l'ouvrage, comprenant le tablier et le paravent, et renforcer le pilotage.

L'enlèvement de la partie détruite de la claire-voie formant une masse métallique rivetée et assemblée par tirants, d'un poids de 750,000 kilogs, a été extrêmement pénible.

Heureusement l'entreprise possédait la bigue flottante, d'une puissance de 60 tonnes au moins, capable de repêcher des paquets importants de ferrailles.

**Fermeture de la jetée à claire-voie.** — La fermeture a été réalisée en déplaçant, de 100 mètres vers l'estran, la partie du môle pourvue du quai, et en prolongeant de la même quantité et dans la même direction, le brise-lame qui était prévu au delà du quai. De telle sorte que l'emplacement du musoir du môle restant invariable, la longueur de la jetée isolée, qui d'après le projet mesurait 340 mètres, était portée à 440 mètres.

La fermeture comportait une nouvelle culée du large pour la claire-voie et quatre caissons.

Les travaux de déblaiement de la partie détruite, d'exhaussement et de renforcement du tablier et de reconstruction jusqu'à concurrence de 300 mètres de longueur totale, ont été terminés dans les premiers jours du mois de septembre 1901.

La nouvelle culée a pu être mise en place le 4 octobre suivant et les quatre caissons de fermeture aux dates ci-après : J<sub>64</sub> le 24 octobre, J<sub>9</sub> le 6 novembre, J<sub>8</sub> le 17 janvier 1902 et J<sub>65</sub> le 7 mars.

Malgré les nombreuses difficultés inhérentes à ces travaux de réfection, ceux-ci ont été habilement menés à bonne fin.

**Construction de la jetée pleine du large.** — Aussitôt la fermeture effectuée, les constructeurs amenèrent à l'extrémité nord de la claire-voie la grue titan et procédèrent au montage des parties complémentaires de ce gigantesque outil : volée, contre-poids, haubans, treuil, etc.

Entretemps, ils entamèrent la mise en place des premiers caissons du mur de quai Q<sub>1</sub> (11 mars 1902) et Q<sub>2</sub> (11 juin 1902), formant pan-coupé de jonction entre la jetée et le quai.

Le 30 juin 1902, on reprit les travaux d'avancement de la jetée en mer, au large de l'ancien caisson J<sub>3</sub>, par la mise en place de J<sub>1</sub>, soit après un arrêt de 17 mois.

La grue titan complètement montée a effectué le travail de bétonnage de ce caisson et de pose des blocs de 55 tonnes de la superstructure,

et depuis lors cet appareil a été exclusivement employé à la construction de la jetée.

La grue titan circule sur une voie encastrée dans la plate-forme de couronnement du mur, à mesure de son avancement; sa flèche a un porte-à-faux de 50 mètres de longueur; l'appareil est capable de manœuvrer les bennes à béton, d'un poids de 28 tonnes, à une distance de 49 mètres, et les blocs de 55 tonnes à une distance de 29 mètres.

Le titan peut ainsi bétonner deux caissons successifs lorsque les circonstances sont favorables pour leur mise en place, sans qu'il faille attendre que la superstructure soit achevée.

Les autres caissons de la jetée ont été posés aux dates suivantes :

J <sub>5</sub> le 16 août	1902.	J <sub>17</sub> le 16 mars	1903.
J <sub>6</sub> le 22 septembre	—	J <sub>18</sub> le 26	—
J <sub>7</sub> le 26 octobre	—	J <sub>19</sub> le 27 avril	—
J <sub>10</sub> le 8 novembre	—	J <sub>20</sub> le 6 mai	—
J <sub>11</sub> le 28	—	J <sub>21</sub> le 21	—
J <sub>12</sub> le 15 décembre	—	J <sub>22</sub> le 1 <sup>er</sup> juin	—
J <sub>13</sub> le 9 janvier	1903.	J <sub>23</sub> le 16	—
J <sub>14</sub> le 10 février	—	J <sub>24</sub> le 25	—
J <sub>55</sub> le 19	—	J <sub>25</sub> le 17 juillet	—

A la date du 1<sup>er</sup> août 1903, il y avait ainsi une longueur de 650 mètres de jetée construite.

On s'étonnera peut-être de ce que pendant les six premiers mois qui suivirent la reprise des travaux d'avancement de la jetée en mer, il n'ait été mis en place que 7 caissons, alors que l'entreprise disposait de son matériel définitif.

Mais la construction de cette partie de jetée a été particulièrement contrariée par l'existence d'importants affouillements.

Pendant l'arrêt de 17 mois qu'a subi la marche des travaux à l'avancement, après l'accident survenu à la claire-voie, des affouillements considérables se sont produits devant l'extrémité du caisson J<sub>3</sub>.

Une fosse de plus de 200 mètres de longueur suivant le développement du môle, ayant jusque 20 mètres de profondeur sous marée basse, a pris naissance là où primitivement l'on sondait à peine 7 mètres sous cette cote.

Pour asséoir les caissons dans ces conditions nouvelles, il a fallu établir un puissant enrochement en moellons prenant appui inférieurement sur des plates-formes en fascinaes. On conçoit combien l'exécution d'une pareille fondation supplémentaire doit forcément ralentir la marche courante du travail (voir pl. XLIV).

Actuellement une zone d'affouillement précède d'une manière assez régulière l'extrémité de la jetée en construction, sur une longueur de 200 mètres environ.

Dès que les profondeurs atteignent 14 à 15 mètres sous basse mer, on y coule des plates-formes en fascinages sur une largeur de 50 mètres, à l'emplacement que doivent occuper les caissons.

Sur ce lit s'élève l'enrochement constitué en moellons de calcaire et de petit granit, de dimensions variées; le plan d'arasement sur lequel se pose le caisson, est formé de petits moellons d'aplanissement; enfin, le talus extérieur de l'enrochement est défendu par un revêtement en gros blocs naturels d'un poids de 1,000 à 2,000 kilos.

Le relevé ci-dessus de la date de mise en place des caissons montre que depuis le commencement de l'année 1903, époque à laquelle les affouillements peuvent être considérés comme devenus normaux, il a été coulé en moyenne deux caissons par mois.

Il convient de remarquer que la mise en place des caissons est arrêtée, abstraction faite du mauvais état de la mer, non seulement par la construction de l'enrochement de la base, mais aussi par les reprises à faire subir à la superstructure à la suite de tassements irréguliers qui s'opèrent parfois dans l'enrochement.

**Extensions du môle et de la rade. — Convention du 6 juillet 1905.** — Le programme qui définissait les bases du concours institué par le Gouvernement pour l'établissement du port de Zeebrugge, a été élaboré en 1891.

Or, à cette époque, le grand trafic transocéanique était desservi par des paquebots du type :

*Umbria*, de la ligne Cunard, construit en 1884;

*La Champagne*, de la Compagnie Générale Transatlantique, construit en 1889;

*La Sprée*, du Norddeutscher Lloyd, construit en 1890;

*Le Fürst-Bismark*, de la H. A. L., construit en 1891, ayant environ 150 mètres de long, 7<sup>m</sup>.50 de tirant d'eau et 7 à 8,000 tonnes de jauge brut.

En 1896, les plus grands paquebots en service étaient du type : *La Capania* (Cunard L.) ayant 182<sup>m</sup>.98 de longueur, 19<sup>m</sup>.89 de largeur, 7<sup>m</sup>.62 de tirant d'eau et 12,950 tonnes de jauge brut, et *La Lorraine* (C. G. T.), ayant 179 mètres de longueur, 17<sup>m</sup>.80 de largeur, 7<sup>m</sup>.78 de tirant d'eau et 11,869 tonnes de jauge brut.

Enfin, les colosses modernes qui assurent actuellement le trafic rapide vers l'Amérique, ont jusque 215 mètres de longueur, 25 mètres

de largeur, 10 à 11 mètres de tirant d'eau et 20,000 tonnes de jauge brut (1).

Des progrès tout aussi étonnants et rapides ont été accomplis dans la construction des cargo-boats.

La longueur des cargo a passé de 400 à 600 pieds et leur tonnage de 5,000 à 15,000 tonnes.

*L'Ivernia*, de la ligne Cunard, a comme dimensions principales : longueur 182<sup>m</sup>.88, largeur 19<sup>m</sup>.58, creux 12<sup>m</sup>.65, tonnage 13,900 tonnes.

Les nouveaux cargo américains du type *Minnesota* et *Dakota* ont 192<sup>m</sup>.15 de longueur, 22<sup>m</sup>.42 de largeur, 16 mètres de creux et 20,000 tonnes de jauge.

Et de nouveaux progrès sont à entrevoir.

Les derniers projets d'approfondissement du port de Southampton prévoient une profondeur d'eau de 55 pieds (10<sup>m</sup>.68), alors que primitivement, il avait été décidé de ne lui donner que 30 pieds (9<sup>m</sup>.15).

L'accès de New-York a été porté à plus de 10 mètres de fond.

Les mouillages de 8 mètres et de 9<sup>m</sup>.50 sur 375 mètres, arrêtés pour le quai d'accostage du port d'escale de Zeebrugge, ne sont ainsi plus en harmonie avec le tirant d'eau des grands steamers construits récemment ni avec ceux se trouvant sur chantier.

En vue de répondre à ces besoins nouveaux, tout en réservant l'avenir, la convention du 6 juillet 1905 prévoit l'adjonction d'un mur de quai supplémentaire descendu à 44<sup>m</sup>.50 sous basse mer de vive

(1) Caractéristiques des grands paquebots modernes.

Nom du navire.	Kaiser Wilhelm der Grosse.	Océanic.	Deutschland.	Kronprinz Wilhelm.	Kaiser Wilhelm II.	Celtic.	Cedric.
Armateurs . . .	N. L.	White Star.	H. A. L.	N. L.	N. L.	White Star.	White Star.
Année de la construction.	1898	1899	1900	1901	1902	1901	1902
Longueur . . .	197 <sup>m</sup> .82	214 <sup>m</sup> .72	208 <sup>m</sup> .62	202 <sup>m</sup> .22	215 <sup>m</sup> .48	213 <sup>m</sup> .50	213 <sup>m</sup> .50
Largeur . . .	20 <sup>m</sup> .13	20 <sup>m</sup> .84	20 <sup>m</sup> .44	20 <sup>m</sup> .13	21 <sup>m</sup> .96	22 <sup>m</sup> .88	22 <sup>m</sup> .88
Tirant d'eau. . .	8 <sup>m</sup> .54	9 <sup>m</sup> .91	8 <sup>m</sup> .85	8 <sup>m</sup> .85	8 <sup>m</sup> .85	11 <sup>m</sup> .17	»
Creux . . .	13 <sup>m</sup> .12	14 <sup>m</sup> .95	13 <sup>m</sup> .42	13 <sup>m</sup> .42	16 <sup>m</sup> .01	14 <sup>m</sup> .95	14 <sup>m</sup> .95
Tonnage brut . .	14,349 <sup>t</sup> .	17,274 <sup>t</sup> .	16,502 <sup>t</sup> .	15,000 <sup>t</sup> .	20,000 <sup>t</sup> .	20,880 <sup>t</sup> .	20,970 <sup>t</sup> .

eau, sur une longueur de 450 mètres, afin de permettre l'accostage de deux navires du type le plus moderne.

La jetée du môle est prolongée de 250 mètres; elle s'étend ainsi de 240 mètres au delà du quai, pour former brise-lame (voir. pl. XLIII).

Enfin, en vue de faciliter le virage autour du musoir du môle, des navires de très fortes dimensions, le tracé de la jetée est modifié de manière à déplacer son musoir de 160 mètres vers le large.

Le môle ménagera dans ces conditions une ouverture de 1,110 mètres entre la laisse des basses mers et le musoir; son développement total sera de 2,487 mètres et celui du mur de quai de 1,721 mètres.

L'exécution de ces travaux supplémentaires a été consentie à forfait

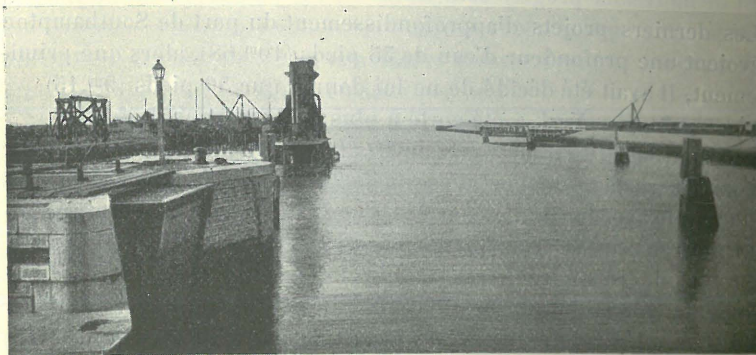


Fig. 3. — Chenal d'accès à l'écluse maritime et chambre de la porte-roulante.

par les constructeurs, MM. Coiseau et Cousin, moyennant la somme de fr. 9,709,117.50.

Le délai d'achèvement de l'ensemble de l'entreprise est reporté au 31 décembre 1905.

**Mise en place des caissons.** — La mise en place des caissons de jetée est une opération délicate qui demande à être conduite avec circonspection et sang froid; il faut saisir, en effet, le moment de l'étalement qui suit le flot et qui ne dure qu'une vingtaine de minutes, parfois moins, pour mener à bien l'opération.

Le caisson à poser quitte l'écluse maritime aux environs de la marée haute en raison de son fort tirant d'eau : 7<sup>m</sup>.00 à 8<sup>m</sup>.50.

Il est trainé par deux remorqueurs; un autre remorqueur attelé en queue sert de réserve; ce dernier a aussi pour mission de guider le bloc flottant au moment de la sortie du chenal, alors que le courant de flot le prend par le travers.

Le petit côté du caisson qui doit rejoindre le dernier bloc posé est en tête.

Arrivé à la jetée, le caisson est remis à l'Est du tronçon déjà construit, où il est soustrait au courant du flot.

On peut procéder ainsi commodément aux préparatifs de la mise en place.

A cet effet, le caisson est saisi par des amarres, frappées aux angles du petit côté de tête, qu'on enroule sur des treuils fixés sur la plateforme de la jetée; en même temps, deux amarres de remorque sont liées aux extrémités du flanc ouest et une autre à l'extrémité nord du flanc Est.

Lorsque le flot a suffisamment molli, le caisson est conduit à son emplacement à l'extrémité de la jetée; les deux remorqueurs attelés au flanc ouest le maintiennent en direction contre le flot, tandis que les treuils l'amènent progressivement en contact avec le dernier caisson posé.

Comme il peut arriver qu'un courant de jusant de fond se soit déjà établi au moment où le bloc coule bas, les déplacements sont limités du côté ouest par un guide-bloc, monolithe en béton de forme tronconique, d'un

pois de 55 tonnes, reposant sur le fond, ainsi que par une poutre traverse en saillie sur le petit côté du caisson et venant buter contre un massif en blocs de 55 tonnes assis à l'extrémité du caisson terminus.

Enfin, le troisième remorqueur surveille l'extrémité du flanc Est; il peut prêter assistance en cas de besoin.

On conçoit toute l'importance des précautions à prendre pour asseoir

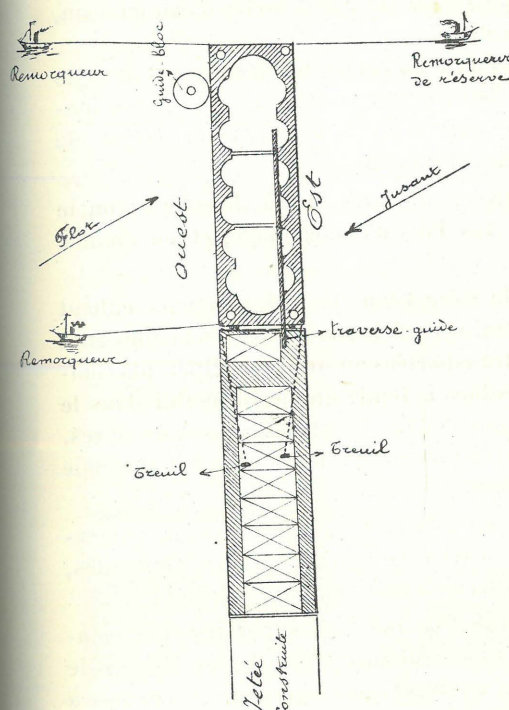


Fig. 4.

dans une position bien assignée des masses flottantes de plus de 1,500 tonnes, soumises à l'action des courants et de la houle.

Quand le caisson est maintenu ainsi bien en place, et que le courant de flot est sur le point de mourir, on opère le lestage en eau; on dégage à cet effet les trois orifices ménagés sous la flottaison dans l'une des parois.

Le bloc s'enfoncé jusqu'à affleurement du bord supérieur, ce qui ne demande qu'une dizaine de minutes, le caisson flottant n'émergeant que de 0<sup>m</sup>.75 au plus; à ce moment la mer envahit librement le creux du caisson par déversement, les remorques et les amarres sont larguées et le caisson, n'ayant plus sous lui que 1 mètre d'eau environ, coule à fond en quelques instants.

Le moment où la mer se précipite en cataractes écumantes dans le creux du bloc, le dérobant soudainement aux regards, est impressionnant; et c'est bien alors qu'apparaît toute la hardiesse du système de fondation conçu par MM. Coiseau et Cousin.

L'opération terminée, le caisson ne tarde pas à découvrir; on le dégage de ses ceintures et de ses bois d'étalement, et on entame aussitôt le bétonnage.

Le béton est amené sous la grue titan dans des bennes cubant 9 mètres, montées sur trucks trainés par locomotives; les bennes sont accrochées au treuil de volée, transportées au droit des différents compartiments d'un bloc et descendues à fond; un déclivé établi dans le système de suspension de la benne dégage les clapets; devenus libres, ceux-ci s'ouvrent au moment où la benne est relevée et le béton s'étale sur le fond du caisson, sans délavement.

La grue titan peut couler de 5 à 4 bennes à l'heure; comme le remplissage d'un caisson nécessite la mise en œuvre de 110 à 115 bennes, l'opération réclame un travail effectif d'une trentaine d'heures.

Le bétonnage terminé, la pose des blocs de superstructure commence; les blocs de 55 tonnes sont conduits, comme les bennes de béton, sous le titan et accrochés au treuil qui les amène et les dépose à l'emplacement voulu. Les joints sont bourrés de mortier de ciment.

Les blocs ont 5 mètres de longueur, 2 mètres de hauteur et 2<sup>m</sup>.50 de largeur; la superstructure comporte trois assises de 2 mètres, allant de la cote + 1.00 à la cote + 7.00; les blocs de la première et de la troisième assise sont posés en boutisses et ceux de la seconde assise en panneresses.

Dès que la superstructure est montée sur un caisson, on pose les voies avec traverses encastrées dans l'assise supérieure, et le titan

peut s'avancer d'une longueur de caisson, pour reprendre la même série d'opérations.

**Mur de quai.** — La pose des caissons d'infrastructure du mur de quai s'est poursuivie concurremment avec la construction de la jetée, sans toutefois dépasser celle-ci en avancement; elle reste ainsi constamment, sous la protection de la jetée, à l'abri de la houle et des courants, tout au moins dans une certaine mesure.

Il importe, en effet, que les caissons de quai soient parfaitement alignés, tandis que pour les caissons de jetée, cette condition n'est pas aussi absolue; on dispose pour ces derniers d'une marge de 1<sup>m</sup>.25 pour l'alignement de la superstructure sur le plan d'arasement des caissons, les blocs ayant 7<sup>m</sup>.50 de largeur et la superstructure 5<sup>m</sup>.00.

Grâce à l'abri de la jetée, la pose exacte des caissons de quai s'effectue aisément; la manœuvre de mise en place se rapproche de celle des caissons de jetée; toutefois ils ne sont pas coulés bas au moment de l'étalement. Les blocs sont maintenus en alignement pendant la marée descendante, et ils échouent naturellement à la marée basse; le lestage en eau s'opère à ce moment.

La bigue flottante procède ensuite successivement au bétonnage du

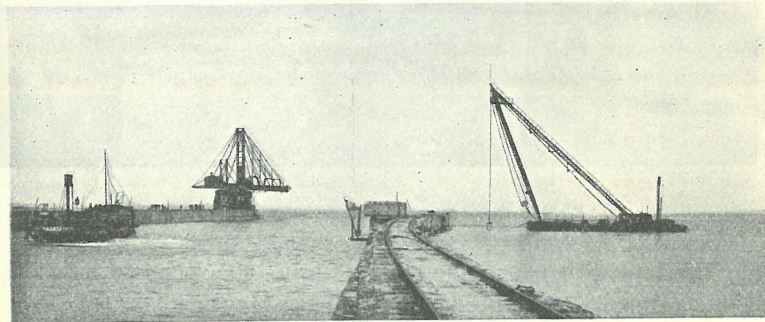


Fig. 5. — La jetée et le quai en construction.

caisson au moyen des mêmes bennes de 9 mètres cubes et à la pose des blocs de la superstructure.

Les bennes et les blocs sont amenés sur trucks par locomotives jusqu'au dernier caisson surmonté de ses blocs, où la bigue vient les prendre.

Au 1<sup>er</sup> août 1903, le quai avait un développement de 550 mètres.

Les 23 caissons constitutifs ont été mis en place aux dates suivantes :

Q <sub>1</sub> le 11 mars 1902.	Q <sub>15</sub> le 9 mars 1905.
Q <sub>2</sub> le 11 juin —	Q <sub>14</sub> le 13 — —
Q <sub>3</sub> le 18 — —	Q <sub>15</sub> le 1 <sup>er</sup> avril —
Q <sub>4</sub> le 24 — —	Q <sub>16</sub> le 28 — —
Q <sub>5</sub> le 24 juillet —	Q <sub>17</sub> le 30 — —
Q <sub>6</sub> le 6 août —	Q <sub>18</sub> le 15 mai —
Q <sub>7</sub> le 3 sept. —	Q <sub>19</sub> le 11 juin —
Q <sub>8</sub> le 20 octobre —	Q <sub>20</sub> le 18 — —
Q <sub>9</sub> le 30 — —	Q <sub>21</sub> le 27 — —
Q <sub>10</sub> le 16 janvier 1903.	Q <sub>22</sub> le 29 — —
Q <sub>11</sub> le 25 — —	Q <sub>23</sub> le 20 juillet —
Q <sub>12</sub> le 6 février —	

Il ressort de ce relevé que l'avancement moyen est également, comme pour la jetée, de deux caissons par mois.

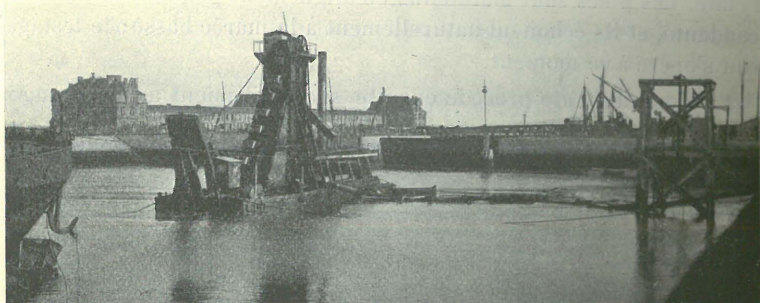


Fig. 6. — Chenal d'accès et tête aval de l'écluse maritime.

Le maximum correspond au mois de juin 1905, pendant lequel il a été mis en place 5 caissons de jetée et 4 caissons de quai.

**Rade et passe du Zand.** — Sur une largeur de 300 mètres, le long du quai du môle, la rade du port d'escale aura des profondeurs de 8 mètres, 9<sup>m</sup>.50 et 11<sup>m</sup>.50 sous marée basse, au droit des tronçons de mur fondés à ces cotes.

Ces fonds se raccordent au chenal d'accès de l'écluse maritime où règne une profondeur de 6 mètres sous le zéro.

Cette situation est réalisée en grande partie ; sur un cube prévu de 2,475,000 mètres, 2,000,000 de mètres ont déjà été extraits.

Ces profondeurs sont d'ailleurs nécessaires à l'exécution des travaux ; les caissons de quai calent, en effet, 8<sup>m</sup>.50 lorsqu'ils sont remorqués à leur emplacement, et il est intéressant de remarquer que, déjà dans l'état actuel des travaux, le chenal et la rade permettent la circulation de véritables navires ayant ce tirant d'eau effectif.

D'autre part, la convention additionnelle du 29 mars 1900 a décrété le creusement d'une passe de 8 mètres de profondeur sous marée basse, pour mettre la rade du port en communication avec la grande passe des Wielingen (pl. XLIII).

Actuellement la rade du port débouche dans la fosse de l'« Appelzak, » où existent des fonds de plus de 8 mètres. Cette fosse est séparée des Wielingen par le plateau du Zand, dont le point le plus sec sur l'axe de la passe projetée présente un mouillage de 5<sup>m</sup>.15 seulement.

Dans les Wielingen, l'on sonde au moins 9 mètres.

Le cube à extraire dans le « Zand », pour le creusement de la passe, a été fixé à 2 millions de mètres ; à la date du 1<sup>er</sup> août 1903, 520,000 mètres cubes avaient été dragués.

Les produits de tous ces dragages servent à effectuer des remblais à terre et au môle.

Les dragues marines porteuses refoulent leurs déblais dans des bassins de décantation établis *ad hoc* sur la rive ouest du chenal d'accès.

Après assèchement, les remblais sont repris par un excavateur, mis sur wagons et transportés à l'intérieur des terres pour former l'assiette de la gare maritime, des nouveaux boulevards décrétés, etc.

L'axe de la passe sera signalé aux navigateurs par deux feux de direction à établir à terre ; le feu inférieur sur le terre-plein de la digue de mer à Heyst, le feu supérieur à une distance de 500 mètres à l'arrière.

**Installations intérieures.** — Les installations intérieures sont en grande partie achevées ; tels : le chenal d'accès, l'écluse maritime, le port intérieur, le canal maritime, ainsi que les installations locales à Bruges, à l'exception des hangars et des pavages.

Le bassin des pêcheurs et le bassin de garage sanitaire sont en voie d'achèvement.

L'écluse maritime est en service depuis trois ans, tout au moins pour les besoins de l'entreprise : le 27 février 1900, deux chalands ont été amenés par mer au port de Zeebrugge et éclusés dans le sas de l'écluse ; c'est la première manœuvre de cet ouvrage d'art.

Depuis le mois d'octobre dernier, on écluse en outre régulièrement les steamers qui desservent un service d'importation de charbons

anglais destinés aux fours à coke construits sur la rive ouest du canal maritime par MM. Solvay et Cie pour la Société des Hauts-Fourneaux de la Moselle. Ces installations sont capables de produire 150,000 tonnes de coke par an.

En ce qui concerne le système des voies ferrées, on se rappellera

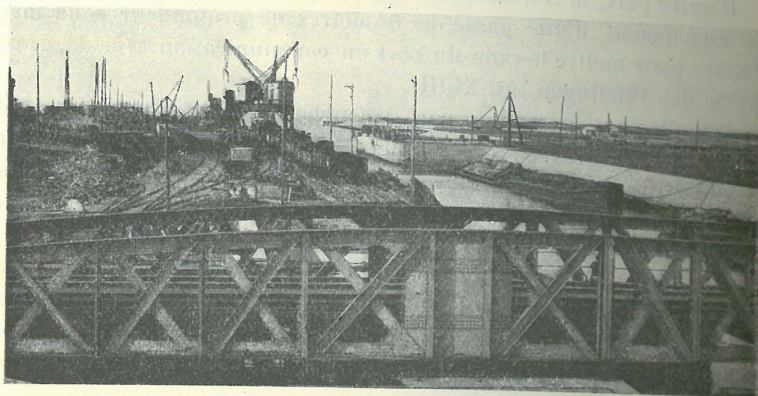


Fig. 7. — Pont tournant sur la tête amont de l'écluse maritime.

peut-être que, suivant les projets primitifs, les voies du môle étaient simplement raccordées à la ligne de Blankenberghe à Heyst, et que la gare maritime était projetée entre cette ligne et les dunes à l'ouest du môle.

Quant aux terrains réservés au commerce et aux extensions, ils étaient extrêmement réduits.

La convention additionnelle du 29 mars 1900 est venue modifier ces dispositions dans une large et heureuse mesure.

Cette convention décrète notamment :

1° L'établissement d'une ligne directe de Bruges à Heyst, par Zeebrugge, courant parallèlement au canal avec bifurcation vers le môle des escales.

Cette ligne comprend, outre les deux voies de trafic ordinaires, une voie spéciale destinée à permettre le raccordement, au réseau de l'État, des établissements industriels et commerciaux qui s'établiraient le long du canal maritime ou aux abords des ports de Bruges et de Zeebrugge.

La gare maritime, d'une superficie de 36 hectares, avec station pour voyageurs, est établie à l'ouest du port intérieur, parallèlement au canal maritime ;

2° L'expropriation de 170 hectares de terrains à l'Est et à l'ouest du

port intérieur, réservés à la gare maritime et aux extensions des installations intérieures ;

3° La suppression de la ligne ferrée actuelle entre Blankenberghe et Heyst, et son remplacement par un large boulevard avec chemin de fer vicinal à double voie et à traction électrique ;

4° Le détournement de la route de l'État de Lisseweghe à Heyst, du canal de Lisseweghe, du canal Isabelle et du contre-fossé d'assèchement.

D'autre part, la convention additionnelle du 6 juillet 1903, par une combinaison avec celle du 29 mars 1900, a pu stipuler le creusement d'une première darse dans les terre-pleins ouest du port intérieur, sans frais pour l'État.

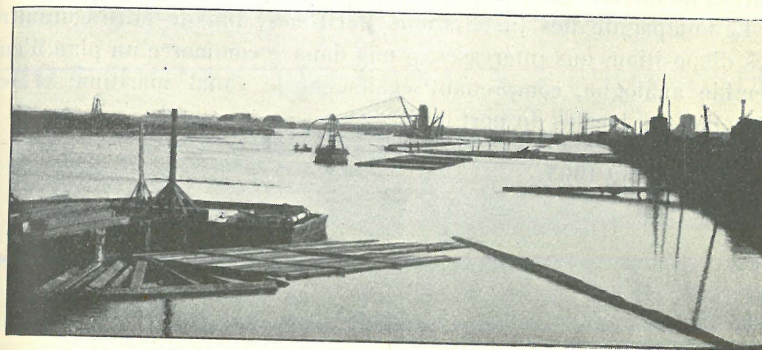


Fig. 8. — Le port intérieur et le canal vers Bruges.

Cette darse aura une longueur moyenne de 500 mètres et une largeur au plafond de 100 mètres.

Les surfaces d'eau et les longueurs d'accostage de l'arrière-port seront ainsi notablement augmentées.

Comme on le voit, la convention du 29 mars 1900 est extrêmement importante au point de vue des installations intérieures ; elle trace d'une manière définitive les voies ferrées, les grandes artères de communication et les cours d'eau ; elle délimite les emplacements réservés aux développements ultérieurs des installations maritimes ; enfin, elle permet de classer, dans une certaine mesure, les quartiers à affecter au commerce, à l'industrie, ainsi que ceux nécessaires au développement de l'agglomération à l'Est et à l'ouest du port.

La planche XLIII reproduit le groupement des divers projets de travaux qui ont été élaborés et approuvés, ensuite de cette convention, par les administrations des Ponts et Chaussées et des Chemins de fer.

Ils sont complétés, au point de vue de l'aménagement général de l'agglomération et de l'extension des installations maritimes, par les plans proposés par M. Nyssens-Hart, ingénieur en chef honoraire des Ponts et Chaussées, administrateur délégué de la Compagnie des Installations maritimes.

Plusieurs des dispositions arrêtées sont en voie d'exécution : tels sont le détournement des routes et des cours d'eau ; la construction des chaussées d'accès et les travaux de remblai de la gare maritime ; l'aménagement de la digue de mer à l'ouest du môle est également terminé sur 550 mètres de longueur ; plusieurs villas y sont déjà en construction.

Le plan permet de juger de l'ensemble de l'aménagement général du port et de la ville de Zeebrugge.

La Compagnie des Installations Maritimes, afin de faire connaître ces dispositions aux intéressés, a mis dans le commerce un plan d'ensemble analogue, comprenant également le canal maritime et les installations locales du port de Bruges.

Bruges, août 1905.

## NOTICE

SUR UN

# SYSTÈME DE REVÊTEMENT

EN DALLES A EMBOÎTEMENTS

POUR LA CONSOLIDATION DES TALUS

DES DIGUES DES CANAUX ET RIVIÈRES

ET DES DIGUES DE MER

PAR

**J. CONARD**

Ingénieur principal des Ponts et Chaussées.

PL. XLV.

D'après la communication faite par M. l'ingénieur Uttini, au VII<sup>e</sup> Congrès international de navigation tenu à Bruxelles en 1898, le manteau protecteur « système Villa » (1), pour la consolidation des talus soumis à l'action érosive des eaux courantes ou de marée, est formé de prismes rectangulaires en terre cuite ou ciment, assemblés à battée, perforés dans le sens de leur hauteur et traversés par des fils métalliques réunis en faisceaux à la partie supérieure du revêtement et ancrés dans le talus. Les carreaux sont superposés suivant la pente du talus et placés à plat à joints croisés de façon à présenter le dispositif d'un appareil de maçonnerie.

L'assemblage à battée et par fils métalliques des carreaux donne au revêtement une flexibilité lui permettant de suivre la forme des berges à défendre sous eau ou hors de l'eau.

(1) Voir *Annales des Travaux publics*, t., I, p. 71 ; t. IV, p. 299.