

tation et l'entretien si difficile d'une voie navigable nouvellement mise en eau, a bien voulu nous consacrer tout son temps, pendant notre séjour assez long en Westphalie, pour nous montrer une grande partie de cette œuvre, si imposante dans son ensemble et si intéressante dans ses détails.

Tous nos collègues de l'administration française et de l'administration allemande avec lesquels nous nous sommes mis en rapport ont droit, d'ailleurs, à une part égale de notre reconnaissance.

Bruxelles }
Mons } octobre 1901.

PORT DE ZEEBRUGGE.

LES FLOTTEURS D'ALLÈGEMENT

DES

CAISSONS D'INFRASTRUCTURE DU MÔLE

PAR

Ch. PIENS

Ingénieur principal des Ponts et Chaussées.

PL. XXXIV.

La jetée du môle du port de Zeebrugge se compose, comme nous l'avons exposé précédemment dans les *Annales* (1), de caissons de 25 mètres de longueur et de 7^m.50 de largeur; leur hauteur augmente selon la position plus ou moins avancée qu'ils occupent dans la mer et la profondeur de celle-ci; leur face supérieure dépasse uniformément de 1 mètre le niveau de basse mer de vive eau.

La hauteur des caissons est de 8 mètres à l'origine du môle et de 9^m.25 à son extrémité, y compris le couteau de base, qui a 0^m.50 de largeur.

Les caissons de 9 mètres, qui sont les plus nombreux, et auxquels correspond une hauteur de béton de 8^m.50, contiennent 36 tonnes d'armature métallique et environ 650 mètres cubes de béton-enveloppe.

A l'état de flottaison, ces caissons ont un tirant d'eau de 8 mètres à 8^m.40.

(1) Voir *Annales des Travaux publics*, t. V, p. 7, et t. VIII, p. 1155.

Une fois en place et bétonnés, ils réalisent des masses monolithes de 3,600 tonnes.

Les caissons de la jetée isolée qui forme brise-lame au delà de l'extrémité du terre-plein du môle, ont 25 mètres de longueur, 9 mètres de largeur, et 9^m.25 de hauteur totale dont 8^m.75 de hauteur de béton.

Leur armature métallique pèse 40 tonnes, leur béton-enveloppe cube 850 mètres, et leur tirant d'eau atteint 8^m.50.

Après bétonnage; ils constituent des masses monolithes de 4,500 tonnes.

Pour être amenés à leur emplacement en mer, les caissons flottants ont à franchir l'écluse maritime dont les seuils sont établis à 5^m.50 sous marée basse.

Comme la marée marne de 3^m.70 en moyenne en morte eau et de 4^m.60 en vive eau, l'écluse offre ainsi un mouillage de 9^m.20 à 10^m.10 à marée haute et permet généralement le passage des caissons à chaque marée.

Il n'en est pas de même des caissons d'infrastructure du quai du môle.

Cet ouvrage comprend trois catégories de blocs; ceux qui correspondent à un mouillage de 8 mètres au pied du mur, ont 9^m.50 de hauteur; ceux pour 9^m.50 de mouillage, ont 11 mètres de hauteur; et ceux pour un mouillage de 11^m.50, ont 12^m.80 de hauteur.

Les caissons de 9^m.50 de hauteur contiennent 37 tonnes d'armature métallique et 650 mètres cubes de béton-enveloppe; ceux de 11 mètres de hauteur contiennent 55 tonnes d'armature et 800 mètres cubes de béton; enfin, les caissons de 12^m.80 ont 31 mètres de longueur; ils contiennent 120 tonnes d'armature et 1,200 mètres cubes de béton-enveloppe.

Une fois bétonnés, ces derniers caissons réaliseront des masses monolithes de près de 4,000 mètres cubes pesant 9,000 tonnes.

Les caissons d'infrastructure du mur de quai ont, en général, un tirant d'eau trop fort pour pouvoir franchir l'écluse maritime et le chenal d'accès, sans mise en œuvre de moyens spéciaux, tout au moins en morte eau.

C'est ainsi que les caissons de 11 mètres, par exemple, ont une calaison normale de 9^m.60.

Les constructeurs MM. Coiseau et Cousin allègent, à cet effet, ces caissons au moyen de deux flotteurs métalliques qui encadrent les blocs de part et d'autre de leur long côté.

Les flotteurs ont 24 mètres de longueur hors membrures, 2^m.50 de largeur hors membrures et 3^m.75 de creux du fond au pont.

Ils sont divisés, dans leur longueur, en cinq compartiments, par quatre cloisons transversales étanches; les deux compartiments extrêmes sont des chambres à air, les trois autres des chambres à eau.

Ces derniers sont partagés par une cloison étanche, placée dans l'axe longitudinal, en six compartiments indépendants.

Le fond, les murailles de bordé et le pont sont étanches à l'air, en vue de l'emploi de l'air comprimé, pour chasser l'eau des chambres.

Une défense en bois est placée le long d'un des bordés; sous le fond, deux fausses quilles en bois protègent, en cas d'échouage, le fond et les clapets mentionnés ci-après.

Un lest en béton, placé seulement dans les chambres à eau, assure la stabilité du flotteur dans certaines limites.

Six clapets de fond, manœuvrés du pont et par deux à la fois, au moyen du même mécanisme à vis, permettent l'entrée ou la sortie de l'eau dans les chambres destinées à cet usage, ils font joint autoclave par une couronne de caoutchouc sur une colle-rette rivée au fond.

Pour l'admission de l'air comprimé, qui est employé à refouler l'eau par les clapets de fond, un coude en fonte rivé au pont, porte un raccord convenable pour être accouplé au tuyau de refoulement de la machine soufflante; le coude porte un robinet-vanne.

L'air comprimé, introduit dans l'une des chambres du milieu, passe dans les cinq autres par des trous de 25 millimètres, percés dans les cloisons, au-dessous de la cornière qui les borde sous le pont.

Chaque flotteur soulève le caisson par huit chaînes *calibrées* de 30 millimètres qui se terminent inférieurement par un crochet en fer ou en acier coulé, venant prendre appui sous le cou-teau du caisson, au droit d'un des goussets qui le relie au fond.

Ces chaînes traversent le flotteur, vers le milieu de sa largeur, dans des cheminées étanches, à section rectangulaire, inclinées de manière que les chaînes ne touchent pas leurs parois, quand elles portent la charge: car le flotteur, une fois en charge, vient s'appuyer contre le parement du caisson, qui présente un fruit de un dixième, et prend la même inclinaison.

Les chaînes prennent appui, au-dessus du pont, sur un plateau en fonte, par l'intermédiaire d'une pièce en acier coulé en forme de fourche, profilé transversalement à la forme d'un maillon posé normalement à la fourche.

La longueur de chaque chaîne de suspension est réglée par le même nombre de maillons. Toutefois, pour parer dans une certaine mesure aux diverses causes d'irrégularité dans la longueur des chaînes, qui feraient répartir inégalement la charge, la fourche d'appui est portée, sur le plateau fixé au pont, par un remplissage en bois tendre, qui pourra subir un écrasement partiel.

Le pont porte, au point de vue de la manœuvre, une bitte d'amarrage à chaque extrémité, huit taquets sur le bord d'accostage au caisson, et huit oreilles pour assurer éventuellement le relèvement en cas d'accident.

Un garde-corps placé dans l'axe consiste en une filière en câble d'acier portée sur des chandeliers en fer. Enfin huit trous d'homme à fermeture étanche donnent accès aux chambres.

Manœuvre de mise en place des crochets. — Les crochets sont placés sous le couteau du caisson de la manière suivante : chacun d'eux porte, dans un renflement à son extrémité, un canal fileté sur une portion de sa longueur, pour l'accoupler avec un tube en fer destiné à l'injection d'eau ; il est soutenu par une chaînette manœuvrée du haut du caisson. Quand on a, sur le pont du flotteur, fait la jonction du tube avec le crochet, on marque un repère sur le haut du tube, pour reconnaître son orientation, une fois descendu. On laisse alors descendre le crochet le long de la muraille du caisson, et quand il arrive à rencontrer le sol, une injection d'eau par le tube désagrège le terrain et permet de faire pénétrer le crochet sous le couteau. Ce résultat obtenu, on soutient le crochet dans cette position en amarrant la chaînette au haut du caisson.

Pendant ce travail, le flotteur est maintenu à une distance convenable pour permettre une manœuvre facile du tube.

Les crochets sont également placés, parfois sous le couteau, au moyen de plongeurs.

Dans les deux cas, les crochets sont solidement assujettis dans leur position au caisson même, pendant toute la durée d'allègement du caisson, pour parer à toute éventualité d'un mouvement anormal du flotteur qui pourrait donner du mou dans les chaînes de suspension.

Le quantum d'immersion des flotteurs est réglé, et par suite l'effort de soulèvement, de telle sorte que la tension totale soit de 148 tonnes faisant 9^l.25 par chaîne.

L'allègement ainsi obtenu est de 0^m.90 pour les caissons de 9^m.50 de hauteur (mur fondé à — 8 mètres); de 0^m.80 pour les caissons de 11 mètres de hauteur (mur fondé à — 9^m.50) et de 0^m.45 pour les caissons de 12^m.80 de hauteur (mur fondé à — 11^m.50).

Ensemble de la manœuvre. — La manœuvre d'allègement se fait de la manière suivante :

Les deux flotteurs étant amenés de part et d'autre du caisson, leur milieu très exactement en face du milieu de celui-ci, sont coulés en laissant entrer l'eau dans les chambres à clapets. On peut laisser les clapets ouverts, sans danger de voir les flotteurs couler à fond, à raison des chambres à air extrêmes.

Les crochets sont placés sous le couteau comme il est dit ci-dessus, et avec toute l'exactitude possible, au droit des goussets de renfort du couteau entre fermettes.

Les fourches sont passées sous l'extrémité libre des chaînes de suspension, de manière que chaque chaîne comporte le même nombre de maillons, réglé d'après le relèvement à obtenir.

Ceci fait, on chasse l'eau des chambres avec l'air comprimé, dans les deux flotteurs à la fois, en veillant à ce qu'ils se vident tous deux de la même quantité dans le même temps, pour que le soulèvement se produise avec le même effort sous les couteaux des deux faces du caisson. Pour réaliser cette condition, il est nécessaire que la conduite d'amenée de l'air comprimé se bifurque en deux branches d'égale longueur, vers chaque flotteur.

En même temps, les flotteurs sont ramenés en contact avec les murailles du caisson au moyen de deux palans passés transversalement au-dessus du caisson, que l'on tend constamment pendant la durée du relèvement, et que l'on maintient après l'opération. Les deux flotteurs sont encore assujettis à leurs extrémités par des câbles avec tendeurs qui contournent les petits côtés du caisson.

Il est essentiel, en effet, que les deux flotteurs et le caisson constituent un tout parfaitement solidaire pour résister aux ondulations de la houle une fois en mer.

Quand les flotteurs sont entièrement vides, on ferme les cla-

pets des chambres à eau, ainsi que les robinets-vannes de la conduite à air comprimé. Le caisson est alors prêt à partir.

Après sa sortie du chenal, il reste, pour faire abandonner le caisson par ses flotteurs, à exécuter l'opération inverse.

La rentrée de l'eau est assurée d'une manière régulière en laissant échapper progressivement, par la manœuvre des robinets-vannes, l'air qui a été maintenu comprimé dans les chambres *ad hoc*.

Les crochets, devenus libres, sont relevés sur le pont des flotteurs, pour faire rentrer ceux-ci dans l'écluse,

Le caisson qui a été abandonné dans des fonds suffisants est finalement remorqué à son emplacement.

Les flotteurs ont complètement répondu au but visé par les constructeurs MM. Coiseau et Cousin; la mise en place des caissons de quai s'effectue d'ailleurs ainsi couramment depuis un an, dans les meilleures conditions.

Bruges, mars 1904.

CHRONIQUE

ALLEMAGNE.

Les nouveaux ponts de Munich. — La grande crue de l'Isar, en 1900, ayant causé dans la traverse de Munich des dégâts considérables, cette ville se trouva dans la nécessité d'entreprendre un grand travail de régularisation de la rivière combiné avec la reconstruction de cinq ponts.

La maison Sager et Wörner dressa les plans des travaux et en assumait l'exécution.

Les ponts compris dans cette entreprise ont été construits en maçonnerie d'après le type moderne allemand des voûtes à trois articulations (1). Parmi ces voûtes, les unes ont été exécutées en béton avec revêtements en pierre de taille; tandis que les autres ont été construites entièrement en pierre de taille calcaire. Le premier système a été appliqué, lorsque le surbaissement était supérieur ou égal à 1/10; le second système, lorsqu'il lui était inférieur. La raison d'être de ce classement résidait dans la différence des taux de pression limites adoptés qui étaient respectivement de 35 et de 50 kilogrammes par centimètre carré pour le béton et la pierre de taille. Les calculs étaient faits en vue d'une surcharge de 500 kilogrammes par mètre carré.

L'un des ouvrages construits d'après ce programme, le pont dit *Corneliusbrücke*, a acquis une fâcheuse célébrité par un accident survenu au cours de l'exécution.

Ce pont se compose de deux parties qui réunissent les deux rives de l'Isar avec une île. L'une de ces parties est formée d'une voûte en pierres de 44 mètres d'ouverture surbaissée à 1/12. L'autre partie se compose de deux voûtes en béton de 38^m.50 d'ouverture chacune surbaissées à 1/10 et séparées par une pile de 4 mètres d'épaisseur. La

(1) *Voy.* t. I, pp. 416, 696 et 1034; t. III, pp. 796 et 905; t. IV, pp. 430, 455, 516, 869 et 1099; t. V, pp. 299 et 670; t. VI, pp. 881 et 907; t. VII, p. 50; t. VIII, pp. 377, 850 et 1025; t. IX, pp. 448 et 437.