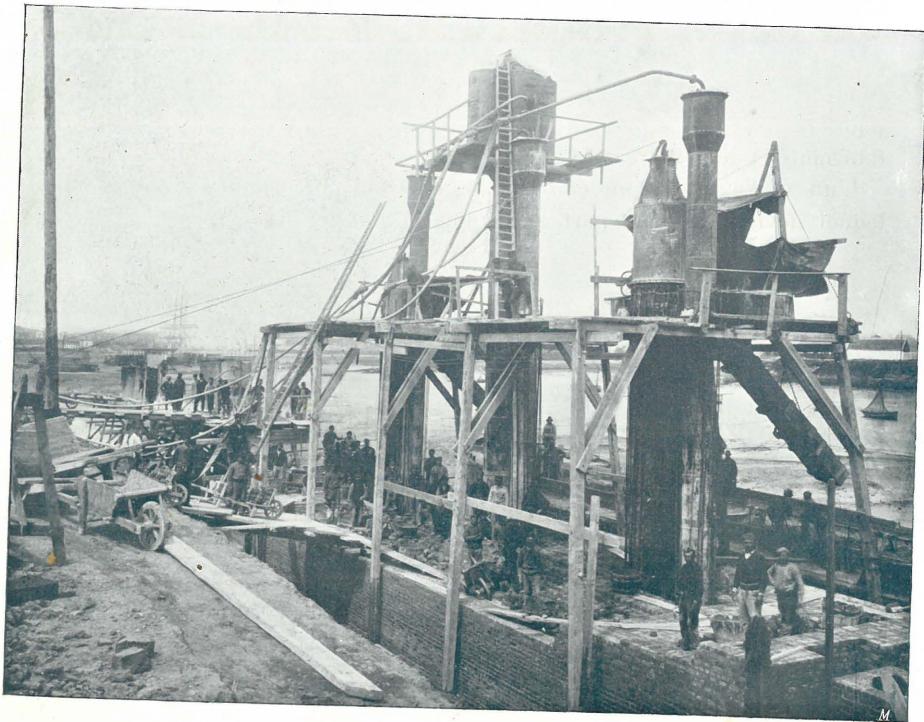


PORT D'OSTENDE — VUE GÉNÉRALE DES CAISSONS.



LES TRAVAUX A L'AIR COMPRIMÉ AU PORT D'OSTENDE

NOTE

DE

M. A. CADOLA

Conducteur des ponts et chaussées.

Pl. LXIV - LXV.

Généralités. — D'importants travaux maritimes sont, en ce moment, en voie d'exécution au port d'Ostende.

Ils ont été adjugés à MM. les entrepreneurs Coppieters, Cox, Baar, Watrin, J. et P. Carsoel, pour la somme de 14,850,000 francs.

Parmi les nombreux ouvrages d'art à construire, il en est qui sont fondés à l'air comprimé, savoir : le mur de quai en eau profonde et le pont à double voie pour route et chemin de fer, comprenant une partie tournante et deux travées fixes.

L'un et l'autre seront établis dans l'arrière-port actuel d'Ostende, lequel deviendra avant-port après l'exécution des travaux projetés.

Description du mur de quai. — Pour le moment, on ne s'occupe que de la construction du mur de quai qui aura une longueur de 801 mètres et un mouillage de 8 mètres sous le niveau moyen des basses mers de vive eau ordinaire.

Il sera établi sur la rive gauche de l'arrière-port et sera tracé suivant deux courbes concaves respectivement de 5600 mètres et 650 mètres de rayon, convenablement raccordées.

Avant d'aborder l'exposé des moyens d'exécution de cet ouvrage, disons que le dessous de la fondation doit se trouver généralement à la cote — 10^m.50 sous le repère (1), que cette fondation, épaisse de 2^m.50

(1) Le repère est le niveau moyen des marées basses de syzygie.

et large de 8^m.50, est en béton composé de trois parties de briquillons, de trois parties de gravier du Rhin et de quatre parties de mortier hydraulique ordinaire ou de trass-bâtard.

Le mur est construit en maçonnerie de briques de la localité dites « heelbak » au mortier de trass-bâtard, avec parement, au-dessus de la cote — 0^m.90, en moellons bouchardés de pierre de la Meuse. La tablette de couronnement est en pierre de taille de la qualité dite « petit granit ».

Le coupe en travers (planche LXIV, fig. 1) donne une idée exacte du mur en question.

L'élévation du mur commence à la cote (— 8 m.) et s'arrête à la cote (+ 6^m.80). Elle mesure donc 14^m.80 de hauteur.

Le parement présente un fruit de 1/20 sur 8^m.80, à partir de la tablette, de 1/10 sur 3^m.85, puis de 1/4 sur 2^m.15. Le fruit total du mur est donc de 1^m.3625.

L'épaisseur à la base, en arrière de la verticale passant par l'arête de la tablette, est de 5^m.60. L'épaisseur totale au pied du mur est donc de 5^m.60 + 1^m.3625 = 6^m.9625, celle au sommet est de 3^m.40.

La face du mur vers les terres est verticale et présente au-dessus du zéro deux gradins, de 1^m.40 de largeur chacun.

Nous ajouterons que, pour prévenir les dangers à résulter des affouillements qui pourraient se produire au pied du mur de quai, sous l'action du courant sortant de l'écluse de chasse à construire sur la rive droite du nouvel avant-port, on établira les fondations à 11^m.50, sous le repère, soit à 1 mètre en contrebas de la cote prévue, sur un développement de 300 mètres, pris au droit et à l'aval du débouché de l'écluse en question.

Dans le même but, des plates-formes en fascinage seront coulées au pied du mur.

Outillage du mur. — Le mur de quai sera garni de 53 montants d'accostage en pitchpine, de 0^m.35 × 0^m.35 d'équarrissage, fixés au mur en trois points de leur longueur par des ferrures comprenant chacune deux brides, une clé d'ancrage et un boulon.

Des bornes d'amarrage en fonte, au nombre de 52, seront solidement assujetties dans la maçonnerie du mur au moyen de ferrures.

Des organeaux, au nombre de 159, présentant un creux de 0^m.50, placés à des niveaux différents, permettront aux navires de s'amarrer avec sécurité quel que soit l'état de la marée.

17 échelles en fer fixées au parement du mur serviront à l'usage des marins et à porter secours en cas d'accident.

Une galerie, de 1^m.80 de hauteur sous clé et de 0^m.80 de largeur, ménagée dans l'épaisseur du mur, servira à l'établissement de canalisations d'eau et de gaz, de câbles électriques, etc., etc.

Elle sera accessible par 10 cheminées, munies chacune d'une échelle en fer et surmontées d'un châssis avec couvercle en fonte présentant une ouverture libre de 0^m.80.

Description d'un caisson. — Le mur est construit par tronçons à l'aide de caissons en tôle de 25 mètres de longueur, 8^m.50 de largeur et 2^m.50 de hauteur.

Le plafond des caissons est formé de tôles, de 40 millimètres d'épaisseur, et de poutres longitudinales et transversales, de 0^m.59 de hauteur.

L'écartement des poutres longitudinales est de 1^m.416; les poutres transversales sont généralement espacées de 1^m.250, excepté au passage des cheminées.

La chambre de travail, de 1^m 90 de hauteur, est consolidée sur son pourtour à l'aide de consoles placées au droit des poutres du plafond et réunies à celui-ci et aux parois de la chambre par des cornières.

Ces consoles sont rendues solidaires entre elles, vers le milieu de leur hauteur, également par des cornières régnant sur tout le développement de la chambre.

Le couteau est constitué par la paroi de 6 millimètres d'épaisseur de la chambre de travail renforcée d'une tôle de 40 millimètres et d'une cornière de même épaisseur.

Le plafond du caisson est surmonté de six cheminées :

L'une, au centre, de 1 mètre de diamètre, munie d'une échelle, est réservée exclusivement au personnel;

Deux autres de 1^m.20 de diamètre, avec guides pour les bennes, servent à la remonte des déblais;

Trois autres, de 0^m.58 de diamètre, sont utilisées pour le bétonnage de la chambre de travail.

Trois tubulures, de 0^m.40 de diamètre chacune, ménagées également dans le plafond, permettent l'installation de la tuyauterie des éjecteurs. La planche LXIV (fig. 4, 5 et 6) donne, au surplus, tous les détails désirables.

Mode de construction du mur. — Les divers caissons, de 25 mètres de longueur chacun, sont échoués les uns à la suite des autres dans le sens de la longueur du mur, en laissant entre eux un espace de 0^m.40, afin de disposer d'un certain jeu pendant le fonçage et d'éviter qu'un caisson ne vienne reposer sur son voisin, planche LXIV (fig. 2 et 3).

Le bétonnage des joints ne commencera qu'au-dessus de la fondation. Pour pouvoir l'exécuter dans des conditions pratiques, on établit la maçonnerie de briques du mur en élévation de 0^m.50 en retraite sur la paroi du caisson, de sorte que le vide laissé entre deux tronçons consécutifs de maçonnerie, au-dessus de la fondation, est égal à $2 \times 0^m.50$ pour les retraites + 0^m.40 entre les parois des chambres de travail, soit 1^m.40. Cet espace permet l'enlèvement des déblais et la mise en œuvre du béton à l'aide de bennes.

Afin de bien souder les tronçons entre eux par le joint en béton, on ménage dans la maçonnerie d'élévation, entre la face supérieure de la fondation et la cote (— 0^m.90), des redans de 0^m.40 de profondeur sur 1^m.205 de largeur.

A ce niveau, les joints seront surmontés d'une voussette en maçonnerie, au-dessus de laquelle le mur sera établi sans solution de continuité, à la faveur des marées basses.

Jusqu'à présent, aucun joint n'a été exécuté. Nous nous abstenons donc de donner une relation détaillée de cette intéressante partie des travaux.

Disons toutefois que, dans l'enceinte formée d'une part, par les faces latérales des tronçons de mur, d'autre part, par des panneaux en bois ou en tôle glissés à l'avant et à l'arrière du joint, on compte, à marée basse, aspirer, à l'aide d'une pompe centrifuge, les terres préalablement délayées à la lance.

Après l'extraction complète des déblais jusqu'au-dessus de la fondation, on descendra le béton de remplissage, au moyen de trémies manœuvrées par un treuil.

Chantier de montage des caissons. — Nous l'avons dit plus haut, le mur de quai se construit sur la rive gauche du nouvel avant-port d'Ostende. Sur la rive opposée, on a établi le chantier de montage des caissons.

Ce chantier comprend deux plates-formes étagées reliées au chenal par un plan incliné de 66 mètres de longueur, présentant une pente de 6/100 sur 24^m.50 et 10/100 sur le restant de la longueur.

Ce plan incliné comprend deux voies ferrées 3 mètres de largeur chacune, écartées de 15 mètres d'axe en axe et supportées par une charpente formée de pieux étré sillonnés et réunis par des chapeaux et des longrines. Sur ces dernières sont fixés les rails des voies. La planche LXV (fig. 1, 2, 3 et 4) donne les indications relatives à cette installation.

La plate-forme inférieure est établie à la cote (+ 5^m.50).

Le pied du plan incliné se trouve à quelques centimètres au-dessus du niveau des marées basses ordinaires. Toutes les pièces constitutives des caissons, telles que : consoles, poutres, tôles des parois et des plafonds, couvre-joints, amorces des cheminées, etc., etc. sont préparées à l'usine de la « Société anonyme de construction et des ateliers de Willebroeck » et sont assemblées et rivées sur les plates-formes dont nous venons de parler.

De la sorte, les caissons sont directement montés sur deux trucs, voir planche LXV (fig. 5, 6 et 7), manœuvrant simultanément sur les deux voies du plan incliné.

Précautions à prendre. — Afin de bien assurer l'étanchéité du caisson, on introduit, entre les joints des tôles formant les parois et le plafond, des lames de papier fort bituminé ou des bandes de toile épaisse goudronnée; les joints et les têtes des rivets sont ensuite matés.

Après l'achèvement du montage du caisson et avant de le lancer, on soumet celui-ci à l'épreuve de l'étanchéité, en laissant séjourner sur son plafond une couche d'eau de quelques centimètres d'épaisseur. Aux endroits où l'eau suinte on remate attentivement.

Lancement du caisson. — Préalablement au lancement, on boulonne des plaques de tôle sur les amorces des cheminées ménagées dans le plafond, en interposant un collier en caoutchouc destiné à rendre le joint complètement hermétique.

Ainsi préparé, à la faveur d'une marée haute de vive eau, on laisse le caisson descendre sur le plan incliné.

La marche des trucs est réglée par deux treuils solidement fixés à la rive.

Le caisson flotte sous une certaine hauteur d'immersion, grâce à la couche d'air emprisonnée dans la chambre de travail. Il est alors amené à pied d'œuvre aussi facilement qu'une embarcation quelconque. Une fois en place, il est retenu à l'aide d'amarres contre les pieux battus préalablement et qui fixent l'alignement qu'il doit occuper; à marée basse, il s'échoue dans une fouille préparée d'avance et établie à 1 mètre au-dessus du zéro d'Ostende.

Fonçage du caisson et élévation du mur. — Après avoir déboulonné les plaques qui fermaient les amorces des cheminées, on entame le bétonnage des casiers formés par le poutrage surmontant le plafond.

On monte ensuite, sur le caisson qui reste échoué, les cheminées et

accessoires habituels dont nous ne parlerons pas, ces organes étant suffisamment connus des techniciens.

On introduit l'air comprimé dans le caisson, les ouvriers descendent dans la chambre de travail, puis procèdent d'une manière permanente et continue, aux déblais par bennes ou par éjecteurs suivant la nature des terrains traversés.

Pendant ce temps, et en profitant des marées basses, les maçons construisent le mur au-dessus du plafond, à l'air libre et sans le secours de batardeau. Aux marées hautes, la maçonnerie est noyée et le maçon doit interrompre son travail.

La méthode suivie, si elle présente cette sujétion sans gravité, est, par contre, à la fois économique et recommandable. Économique, parce qu'elle ne nécessite pas l'emploi de batardeau; recommandable, parce que la maçonnerie s'exécute à l'air libre, sans entrave d'aucune sorte, et partant, dans les meilleures conditions possibles.

Cette méthode permet, en outre, d'exercer une surveillance facile des travaux et ne crée aux maçons aucune difficulté.

La maçonnerie se poursuit ainsi sur 7^m.10 de hauteur; à ce niveau, qui correspond après fonçage à la cote (— 0^m.90), les divers tronçons du mur seront, comme je l'ai dit plus haut, réunis par des joints bétonnés, surmontés de voussettes. Puis, la maçonnerie sera reprise et poursuivie régulièrement sur la hauteur comprise entre la cote susdite et celle de + 6^m.80 qui correspond au niveau de la tablette.

Deux brigades d'ouvriers fonceurs de dix-huit hommes chacune et commandées par un chef et deux caporaux (un par brigade) procèdent aux déblais dans la chambre de travail. Chacune d'elles travaille ainsi, par jour, pendant deux périodes interrompues de six heures chacune.

Les couches de terrains rencontrées sont généralement vaseuses, chargées de coquillages et de détritrus divers, à la partie supérieure; puis, successivement, argileuses légèrement sablonneuses, tourbeuses, argileuses, sablonneuses argileuses, puis, finalement, sablonneuses.

Les déblais, entre les cotes + 1 mètre et — 4^m.50 en moyenne, se font par bennes et doivent être remontés par les deux cheminées *ad hoc*.

Entre les cotes (— 4^m.50) et (— 10^m.50), les déblais se poursuivent à l'aide de trois éjecteurs.

À cette dernière cote, laquelle correspond à la face inférieure de la fondation, le terrain est généralement de très bonne qualité. Il est formé de sable mélangé d'un peu d'argile et parfois de sable quasi pur; mais à 1 mètre plus bas, on rencontre l'argile.

Dans les conditions énumérées ci-dessus, la durée du fonçage d'un

caisson est en moyenne de 21 jours, y compris le bétonnage de la chambre de travail.

La descente moyenne journalière est de 0^m.58.

Cette durée pourrait être réduite, si on ne rencontrait dans les fouilles d'anciens pieux difficiles à récupérer, des plateformes en fascines, des moëllons, etc., etc.

L'un des caissons, arrivé à la cote — 5 mètres, s'est même trouvé absolument à cheval sur une ancienne embarcation, laquelle a dû être démolie et sciée en menus morceaux pour être remontée par les cheminées.

La quille de ce bateau complètement en chêne ne mesurait pas moins de 0^m.35 × 0^m.35 d'équarrissage.

Cette embarcation de 8 mètres de largeur, devait avoir 45 à 50 mètres de longueur. Toutes les parties étaient réunies entre elles par des chevilles en bois; aucune ferrure n'a été rencontrée.

Bétonnage. — Le bétonnage de la chambre de travail dure généralement 60 heures; il comporte un cube de

$$25 \text{ mètres} \times 8^{\text{m}}.50 \times 4^{\text{m}}.90 = 405^{\text{m}^3}.75.$$

Le mélange se fait à l'air libre et est introduit dans le caisson par trois cheminées spéciales.

Ce béton peut être assez mouillé, car il sèche fortement dès qu'il est en contact avec l'air comprimé. S'il est trop sec, il obstrue les bétonnières, ce qui occasionne des difficultés et des pertes de temps.

Production de l'air comprimé. — Une chaudière marine de 50 mètres carrés de surface de chauffe, construite par la maison Smulders, de Liège, fournit la vapeur nécessaire à deux compresseurs horizontaux à action directe, construits par Weize et Monski. Le diamètre du cylindre à vapeur de ces compresseurs mesure 300 millimètres.

Le diamètre du cylindre à air est également de 300 millimètres.

La course du piston est de 400 millimètres.

Le nombre de coups de piston par minute est de 100.

Le tuyau d'aspiration mesure 90 millimètres de diamètre; le tuyau de refoulement a 75 millimètres de diamètre. Cet appareil est capable de fournir 300^m d'air par minute.

Une locomobile à vapeur actionne un troisième compresseur à courroie.

Une chaudière horizontale, constamment sous pression, constitue une réserve en cas de nécessité.

Ainsi montée, la station fournit l'air comprimé nécessaire au fonçage simultané de deux caissons.

Alimentation des éjecteurs. — La chaudière marine fournit en même temps la vapeur à trois pompes à action directe du constructeur Tangye, système Cameron, lesquelles aspirent l'eau dans l'arrière-port et la refoulent dans les caissons où elle dessert les éjecteurs.

Les diverses parties de ces pompes mesurent :

Cylindre à vapeur	203	millimètres de diamètre.
— à eau.	152	— —
Course du piston	364	— =

Le débit par heure et par pompe est égal à 7,200 gallons soit 52^{m5}.400.

Les tuyaux d'aspiration et de refoulement de l'eau mesurent chacun 102 millimètres de diamètre.

Le diamètre du tube d'amenée de la vapeur est de 40 millimètres ; celui du tube de décharge de 44 millimètre.

Éclairage. — L'éclairage à l'intérieur de la chambre de travail est assuré par 16 lampes à incandescence de 12 bougies chacune.

Au-dessus et aux abords du caisson, la lumière est fournie par des lampes à arc.

Renseignements divers. — Dix caissons sont actuellement foncés, aucun accident sérieux n'est à signaler jusqu'à présent, à part quelques coups de pression sans gravité, dus généralement à l'imprudence des ouvriers eux-mêmes.

Au début du fonçage des caissons, presque tous les ouvriers souffrent d'ophtalmie attribuée aux dégagements des matières putrides, mollusques, coquillages, insectes, etc., en suspension dans la première couche vaseuse à traverser.

La présence de fascinages en décomposition et de tourbe dans les terres à déblayer, n'est sans doute pas étrangère non plus à cet état de choses.

Mais, cette affection n'a qu'un caractère bénin ; elle disparaît complètement après un traitement de deux à trois jours.

Les règlements sanitaires pour les travaux dans l'air comprimé (1) élaborés par les docteurs Richard Heller, Wilhelm Mager, Hermann

(1) V. *Annales*, tome II, p. 743.

v. Schrötter de la clinique médicale du professeur v. Schrötter, de Vienne, fournissent des indications précieuses qu'il est bon d'observer.

Nous avons constaté personnellement le danger qui peut résulter d'un éclusage trop rapide dans le sas à personnel.

Toutefois, les durées fixées pour cette opération par les règlements rappelés plus haut paraissent un peu exagérées et, avec l'habitude, peuvent être réduites progressivement.

Ostende, mai 1899.