

347635
15



SOCIÉTÉ BELGE DES INGÉNIEURS ET DES INDUSTRIELS

Les Travaux d'extension du Port d'Anvers

PAR

L. BONNET

Ingénieur en Chef, Directeur des Ponts et Chaussées

Extrait du Bulletin de la Société. — Tome IV. — N° 3. — 1923.

Imp. G. ROTHY
22, rue de la Concorde
BRUXELLES

1924

SOCIÉTÉ BELGE DES INGÉNIEURS ET DES INDUSTRIELS

(Association sans but lucratif)

La Société a été fondée le 8 juillet 1885

SIÈGE SOCIAL :

« Hôtel Ravenstein », 3, Rue Ravenstein

BRUXELLES

Téléphone : Brux. 222.47

Extrait des *Indications générales concernant la Publication du Bulletin :*

« Les Auteurs conservent l'entière responsabilité des théories et des opinions qu'ils émettent dans les documents publiés sous leur signature.

» La Société décline toute responsabilité relativement aux questions d'antériorité, de propriété ou d'originalité; à ces divers points de vue la responsabilité des Auteurs reste également entière.

« La reproduction des documents publiés au *Bulletin* est subordonnée à une autorisation du Comité des Publications, qui en fixera les conditions.

« Les tirés à part des études parues dans le *Bulletin* ne peuvent être mis en vente qu'après accord avec le Comité des Publications. »

Blasque



SOCIÉTÉ BELGE DES INGÉNIEURS ET DES INDUSTRIELS

Les Travaux d'extension du Port d'Anvers

PAR

L. BONNET

Ingénieur en Chef, Directeur des Ponts et Chaussées

Extrait du Bulletin de la Société. — Tome IV. — N° 3. — 1923.

Waterbouwkundig Laboratorium
Borgerhout

BIBLIOTHEEK

Imp. G. BOTHY
22, rue de la Concorde
BRUXELLES

1924

Les Travaux d'extension du Port d'Anvers

PAR

L. BONNET

Ingénieur en Chef, Directeur des Ponts et Chaussées.

Conférence du 21 mars 1923 (texte résumé)

Après une courte entrée en matière, M. Bonnet décrit sommairement les installations maritimes du port d'Anvers, telles qu'elles existent actuellement. Celles-ci comprennent un groupe de quatre bassins uniquement affecté à la navigation intérieure qui sont bordés de 2.600 m. c. de postes d'accostage et un groupe de 15 bassins, à la disposition de la navigation maritime, présentant une surface totale d'environ 145 Ha. et offrant une longueur de murs de quai de 19 km.

Les bassins sont en communication avec l'Escaut par quatre écluses : une dessert les bassins de la navigation intérieure, les trois autres sont en communication avec les bassins maritimes. Le long de l'Escaut, il existe 5.500 m. de murs de quai à marée ayant environ 8 m. de profondeur d'eau à marée basse.

Malgré l'existence d'installations aussi vastes, il était clairement démontré, dès 1907, qu'il fallait créer, à bref délai, de nouvelles extensions, si l'on voulait conserver au port d'Anvers le rang qu'il occupe sur la liste des grands ports mondiaux. Le Gouvernement belge ne faillit pas à son devoir : il nomma une commission qui reçut pour mission d'élaborer un programme d'agrandissement du port d'Anvers et d'élucider la question tant controversée de la « Grande Coupure ». Cette commission ter-

mina ses travaux vers la fin de 1911. Elle conclut au rejet de la « Grande Coupure » et à un projet d'amélioration de l'Escaut suivant un tracé sinusoïdal. Elle préconisa, en outre, la construction d'un bassin-canal partant de la darse n° 3 et aboutissant à l'Escaut dans le coude du Kruisschans par une grande écluse maritime de 270 m. de long, 35 m. de large et 10 m. de profondeur d'eau sur le seuil à marée basse. Elle indiqua une série de darses à greffer sur ce bassin-canal au fur et à mesure des besoins. Enfin elle fixa l'emplacement pour de nouveaux murs de quai qui pourraient avoir 13 à 15 m. de profondeur d'eau à marée basse.

L'exécution de ces travaux d'extension du port exige le déplacement des différents cours d'eau qui se déversent dans l'Escaut entre le coude d'Austruweel et le coude du Kruisschans, ce qui sera obtenu en les recevant dans les fossés de la nouvelle enceinte militaire à créer au Nord d'Anvers, suivant la ligne : Eeckeren, Oorderen, Kruisschans.

Enfin il est indispensable de construire une grande artère de communication entre le centre de la ville d'Anvers et le Kruisschans, de manière à pouvoir desservir dans de bonnes conditions les nouvelles installations projetées.

C'est l'exécution de ce vaste programme de travaux d'agrandissement du port d'Anvers, qui aura pour conséquence de porter la surface des bassins maritimes — sans parler des darses à embrancher plus tard sur le bassin-canal — de 145 Ha. à 300 Ha., la longueur des murs de quai à l'intérieur des bassins de 19 km. à 27 km. et la longueur des murs de quai à marée, en négligeant les murs de quai qu'on peut construire dans le coude du Kruisschans, de 5 km. 5 à 7 km. 5, — c'est l'exécution de ce vaste programme, que le Gouvernement belge a commencé.

Le conférencier décrit successivement les travaux de l'écluse du Kruisschans et ceux du bassin-canal. Il dit aussi quelques mots du mur de quai dans le coude d'Austruweel, du détournement des cours d'eau et de la construction du grand Boulevard projeté au Nord d'Anvers. Cette partie de la conférence peut être résumée comme suit :

Ecluse du Kruisschans.

La longueur maximum utile de l'écluse est, comme il est dit ci-dessus, de 270 m. ; la longueur minimum utile est de 225 m. 88. La largeur de l'ouvrage est de 35 m. Le niveau du

terre-plein est placé à la cote (+7,50) et la face supérieure du radier est arasée à la cote (—10,00).

Vers l'amont, soit du côté des bassins, le niveau de flottaison est prévu à la cote (+4,00); vers l'aval, soit du côté de l'Escaut, le niveau peut varier depuis la cote (—1,00), qui est celle de la marée basse extraordinaire, jusqu'à la cote (+ 7,11), qui est celle de la marée haute la plus forte observée. Dans ces conditions, les opérations d'éclusage sont possibles par tout état de marée.

L'écluse comprend deux massifs de tête, qui sont des constructions indépendantes séparées l'une de l'autre par le sas.

Le sas est limité par les murs bajoyers qui sont traversés par les aqueducs larrons et leurs débouchés. Le fond du sas n'est recouvert que d'un revêtement protecteur en béton de 2 m. d'épaisseur, qui est percé de petites cheminées de 0,20 de diamètre remplies de gravier. Ce revêtement est trop peu épais pour pouvoir équilibrer les sous-pressions, aussi ne prévoit-on pas la possibilité de mettre le sas à sec.

L'écluse comporte à chaque tête deux portes roulantes, qui peuvent être retirées dans des chambres latérales quand elles doivent dégager le pertuis de l'écluse. Chaque chambre a une longueur de 41 m., une largeur de 8 m. à l'entrée et de 10 m. sur la majeure partie de son développement.

A l'entrée de chaque chambre de porte, on a prévu des rainures verticales, qui peuvent donner appui à un batardeau métallique, en vue de transformer chaque chambre de porte en cale sèche et d'y permettre le radoubage d'une porte. Comme il se peut qu'une porte soit abordée par un navire et gravement endommagée au point qu'elle ne puisse ni flotter ni être retirée dans son enclave, on a prévu la possibilité de mettre chaque tête à sec et de radouber la porte dans la position où elle se trouve. A cet effet, on a disposé, de part et d'autre des portes, des enclaves où l'on peut échouer une des portes de la tête non endommagée. L'enceinte, qui peut ainsi être transformée en cale sèche, est limitée par les bajoyers de la tête, la porte roulante voisine de la porte endommagée et une porte roulante échouée au travers du pertuis de l'écluse. A l'abri de cette enceinte, on peut exécuter rapidement et dans les meilleures conditions de travail, les réparations indispensables pour remettre l'écluse à nouveau en service.

Par suite de la nécessité de pouvoir transformer chaque tête d'écluse en cale sèche, il a fallu établir le radier de manière à pouvoir résister aux considérables sous-pressions qui s'établissent

sent quand la tête est mise à sec. Dans ce but, les radiers des têtes sont armés, tant à la partie supérieure qu'à la partie inférieure, de barres de résistance de 50 mm. de diamètre, disposées sur trois rangées horizontales, à raison de sept barres par mètre et par rangée et de barres de répartition de 25 mm. de diamètre, disposées sur deux rangées horizontales à raison de trois barres par mètre et par rangée. Les barres de résistance sont placées normalement à l'axe de l'écluse et les barres de répartition parallèlement à celui-ci. Dans les chambres de portes c'est l'inverse qui est réalisé et les barres de résistance n'y ont plus que 40 mm. de diamètre. Pour éviter que des fissures ne se produisent au droit du raccordement des radiers avec les murs latéraux des têtes, par suite de tassements inégaux du sol, il est prescrit de construire séparément les radiers et les murs bajoyers et de ne les relier ensemble que lorsque les bajoyers sont à hauteur. Le calcul et le tracé des courbes de pression ont montré que la position la plus favorable du joint de tassement se trouve à environ 6 m. du parement des maçonneries latérales.

Afin de réduire autant que possible les sous-pressions sur les radiers des têtes et surtout afin de combattre les infiltrations d'eau sous les radiers, ceux-ci sont entourés d'un rideau étanche de palplanches métalliques, dont la pointe s'arrête à la cote (—19.50), soit 5 m. plus bas que la face inférieure du radier. La même précaution est prise sur le devant des murs bajoyers du sas, mais ici la pointe des palplanches s'arrête à la cote (—15.00), soit seulement 2 m. en contre-bas de la face inférieure des fondations.

Les manœuvres de remplissage et de vidange du sas sont commandées par des vannes roulantes du type « Stoney » disposées sur deux aqueducs larrons, ayant chacun environ 21 m² de section. Il y a deux vannes roulantes par tête et par aqueduc larron. Chaque groupe de deux vannes roulantes peut être isolé par des vannes plates, descendues au travers de l'aqueduc larron de part et d'autre du groupe.

Les mécanismes de manœuvre des vannes et la section des aqueducs larrons sont calculés pour pouvoir vider ou remplir le sas dans les conditions de niveau des eaux les plus défavorables, en dix minutes. Comme dans ce cas le cube d'eau à mettre en mouvement est considérable et peut dépasser 50.000 m³ on a pris des précautions spéciales pour éviter que des mouvements tourbillonnaires préjudiciables à la sécurité des navires ne puis-

sent se produire dans le sas. A cet effet, chaque aqueduc larron est mis en communication avec le sas par l'intermédiaire de 12 débouchés : chaque débouché comprend 13 orifices rectangulaires qui sont percés au travers d'un plancher en béton armé formant en cet endroit le radier de l'aqueduc larron. A la sortie des orifices, les jets d'eau perdent la majeure partie de leur force vive dans un évidement du bajoyer, qui a une section transversale d'environ 34 m² et qui communique avec le sas par deux ouvertures de 4 m. 00 × 2 m. 50.

Chaque aqueduc larron peut être isolé en partie ou sur toute sa longueur en obturant les débouchés latéraux dans le sas par des panneaux métalliques et en fermant les aqueducs larrons par des vannes d'isolement, qui sont prévues de distance en distance. Les aqueducs larrons sont consolidés par des cadres métalliques noyés dans le béton. Ces cadres sont composés de 4 barres de 45 mm. de diamètre et sont espacés de 0,33.

Les portes roulantes mesurent 37 m. de long, 7 m. 90 de large entre faces extérieures des fourrures et 18 m. de haut. Les quatre portes sont interchangeable et peuvent être dégagées par flottage sans que le soulèvement doive dépasser la quantité strictement nécessaire pour permettre à la porte de passer au-dessus des hauts radiers de l'écluse.

Chaque porte est constituée par deux bordées en tôle embouties, rivées sur de petites poutres horizontales, qui sont assemblées à leur tour sur des montants verticaux prenant appui sur 4 fortes poutres horizontales, par lesquelles la poussée de l'eau est transmise aux maçonneries d'appui. La chambre à air, qui porte le lest fixe en béton et le lest mobile en eau, est établie entre les deux poutres médianes situées respectivement à la cote (— 6,50) et (— 1,00).

Le profil transversal de la porte est largement ouvert, sauf au droit de la chambre à air, pour permettre à l'eau, qui est refoulée pendant le mouvement de la porte, de s'écouler facilement de l'avant vers l'arrière en passant entre les deux bordées.

Les organes de roulement de la porte peuvent être visités, réparés et démontés sous eau en soufflant de l'air comprimé dans les chambres où ils se trouvent. Après démontage des roues, la porte peut reposer, par l'intermédiaire de fourrures horizontales en bois, sur des pierres à parement poli et fonctionner comme porte glissante. Le dévasement des chemins de roulement est assuré par refoulement d'eau sous pression et par aspiration des vases au moyen de pompes montées sur les portes.

La partie supérieure des portes est aménagée pour permettre le passage des piétons. Quant aux véhicules et aux trains de chemins de fer, dont la circulation sur les portes pourrait provoquer un martèlement nuisible des roues porteuses et des rails de roulement, leur passage est assuré par un pont basculant à établir immédiatement en amont de l'écluse.

L'écluse est construite dans des terrains de l'époque tertiaire, qui sont recouverts à leur partie supérieure d'une couche de tourbe et de limon poldérien. La majeure partie des terres rencontrées sont des sables argileux contenant 15 à 20 p. c. d'argile. Ils appartiennent aux assises scaldisienne et poederlienne. Vers la cote (—12,50) règne un banc de coquilles d'environ 0,50 m. d'épaisseur, qui surmonte une couche de sable gris blanc contenant beaucoup de fossiles intacts. Le sable Diestien, qui est un sable très fin contenant beaucoup d'eau, ne se présente qu'à la cote (—15,00); il ne doit pas être entamé au cours des travaux.

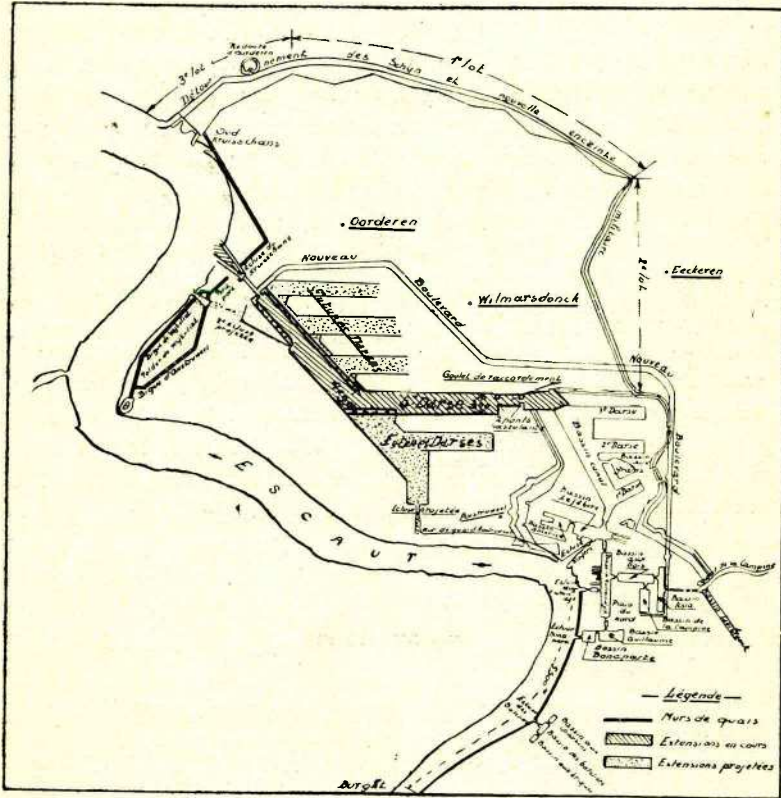
Les sables recoupés se maintiennent très facilement sous talus et donnent très peu d'eau. Jusqu'à la cote (—12,00), on a pu évacuer les eaux par les moyens d'épuisement ordinaires : le débit total des pompes n'a jamais dépassé 80 à 100 litres à la seconde. Mais à partir de la cote (—12,00) on a jugé prudent de provoquer le rabattement de la nappe aquifère par des puits filtrants. Ce procédé donne d'excellents résultats et l'on baisse facilement le niveau de l'eau jusqu'à la cote (—15,00), point le plus bas qui doit être atteint.

Bassin-Canal.

Le bassin-canal mesure une largeur de 300 m. dans la partie amont où les deux rives sont bordées de murs de quai, celle-ci est de 400 mètres dans le coude et de 140 m. au plafond dans la partie aval, où les deux rives sont bordées par des digues. Le plafond du canal est placé à la cote (—8,00) et la flottaison est prévue à la cote (+4,00) de sorte qu'il y aura en tout temps 12 m. de profondeur d'eau dans le canal.

Aux endroits où le bassin-canal est limité par des digues, les talus sont dressés à 12/4 depuis la cote (—8,00) jusqu'à la cote (+2,00).

A ce dernier niveau, il est prévu une berme de 6 m. 00 de largeur. Au-dessus de la berme les talus sont dressés à 8/4 et une



nouvelle banquette de 1 m. 00 de largeur est aménagée à la cote (+4,50). Les talus situés en-dessous de la berme de 6,00 m. de largeur ne sont pas protégés; ils le sont à partir d'un point pris de 2,00 m. de l'arête intérieure de la grande berme, jusqu'à la cote (+5,00), par une maçonnerie de moellons posés à sec sur une fondation de gravier.

Les déblais du canal peuvent être faits à sec, par excavateur ou sous eau par dragage. Au-dessus de la cote (—7,00), l'excavateur et la drague à godets sont seuls admis.

L'entrepreneur compte employer : l'excavateur pour les fouilles des murs de quai, la drague à succion pour le creusement de la cunette du bassin-canal au-dessus de la cote (—7,00) et la drague à godets pour les déblais du canal en-dessous de la cote (—7,00) jusqu'au niveau du plafond situé à la cote (—,800).

Le matériel à employer se composera de :

1° Deux grands excavateurs d'un rendement de 3.500 m³ par journée de huit heures, 15 locomotives de 15 tonnes, 8 locomotives de 8 à 10 tonnes; 200 wagonnets et trucs divers, 150 wagons de 4 à 5 m³.

2° Deux dragues à succion.

3° Une drague à godets.

4° 6 chalands et 3 remorqueurs.

• Quand le chantier sera en pleine activité, le rendement des dragueurs et des excavateurs sera d'environ 60.000 m³ par semaine.

Les terres enlevées par excavateur seront chargées sur wagon et déversées dans les polders environnants, pour y constituer les digues de retenue des produits de dragage refoulés par pompe. Elles serviront encore aux remblais derrière les murs de quais, qui devront être effectués par couches horizontales de 0 m. 30 convenablement damées, ainsi qu'à la formation des digues bordant le canal aux endroits où il n'est pas prévu de murs de quai.

Le profil des murs de quai à construire comprend essentiellement un massif de béton dont la face inférieure des fondations est disposée suivant un plan incliné, de manière que la résultante des poussées soit sensiblement normale à l'assiette du mur.

L'arête arrière du plan de fondations est située à la cote (—10,25) et l'arête avant à la cote (—9,75).

La tablette de couronnement du mur est arasée à la cote (+6,12) et le niveau du terre-plein du mur de quai à la cote (+6,50).

Au-dessus de la cote (+2,50), le béton est remplacé par de la maçonnerie de briques au mortier de trass bâtard, dans laquelle est aménagée une galerie de 1 m. 20 de largeur avec banquettes pour la pose des câbles électriques, des canalisations d'eau et du gaz. On accède à la galerie par des cheminées de 1 m. 50 × 0,70 espacées d'environ 100 m., qui sont fermées au niveau du terre-plein du quai par des tôles striées de 10 mm. d'épaisseur reposant sur un fer U et des feuillures taillées dans les pierres d'encadrement.

Les eaux qui s'infiltrent dans la galerie sont écoulées vers le bassin-canal par des tuyaux en fonte de 0 m. 20 de diamètre espacés d'environ 50 mètres.

Comme le massif est constitué en grande partie par du béton, il faut prendre des précautions spéciales pour empêcher la production de fissures irrégulières sous l'action du retrait du béton et des déformations dues aux variations de la température et du degré d'humidité. A cet effet, il est prescrit de réaliser tous les 40 m. un joint vertical continu occupant toute la hauteur du mur.

A partir de la cote (+3,40), le parement du mur est réalisé en moellons piqués de 0 m. 25 et 0 m. 30 de haut, de 0 m. 50 et 0 m. 35 de queue.

Le mur de quai est surmonté d'une tablette en petit granit qui a 1 m. de largeur, 0 m. 50 d'épaisseur et dont l'arête du côté du canal est arrondie suivant un arc de cercle de 0 m. 10 de rayon. La tablette est bouchardée, sauf sur les bords où il est prévu un encadrement au fin ciseau. Afin d'empêcher que les murs de quai ne soient soumis à une pression d'eau plus forte du côté des terres que du côté du bassin-canal, les terre-pleins derrière les murs de quai sont drainés. A cet effet on prévoit contre la face arrière du mur, entre la cote (+2,30) et la cote (+4,00), un filtre de gravier d'environ 2 m² 50 de section. Ce filtre communique, tous les 40 mètres, avec le canal par un joint de 0,05 de large et de 1 m. de haut, ménagé dans la maçonnerie de briques du mur entre les cotes (+2,50) et (+3,50). L'entraînement du gravier à travers les joints est empêché par l'établissement d'une murette de garde en moellons posés à sec contre les joints.

Les murs de quai sont complétés par l'établissement de bornes d'amarrage en fonte pesant 750 kg. à raison de une par 20 mètres courants, ainsi que par la pose d'échelles de sauvetage en fer forgé dans les évidements prévus sur le devant des murs de quai.

On doit s'attendre à ce que l'exécution de travaux aussi con-

sidérables exige le déplacement d'un cube énorme de terres et la mise en œuvre d'un cube non moins important de maçonneries de tout genre.

Voici quelques chiffres significatifs à ce sujet

Déblais pour le creusement de la cunette du canal : 8 millions 577.050 m³.

Déblais pour la construction des murs de quai : 1.006.563 m³.

Déblais pour l'établissement des fossés d'évacuation et des détournements de routes : 140.000 m³.

Maçonnerie de béton pour les murs de quai : 369.612 m³.

Maçonnerie de briques des murs de quai : 46.201 m³.

Maçonnerie de pierres de taille : 2.936 m³.

Maçonneries de moellons piqués : 5.332 m³.

Fer laminé et forgé pour échelles, tirants, etc. : 59.600 kg.

Fonte pour bornes d'amarrage et tuyaux : 192.408 kg.

Drain continu en gravier : 11.395 m³.

Défense des digues : 9.442 m³ de moellons et 8.325 m³ de gravier.

En vue de permettre l'aménée à pied d'œuvre des énormes quantités de gravier, sable, ciment, trass, chaux, briques, pierres de taille, moellons piqués et charbon, qui sont nécessaires à l'exécution des travaux énumérés ci-dessus, l'entrepreneur peut disposer d'un des côtés du petit bassin à marée construit par l'Etat, dans le polder de Wytvliet en vue de la construction du bassin-canal et de l'écluse du Kruisschans. Ce petit port mesure 210 m. de long, 70 m. de large, à l'extrémité amont et 50 m. à l'extrémité aval. Il est bordé d'un appontement continu en bois de 8 m. 50 de large, dont le plancher se trouve à la cote (+7,50).

Le plafond du bassin est creusé à la cote (+0,50). Un chenal de 16 m. de large met le bassin en communication directe avec le fleuve.

Ce chenal est bordé vers l'aval par deux ducs d'Albe et vers l'amont par une estacade de 1 m. 90 de large dont le plancher est à la cote (+6,00). L'estacade amont est terminée par un débarcadère pour l'accostage des remorqueurs et des bateaux à moteur.

Mur de quai d'Austruweel.

Le mur de quai doit être construit dans un sable contenant 15 à 20 p. c. d'argile. Vers la cote (-4,00) à (-5,00), on rencontre un banc dur et compact qui est constitué par un agglomérat cohérent de coquilles et de sable.

En dessous du coquillier, on rencontre des sables très fins appartenant au Dicstien et plus bas à l'Anversien, qui reposent sur l'argile de Boom, formant l'assiette générale et constituant un banc de grande épaisseur.

L'argile de Boom affleure, pour la majeure partie du développement du mur à construire, aux environs de la cote (—20,00); mais une remonte locale, dans la partie amont, vers l'écluse Royers, atteint la cote (— 16,00). La nature du terrain succinctement décrit ci-dessus laisse apparaître :

1° Qu'il sera difficile d'abaisser la nappe aquifère en dessous du niveau de (— 6,00) à (— 7,00) correspondant à la face supérieure du banc Diestien.

2° Que le voisinage immédiat du banc d'argile doit inciter à la plus grande prudence quant au glissement.

3° Que les terrains rencontrés conviennent pour recevoir directement les fondations du mur projeté, à condition de bien encastrier le mur sous le plafond du fleuve et de ne pas dépasser pour la pression maximum sur le sol, un taux de 7 kg. par cm².

De nombreux types de mur ont été étudiés par le service : le mur plein; le mur élégi; le mur à fondations discontinues; le mur en caisson échoué; le mur à fondations surélevées; le mur en appontement.

A cause de la très grande hauteur du mur de quai et de la présence d'un sable fin très aquifère en couche épaisse, les murs en appontement et à fondations surélevées ne peuvent pas convenir par suite de leur coût élevé et des grandes difficultés d'exécution qu'ils offrent.

Le mur avec caisson échoué est économique, mais manque d'enracinement dans le sol, et offre ainsi une faible sécurité contre le glissement.

Le mur à fondations discontinues présente de grandes difficultés d'exécution dans le perréage du talus à grande profondeur. Les types de mur qui conviennent le mieux pour le coude d'Austruweel sont : le mur plein et le mur élégi.

Le mur élégi reporte tout le poids du mur vers l'arrière et présente, par conséquent, un profil rationnel. A ce point de vue, il est à préférer au mur plein. Mais il offre des difficultés d'exécution qui font disparaître en grande partie, les premiers avantages signalés. C'est eu égard à cette considération que l'Administration a donné la préférence au type de mur plein, en laissant toutefois aux soumissionnaires la faculté de présenter des

types différents de mur, à condition qu'ils présentent la même sécurité que le type de mur plein.

Le profil de mur adopté par l'Administration comprend un massif de béton mesurant 15 m. de largeur à la base et 4 m. d'enracinement sous le plafond du fleuve, prévu à la cote (— 13,00).

La face inférieure des fondations est légèrement inclinée vers l'arrière de manière à le disposer sensiblement normalement à la résultante des forces. La fondation du mur de quai présente aussi vers l'avant un grand empattement de 4 m. de saillie qui a pour effet de ramener la résultante des forces à l'intérieur du noyau central.

A partir de la cote (— 0,26 m.), le massif de béton est remplacé par de la maçonnerie de briques, protégée en parement du côté du fleuve, par une maçonnerie en moellons piqués. Le mur de quai est convenablement drainé pour éviter que la pression d'eau soit plus forte d'un côté du mur que de l'autre. Le mur de quai est percé d'un conduit pour le placement des canalisations d'eau, du gaz et de l'électricité, et il est surmonté d'une tablette de couronnement en pierre de taille.

Le mur de quai d'une longueur totale de 2.000 m. coûtera environ 90.000.000 francs.

Détournement des eaux des ruisseaux au nord d'Anvers.

Les eaux des ruisseaux au Nord d'Anvers sont reçues dans l'avant fossé et le fossé capital de la nouvelle enceinte, qui part au nord de la darse n° 3, contourne Eeckeren, Oorderen et aboutit au Kruisschans à l'Escaut. Ce travail a été débarrassé après la guerre de tous les ouvrages militaires qui avaient été prévus et il n'en est resté que les parties exclusivement utiles au point de vue civil. Cette partie des travaux a été partagée en trois lots. Un premier est situé entre Eeckeren et la redoute d'Oorderen, il a été exécuté avant la guerre, un second lot est compris entre l'enceinte actuelle de la ville d'Anvers et Eeckeren et est en exécution en ce moment; un troisième est compris entre la redoute d'Oorderen et l'Escaut et va être adjugé incessamment. Le montant total des travaux restant à faire s'élève à environ 8.000.000 de francs; il comprend essentiellement la construction de deux fossés parallèles, quelques ponts et une écluse à l'Escaut.

Boulevard à construire au nord d'Anvers.

Le boulevard doit partir de la place du Nord à Anvers, à l'extrémité de l'avenue d'Italie, monter en pente douce jusqu'à la cote (+12,00) sur l'emplacement actuel de la gare aux marchandises, longer le bassin Asia et continuer tout droit vers le Nord jusqu'à l'extrémité de la darse n° 3. Là il ne se trouvera plus qu'à la cote (+6,50). Il se maintiendra à ce niveau tout le long de la darse n° 3 puis il descendra jusqu'à la cote (+5,50) et conservera ce niveau jusqu'à l'écluse du Kruisschans. Le boulevard doit avoir 25 à 30 m. de largeur en ville et 50 m. en dehors de la ville.
