

1863



1863

R. ANTHOINE

L'Ecluse maritime "Boudouin",
à Anvers (Belgique).

sas entre les niveaux (0) et (+ 4), le temps de remplissage est de 15 minutes.

Le dispositif de remplissage du sas comporte dans chaque tête des aqueducs de $5 \times 5,50$ m (fig. 9), contournant les portes de part et d'autre de l'écluse. Chaque aqueduc possède une chambre d'amortissement de 30 m de longueur, 5 m de largeur et 6 m de hauteur où les eaux sont reçues avant de pénétrer dans le sas. La paroi de cette chambre est percée, près de son plafond,

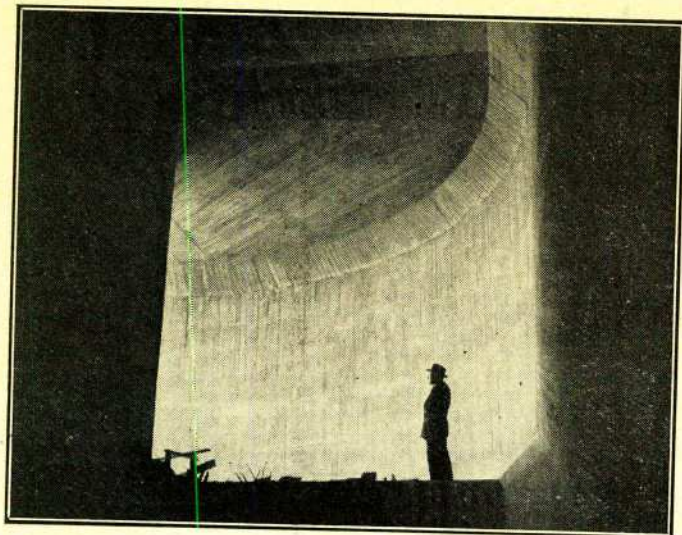


Photo Ministère belge des Travaux Publics.

Fig. 9. — Vue prise dans un aqueduc de vidange et de remplissage du sas.

de six ouvertures de 4×2 m, du côté sas. Ces ouvertures se prolongent dans le mur en direction des portes. Au droit du débouché des aqueducs, le radier du sas est abaissé de 1,50 m.

Toutes ces dispositions, étudiées sur modèle au Laboratoire d'Hydraulique de l'État, à Anvers, contribuent à la destruction de la force vive des eaux de remplissage et diminuent la poussée transversale du courant sur les navires qui pourraient se trouver en cet endroit.

L'aqueduc de remplissage est obturé par deux vannes de $2,25 \times 5,61$ m, en acier soudé, à double bordage, et séparées par une pile. Ici également, des rainures permettent d'isoler une vanne sans mettre tout l'aqueduc hors service. Enfin, le Bassin Hansa et le chenal d'accès sont reliés par un double aqueduc régulateur de 500 m de longueur et de $2 \times 2,30 \times 3$ m de section.

La figure 1 représente l'écluse aussitôt après sa mise en eau, une bande de terre la séparant encore de l'Escaut.

Ouvrages annexes. — Un pont basculant du type Strauss (fig. 10), à charpente triangulée de conception rivée classique, est établi sur la tête amont. Son axe est à peu près dans l'alignement de celui du pont franchissant l'écluse du Kruisschans.

Le pont couvre une passe maritime de 45 m et porte une voie carrossable de 7 m ainsi qu'une voie de chemin de fer. Des culées existent, qui permettront la construction éventuelle d'un second pont.

Le chenal d'accès, long de 560 m, est orienté vers l'aval. La rive Sud est limitée par un mur de 428 m constituant poste

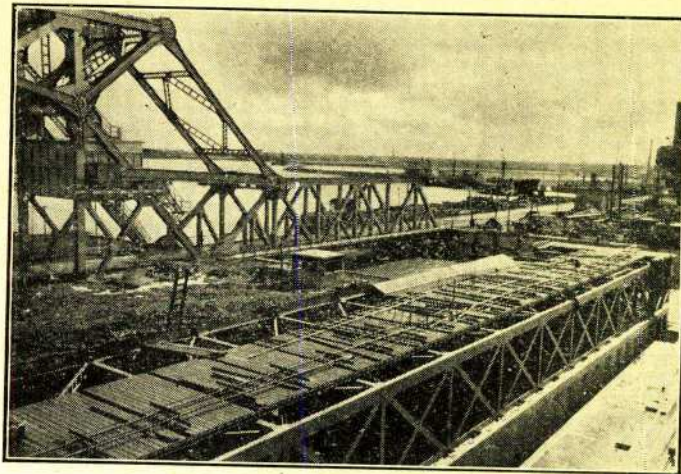


Photo R. Anthoine.

Fig. 10. — Vue du nouveau pont Strauss établi sur la tête amont, prise le 13 mars 1955.

Au premier plan, la porte amont encore flottante.

d'attente pour les navires remontant le fleuve. Sur la rive Nord, le chenal, jalonné de Ducs d'Albe reliés par une passerelle continue, est limité par un mur de 210 m.

Le plafond du chenal d'accès est prévu à la cote (— 10). Sur 20 m de longueur, il est protégé contre les affouillements par un arrière-radier en plaques de béton. De plus, des plateformes de fascinage s'étendent sur une distance de 60 m vers l'Escaut.

Parmi les ouvrages divers, il convient enfin de signaler l'élargissement, vers le Nord, du Bassin Hansa, les deux cabines de manœuvre, avec leurs salles de machines, les habitations du personnel et la construction future du « Boulevard de l'Escaut », une double avenue qui canaliserait le trafic lourd et de tourisme, vers les écluses du Kruisschans et Baudouin.

Roger ANTHOINE.

MÉTALLURGIE

LES PROCÉDÉS DE FUSION ET DE COULÉE SOUS VIDE ET DE FORGEAGE À LA PRESSE

FUSION SOUS VIDE. — Après la deuxième guerre mondiale, la technique du vide s'est développée très rapidement. On a construit des pompes à diffusion d'huile, d'un débit très supérieur à celui des pompes à diffusion de mercure de mêmes dimensions. D'autre part, de nouveaux dispositifs d'étanchéité, notamment des traversées étanches au vide, ont permis la transmission de mouvements de rotation et de translation dans l'enceinte vidée. Grâce à ces importants perfectionnements, il fut possible de construire des installations industrielles à vide élevé (pressions inférieures à 0,01 mm Hg) et de développer la technique de la fusion sous vide.

Aux pompes rotatives à huile, permettant tout au plus d'obtenir un vide de quelques millimètres de mercure, ont succédé les nouvelles pompes à vapeur d'huile, permettant d'atteindre une pression de quelques dixièmes, voire centièmes de millimètres de mercure.

Ce vide, créé dans l'enceinte même des fours électriques, a permis, dans les plus récentes installations, de couler des lingots correspondant à des charges de 5 t et d'élaborer des alliages de qualités remarquables, évitant toute oxydation, tels que

les alliages à faible teneur en carbone pour applications magnétiques, les alliages pour conducteurs chauffants, les alliages de béryllium, titane, zirconium, etc.

Ce vide élimine la plus grande partie des gaz et ramène la teneur en oxygène et en carbone à des valeurs très inférieures à celles obtenues lors de la fusion sous pression normale.

Nous nous proposons de montrer jusqu'à quel point une amélioration du vide est pratiquement utile et quels sont les progrès qui peuvent en résulter pour la métallurgie.

Domaines d'application. — Il existe deux domaines où la technique du vide élevé est indispensable.

L'un de ces domaines est celui des métaux et des alliages ayant une très grande affinité pour tous les gaz, à l'exception des gaz rares : titane, zirconium, uranium, qui ont acquis ces derniers temps un grand intérêt technique.

L'autre domaine, qui gagne également en importance, est celui du raffinage et de la séparation des alliages par distillation des composants volatils du métal en fusion sous vide élevé. On peut de la sorte éliminer, plus commodément que par des méthodes chimiques, les éléments indésirables de certains métaux et alliages. Ce procédé peut, par exemple, servir à la régénération du vieux cuivre, qu'il suffit de refondre sous vide élevé pour éliminer, non seulement l'oxygène, mais également toutes les impuretés très volatiles, telles que le plomb, l'antimoine, le bismuth.

Lorsqu'un navire franchit l'écluse, les portes sont éclipsées dans des chambres latérales. Chacune des quatre portes peut être isolée et mise à sec pour être radoubée. A cet effet, les battées des portes sont dotées de rainures verticales (fig. 5 à 7). Un batardeau métallique y prendra éventuellement appui et sera maintenu en place par la pression d'eau extérieure.

Les portes (fig. 8 et 10), en acier doux de qualité soudable pèsent chacune 840 t environ. On estime qu'une semblable construction rivée aurait nécessité 1 200 t d'acier. Les portes ont 47 m de longueur et 8,58 m d'épaisseur hors tout ; leur hauteur, à partir des rails inférieurs, était initialement de 18,80 m. Le

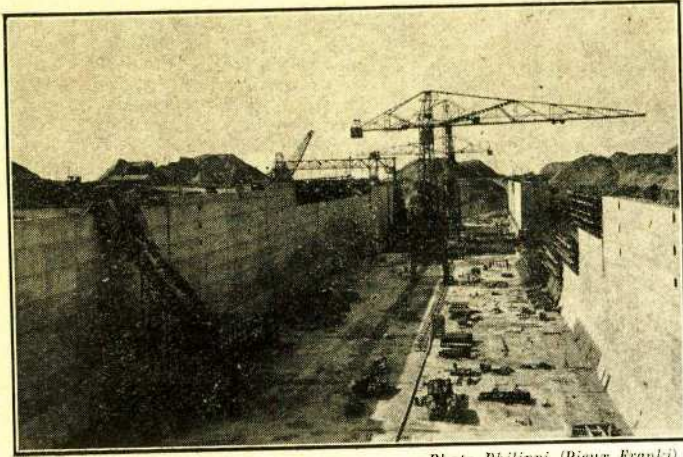


Photo Philippi (Pieux Franki).

FIG. 5. — Vue prise pendant la construction de l'écluse.

plan des portes aval a cependant été modifié après la tempête de février 1953, afin de les rehausser de 35 cm. Chaque face porte quatre bandes de frottement en bois dur.

Chaque porte est constituée de six entretoises, des montants et des pièces auxiliaires ; le bordage est double. Entre les troisième et quatrième entretoises, un caisson à air, divisé en 24 compartiments étanches, a été prévu. La porte peut être lestée d'eau

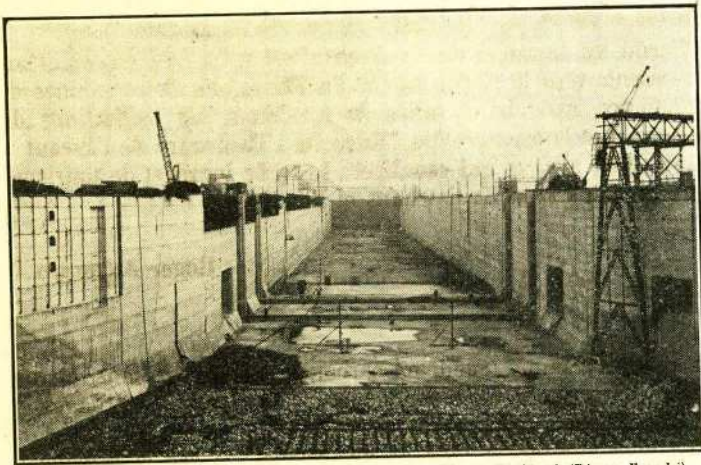


Photo Philippi (Pieux Franki).

FIG. 6. — Vue de l'écluse terminée.

afin de lui donner une stabilité suffisante durant la manœuvre. Ce caisson est accessible par un couloir central surmonté d'une cheminée de 1 m de diamètre. L'air comprimé nécessaire à la vidange des compartiments est fourni par un compresseur fixe ; les portes ne renferment ni pompes, ni moteurs.

Les portes n'ont pas été montées sur place ; elles furent amenées flottantes des chantiers de construction situés sur l'Escaut, environ 25 km en amont. Chaque porte fut hâlée sur son flanc et redressée par traction de câbles et admission simultanée d'eau dans les caissons (fig. 8).

Les organes de roulement comprennent un chariot inférieur, à l'avant, et un chariot supérieur, du côté de la chambre des portes. Le chariot inférieur est placé sous une coupole avec cheminée d'accès et sas à air ; il pourra être visité en employant l'air comprimé. Il se dégage de la porte par simple délestement de celle-ci.

Le chemin de roulement inférieur est constitué de deux rails Burbach n° 5, écartés de 6,14 m. L'écartement des rails du chemin de roulement supérieur est légèrement supérieur à 10 m.

Le poids considérable de la porte n'est pas transmis aux deux chariots lorsqu'elle se trouve à sec dans sa chambre. A cet effet, deux consoles amovibles, pouvant être attachées à la partie supérieure de la porte, permettent de la suspendre et de dégager les chariots.

L'entretien des chemins de roulement inférieurs s'effectuera sans assécher le sas, donc sans devoir interrompre l'activité de l'écluse. Un caisson bas en U renversé est prévu à cet effet. Il pourra être raccordé au batardeau de mise à sec des chambres.

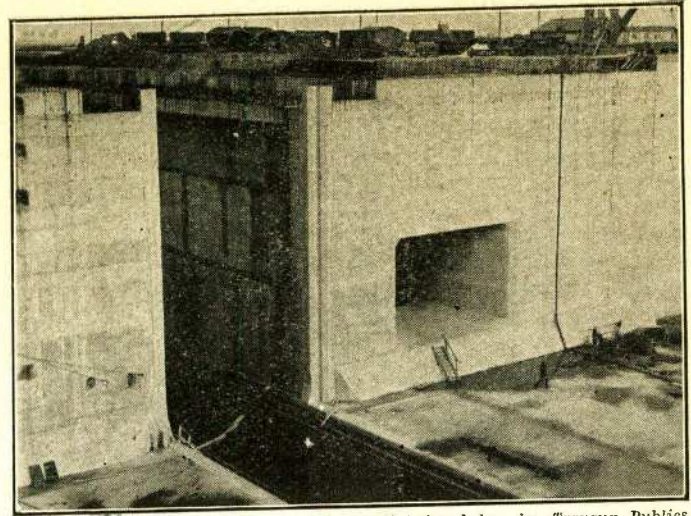


Photo Ministère belge des Travaux Publics.

FIG. 7. — Vue prise dans l'écluse à sec, montrant l'entrée d'une chambre de porte.

Le travail s'effectuera ainsi sans avoir recours à l'air comprimé.

Les deux chambres de portes logées dans chaque tête d'écluse sont séparées par un mur en béton, à gradin, ayant 12 m d'épaisseur à sa base. Dans celle-ci une chambre de 6 m de diamètre est équipée de pompes centrifuges servant à dévaser et vider les

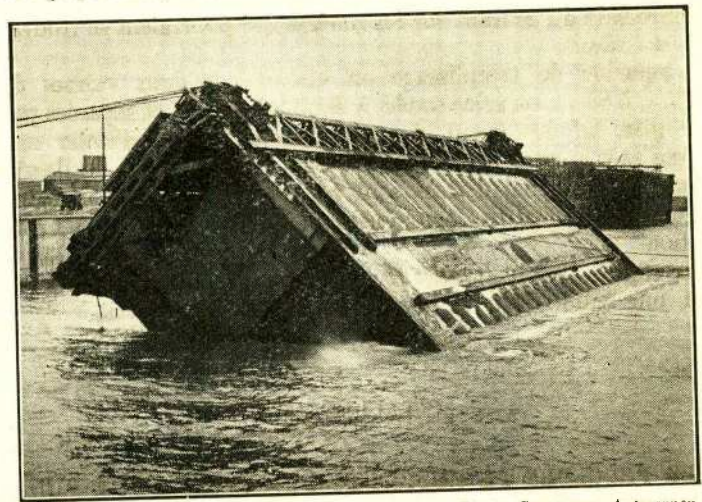


Photo Gazet van Antwerpen.

FIG. 8. — Vue, prise le 31 décembre 1954, pendant le redressement d'une porte remorquée sur le flanc depuis le chantier de construction.

chambres. Ce local des pompes est accessible par un puits circulaire.

Les chambres de portes ont 51 m de longueur et une largeur de 8,60 m à leur entrée et de 10,50 m à l'intérieur.

La manœuvre des portes s'effectue par câbles à la vitesse de 0,25 m par seconde, soit trois minutes par ouverture ou fermeture. Des tunnels à câbles franchissent l'écluse, sous le radier.

La commande des portes « travail » et « réserve » de chaque tête s'effectue à partir de deux bâtiments distincts, reliés téléphoniquement, où se trouvent les treuils des vannes Nord et des portes.

Remplissage du sas. — Dans l'Escaut, à Anvers, les marées hautes peuvent exceptionnellement atteindre la cote (+ 8). Les marées basses descendent à environ (— 1). Le niveau de flot-taison des bassins est maintenu à (+ 4). Les chutes à envisager sont donc de 5 m du côté fleuve et de 4 m vers les bassins.

Dans le cas le plus défavorable, c'est-à-dire le remplissage du

Deux tunnels de 100 m s'étendaient sous les dépôts de sables et graviers ; à l'intérieur, ces matériaux se déversaient sur une courroie transporteuse qui les conduisait aux silos surplombant les bétonnières. Tous les éléments du béton furent pesés automatiquement.

Tous les matériaux sont de provenance belge, à l'exception de granits portugais et des bois de frottement du Congo français.

Les fouilles préliminaires débutèrent le 2 mai 1951 et le bétonnage le 11 avril 1952. Les travaux du sas ne furent entrepris qu'après finition des deux têtes. Le gros-œuvre s'effectua en moins des 1 200 jours ouvrables alloués comme délai à l'entrepreneur général.

Fouilles. — L'exécution des travaux débuta par une première phase de déblais et d'épuisement des eaux.

Le sol est composé de sable fin très compact, présentant une résistance à la pénétration supérieure à 250 kg/cm². Il est tra-

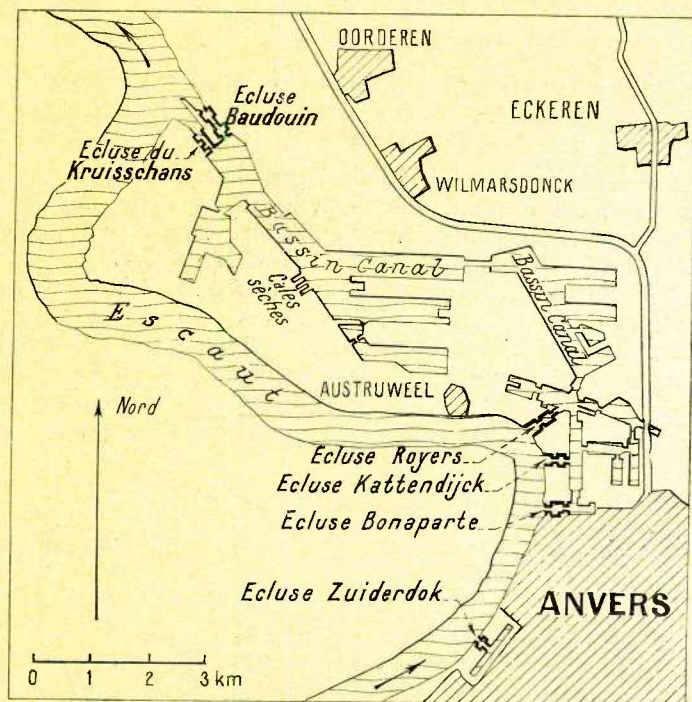


FIG. 2. — Plan d'ensemble schématique du port d'Anvers, indiquant la position des écluses.

versé par un banc de tourbe de 1 m à 1,50 m d'épaisseur, vers la cote (— 1) (1). A (— 25,00) une couche argileuse, dite de Boom, est rencontrée.

Le terrain naturel se trouve à la cote (+ 7,50) tandis que le niveau de la nappe aquifère se situe aux environs de (+ 2,50). Les fouilles destinées aux fondations des têtes atteignirent 22,25 m de profondeur, soit la cote (— 14,75).

Pour être exécutées à sec, les fouilles des têtes exigèrent un rabattement de la nappe aquifère de plus de 17 m. Celui-ci fut effectué par 28 puits filtrants et pompes immergées, pénétrant dans l'argile de Boom. Le débit de chaque puits fut normalement d'environ 2 à 3 l/s. Quant aux eaux ruisselant des terrains situés au-dessus de la tourbe (— 1), elles furent captées par drainage.

Les déblais, exécutés au moyen de draglines dont certains avaient une capacité de godet de 5 m³, totalisèrent 1 600 000 m³ ; ils furent transportés par camions.

Le talus 1/1 délimitant les fouilles s'avéra d'une stabilité remarquable.

Béton. — Le volume de béton vibré mis en œuvre a été d'environ 340 000 m³ ; 9 000 t d'acier y sont incorporées.

Le matériel de bétonnage comprenait essentiellement quatre bétonnières de 1 250 l. Des coffrages métalliques, relevés progressivement à mesure de l'avancement des travaux, furent utilisés pour le parement du sas. Le programme de bétonnage observé établissait l'emplacement des joints de reprise. En vue d'assurer l'étanchéité, certains de ceux-ci sont munis d'une

mince tôle encastrée dans le béton, de part et d'autre du joint. Pour éviter les fissures de retrait, les massifs sont tronçonnés et dotés de joints d'étanchéité.

Têtes. — *Sas.* — *Radier et Bajoyers.* — Les deux massifs de têtes sont indépendants. Leurs fondations sont entourées d'un rideau de palplanches métalliques pénétrant dans le terrain jusqu'à la cote (— 20,00). Ce dispositif s'oppose au siphonnement des eaux sous les fondations. Le radier du sas n'intervient pas à ce point de vue ; il constitue simplement le revêtement de protection du sol.

Le sas a une longueur utile minimum de 315 m et max mum

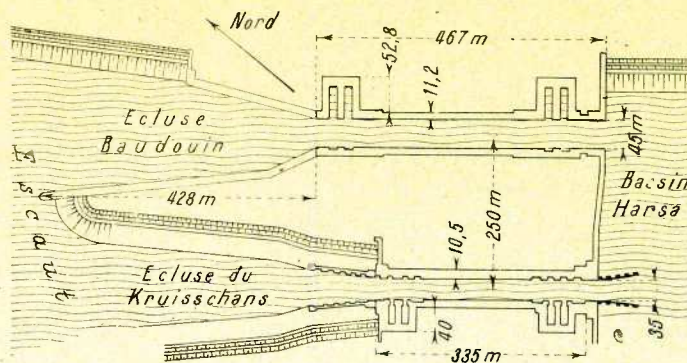


FIG. 3. — Plan d'ensemble des écluses Kruisschans et Baudouin.

de 360 m, selon que les portes intérieures ou extérieures sont utilisées ; sa largeur est de 45 m.

Le radier en béton armé a une épaisseur maximum de 4,50 m aux endroits où de fortes sous-pressions sont prévues, c'est-à-dire sous les chambres de portes et au droit des chemins de roulement de ces dernières. Par ailleurs, il est constitué de dalles en béton de 10 m × 10 m environ, sur 1 m d'épaisseur. Ces dalles sont posées sur une couche drainante de 0,60 m de sable et de gravier. De plus, afin d'éviter les sous-pressions sur le revêtement, celui-ci est percé de cheminées de 0,20 m de diamètre,

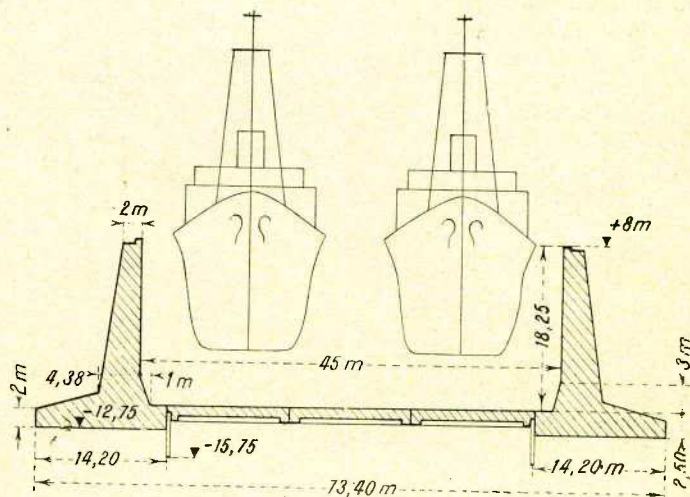


FIG. 4. — Coupe transversale dans le sas de l'écluse.

remplies de gravier permettant le passage de l'eau. Précisons que la mise à sec du sas n'est pas envisagée.

Le sas est limité latéralement par des bajoyers en béton armé sans revêtement, à l'exception d'un profilé arrondi, en acier, protégeant la crête du mur. Les premiers plans des bajoyers prévoyaient un profil en L renforcé de nervures. Le profil adopté fut, cependant, celui d'une équerre renforcée, mais sans contre-fort (fig. 4). La hauteur des bajoyers est de 18,25 m au-dessus du radier ; leur semelle de fondation, établie à la cote (— 12,75), mesure 14,20 m. Ces murs sont formés de tronçons de 21,50 m de longueur, séparés par des joints de dilatation.

L'équipement de chaque bajoyer comprend 8 échelles, 14 bollards et 42 organeaux. De plus, un bollard et 3 organeaux sont incorporés au mur séparant les chambres de portes ; 2 bollards sont fixés à la culée du pont Strauss, à la tête amont.

Portes. — Chaque tête sera pourvue de deux portes roulantes, dont une de réserve, capables de résister à la pression de l'eau dans les deux sens.

(1) La cote 0 étant supposée être celle des eaux étales.

0307 008 8824



LE GÉNIE CIVIL

REVUE TECHNIQUE GÉNÉRALE DES INDUSTRIES FRANÇAISES ET ÉTRANGÈRES

Abonnement annuel : France et Colonies : 3 000 fr. — Étranger : 4 500 fr. — Le numéro : 150 fr.

Administration et Rédaction : 5, rue Jules Lefebvre, Paris (9^e). — Tél. : Trinité 46-38.

SOMMAIRE

TRAVAUX PUBLICS. — L'écluse maritime « Baudouin », à Anvers (Belgique), p. 205; Roger ANTHOÏNE.

MÉTALLURGIE. — Les procédés de fusion et de coulée sous vide et de forgeage à la presse, p. 208.

MINES. — Quelques roches d'emplois spéciaux : la gaize, les albâtres, la pierre lithographique, p. 212.

RÉSISTANCE DES MATÉRIAUX. — Le calcul des batardeaux cellulaires fondés sur rocher, p. 213.

VARIÉTÉS. — Le centre technique et industriel Émile Girardeau de la Société française radioélectrique, à Saint-Egrève, près de Grenoble, p. 216. —

L'aménagement hydroélectrique Isère-Arc et la centrale souterraine de Randens, p. 217. — Le Centre de Recherches et d'Essais d'Électricité de France, à Fontenay-aux-Roses, (Seine), p. 218.

SOCIÉTÉS SAVANTES ET INDUSTRIELLES : Académie des Sciences (28 mars, 4 et 13 avril 1955), p. 220; — Académie d'Agriculture (23 février et 2 mars 1955), p. 220; — Société des Ingénieurs civils (18 février 1955), p. 221.

REVUE DES PUBLICATIONS TECHNIQUES : p. 221.

OUVRAGES RÉCEMMENT PARUS : p. 224.

INFORMATIONS ET BIBLIOGRAPHIE : Voir p. 3 et suivantes des annonces.

TRAVAUX PUBLICS

L'ÉCLUSE MARITIME « BAUDOUIN », À ANVERS (BELGIQUE)

Le port d'Anvers est actuellement accessible par cinq écluses : celles du Kruisschans ⁽¹⁾, Royers, Kattendijk, Bonaparte et du Zuiderdok, citées par ordre d'importance (fig. 2). L'achèvement

de l'écluse Baudouin (fig. 1) portera leur nombre à six; trois d'entre elles seront alors de rendement et de dimensions compatibles avec les exigences du trafic maritime moderne. La nouvelle écluse sera d'ailleurs la plus grande d'Europe, après celle d'Ymuiden (Pays-Bas) ⁽²⁾, qui la dépasse de quelques dizaines de mètres, tout en présentant un certain espace mort.

L'écluse Baudouin fut réalisée au prix de 850 millions de francs belges et de près de cinq ans de travaux menés sous la direction de l'Administration des Travaux Publics et de la Reconstruction. Il est prévu qu'elle entrera en service dans les dernières semaines de 1955.

Le nouvel ouvrage est établi au Nord des installations maritimes d'Anvers, parallèlement à l'écluse du Kruisschans, construite de 1919 à 1928, dont il est séparé par une distance de 210 m (fig. 3). Les dimensions respectives des deux ouvrages sont :

Longueur utile	m	360	et	270
Largeur	—	45	et	35
Profondeur à marée basse moyenne.....	—	10,5	et	10

(1) Voir la description de l'écluse du Kruisschans dans le *Génie Civil* du 6 février 1926.

(2) Voir la description de l'écluse d'Ymuiden dans le *Génie Civil* des 15 août 1925 et 21 avril 1928.

Le dédoublement de l'écluse du Kruisschans fut nécessité par l'accroissement constant du mouvement maritime au Port d'Anvers ⁽³⁾. Capable de livrer simultanément passage à quatre bâtiments de 10 000 tonnes, l'écluse Baudouin activera le trafic portuaire dans une large mesure; elle réduira, d'autre part, l'éventualité des fâcheuses conséquences pouvant résulter d'avaries à l'une ou l'autre des autres écluses. Dix hommes assureront les manœuvres qui, jour et nuit, permettront aux bâtiments de mer de pénétrer dans le port.

Les têtes amont des deux ouvrages se trouvent presque dans le même alignement, ce qui en facilite le franchissement par les voies de communication. Les deux écluses débouchent dans des chenaux distincts, orientés vers le Nord, c'est-à-dire vers l'aval de l'Escaut.

Chantier. — Environ 650 ouvriers, répartis en trois équipes ont travaillé jour et nuit à ces travaux considérables. A titre indicatif, on peut noter que la consommation moyenne mensuelle de courant électrique s'éleva à 400 000 kWh.

La manutention des graviers, sables et ciment exigea l'établissement d'un quai de déchargement de 150 m de longueur, desservi par un pont portique de 30 m de portée. Le ciment, fourni en vrac, fut transporté par bateaux, déchargé par pompe Füller et stocké dans deux silos métalliques de 1 500 t de capacité chacun.

(3) Les nombres de navires de mer entrés par mois au Port d'Anvers ont été en moyenne les suivants au cours des dernières années :

Année.	Chargés.	Sur lest.
1950	639	168
1951	711	241
1952	769	211
1953	824	260
1954 (décembre) ..	828	275



FIG. 1. — L'ÉCLUSE MARITIME BAUDOUIN À ANVERS. Photo R. Anthoine.
Vue d'ensemble de l'écluse, prise le 19 mars 1955, après sa mise en eau.
Au premier plan, la porte flottante amont.

