

Fig. 618. Vue générale du barrage de Ramet-Ivoz, en construction.

Le barrage de Ramet-Ivoz

par G. Willems,

Ingénieur des Ponts et Chaussées, chargé de cours à l'Université de Bruxelles.

Introduction

Le Canal ALBERT, œuvre admirable en voie d'achèvement, reliera bientôt la Meuse liégeoise à notre grand port d'Anvers. Cette liaison directe, aménagée pour une navigation aisée des bateaux de 2.000 tonnes, amènera, sans aucun doute, une extension des rapports fluviaux entre le bassin industriel liégeois et la métropole, ayant pour corollaire immédiat une répercussion heureuse sur l'activité économique de notre grand centre métallurgique.

Il n'est, par conséquent, pas étonnant que la Meuse liégeoise, canalisée il y a trois quarts de siècle environ pour des bateaux de faible tonnage, a été considérée, sinon comme un outil vétuste, néanmoins comme peu en harmonie avec le CANAL ALBERT dont elle constitue le prolongement. Aussi, lors de l'élaboration du programme des *Grands Travaux*, fut-il décidé de moderniser ce tronçon de notre beau fleuve, de manière à assurer, non seulement la navigation à 2.000 tonnes, mais aussi un meilleur écoulement des crues,

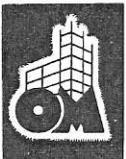
afin d'empêcher, grâce à d'autres travaux complémentaires, le retour d'inondations calamiteuses comme celles de 1925-1926.

L'éclusage représentant une perte de temps appréciable pour les bateaux, on a envisagé dans le nouveau programme l'allongement autant que possible des différents biefs, déterminant conséquemment une augmentation de la chute au droit des barrages.

D'autre part l'amélioration des régimes des crues, soit principalement un abaissement de l'enveloppe des axes hydrauliques de celles-ci, exige l'établissement du seuil des barrages approximativement au niveau du thalweg (contrairement à ce qui existe aux vieux barrages mosans à aiguilles, dont les radiers continuent à faire office de barrages noyés, alors même que la bouche est effacée).

Ces deux considérations ont conduit, pour les barrages, à des retenues assez élevées, qui ne peuvent, dès lors, être réalisées que par des ouvrages de conception moderne.

N° 11 - 1936



494

↓-Ouvrage Métallique, No M,
Nov. 1936, pp 494-502. En mod.

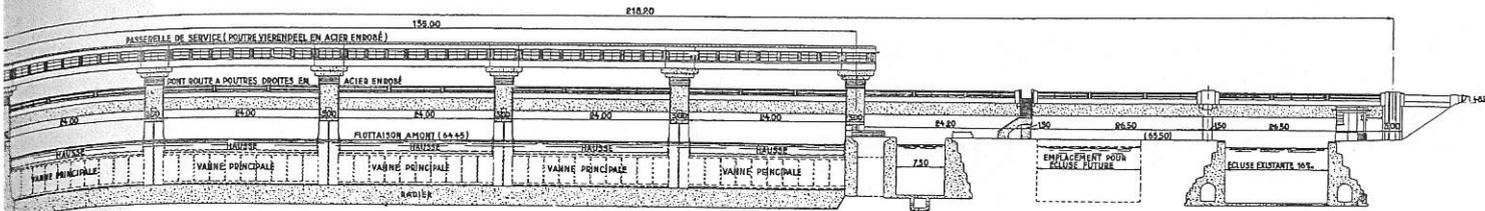


Fig. 619. Élévation amont du barrage de Ramet-Ivoz. Le barrage comprend cinq pertuis de 24 mètres de largeur séparés par des piles de 3 mètres d'épaisseur.

Il fut décidé ainsi de substituer aux vieux barrages système Poirée, situés entre Ben-Ahin et Visé, des barrages mobiles à grandes vannes du type « Wagon ». Le premier barrage, réalisé en 1930 suivant ce programme, fut celui de Monsin, immédiatement en aval de Liège, avec une cote de retenue (60,00) : cote du bief de départ du CANAL ALBERT.

Le barrage de Ramet-Ivoz est le premier ouvrage de retenue en amont de celui de Monsin, déterminant ainsi un bief d'une longueur de 18 km.

Les travaux de Ramet-Ivoz sont actuellement en cours et seront terminés en 1937.

Au barrage sont accolées deux écluses ; la première de 136 m \times 16 m, pour trains de bateaux ou bateaux isolés de fort tonnage, la seconde de 55 m \times 7,50 m pour bateaux automoteurs dont le tonnage pourra atteindre 600 tonnes. D'autre part, l'emplacement est réservé pour l'établissement d'une écluse de 260 m \times 16 m, dimensions adoptées en vue de satisfaire éventuellement à un accroissement encore plus accentué de l'intensité du trafic mosan.

La présente note se limitera uniquement à la description du barrage.

Caractéristiques générales du barrage

L'étude complète de cet ouvrage à été faite par l'auteur de ce mémoire, sous la direction de

M. Van Wetter, actuellement Directeur Général des Voies Hydrauliques.

Les principes, et notamment ceux concernant les vannes proprement dites, furent déjà arrêtés en 1929. Seul le souci de créer une œuvre durable, sortant de la technique routinière, a incité à retarder quelque peu l'adjudication.

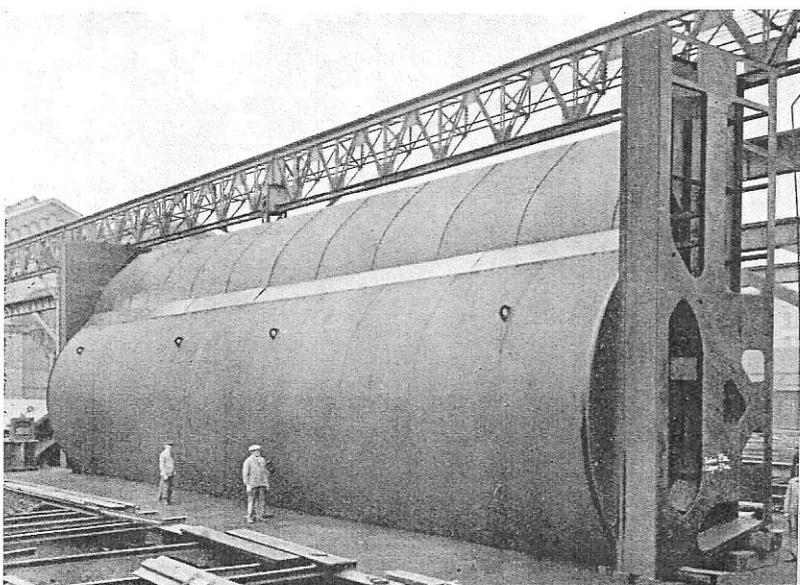
Le barrage comprend cinq pertuis de 24 mètres de largeur, séparés par des piles de 3^m00 d'épaisseur. Chaque pertuis est fermé par une bouchure principale pouvant réaliser la flottaison normale de (64,45) qui peut être portée, si nécessaire, à (64,70). La chute théorique varie ainsi de 4^m45 à 4^m70. Comme le niveau du radier est de (57,35), la hauteur maximum de retenue atteint donc 7^m35.

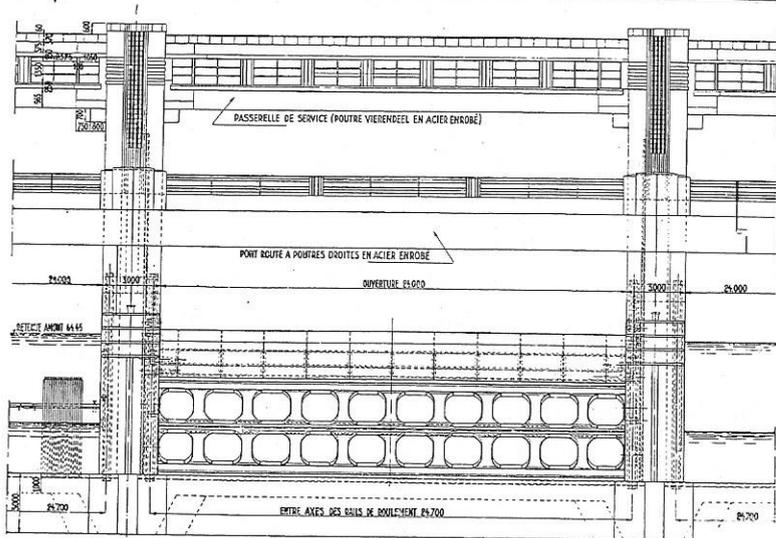
Afin de maintenir la retenue en cas d'avarie ou d'exécution de travaux d'entretien de la bouchure principale, une bouchure de secours est prévue à l'amont.

La flottaison aval étant égale ou supérieure à (60,00), la hauteur d'eau sur le radier est telle qu'il a été nécessaire de prévoir également un batardeau de secours à l'aval de la retenue, afin de permettre la mise à sec du radier général.

Les treuils de manœuvre ainsi que les moteurs électriques avec mécanismes accessoires de la bouchure principale sont situés dans des cabines surélevées reliées de niveau par une passerelle couverte. Sur le toit de celle-ci pourra circuler un

Fig. 620. Montage à blanc à l'atelier de la bouchure principale. On aperçoit bien la vanne inférieure dite vanne principale et la hausse.





portique roulant permettant la manœuvre des éléments de la bouchure de secours amont.

Enfin, sur la partie aval des piles, contribuant à leur stabilité au glissement, prend appui un pont-route de plus de 200 mètres de longueur, reliant les deux rives de la Meuse.

Tous les éléments métalliques du barrage sont réalisés en soudés dans un acier à haute résistance, dont les caractéristiques sont données plus loin.

Bouchure principale

La bouchure principale est constituée par une vanne wagon comprenant une vanne inférieure, dite *vanne principale*, et une vanne supérieure basculante, appelée *hausse*.

L'écoulement des débits ordinaires peut se faire au-dessus de la hausse faisant office de déversoir et dont le rabattement plus ou moins grand permet de maintenir le niveau de flottaison constant. Pour les débits plus grands, une fois les hausses entièrement abaissées, on relève les vannes principales en créant ainsi un écoulement de fond. Pour les grandes crues, on relève entièrement la bouchure principale au-dessus du niveau des hautes eaux. La manœuvre des hausses est prévue entièrement automatique; les fluctuations du niveau d'amont, en dehors des limites admises, déterminent directement les mouvements adéquats de la hausse.

La vanne principale comprend essentiellement un bordage, de courbure circulaire, muni de raidisseurs horizontaux, prenant appui sur une charpente de grande raideur, dont le rôle est de reporter la sollicitation du bordage sur les appuis, en l'occurrence les piles.

Cette charpente est constituée par deux maîtresses poutres système *Vierendeel* à hauteur constante, inclinées à 45° par rapport à l'horizontale, et ayant les membrures aval communes assemblées aux deux extrémités à des poutres sommiers en treillis supportant les galets de roulement de la vanne, l'axe de rotation de la hausse et la roue à chaîne Gall de suspension de la vanne.

Afin de résister aux efforts dus au poids mort et de réaliser une grande robustesse transversale,

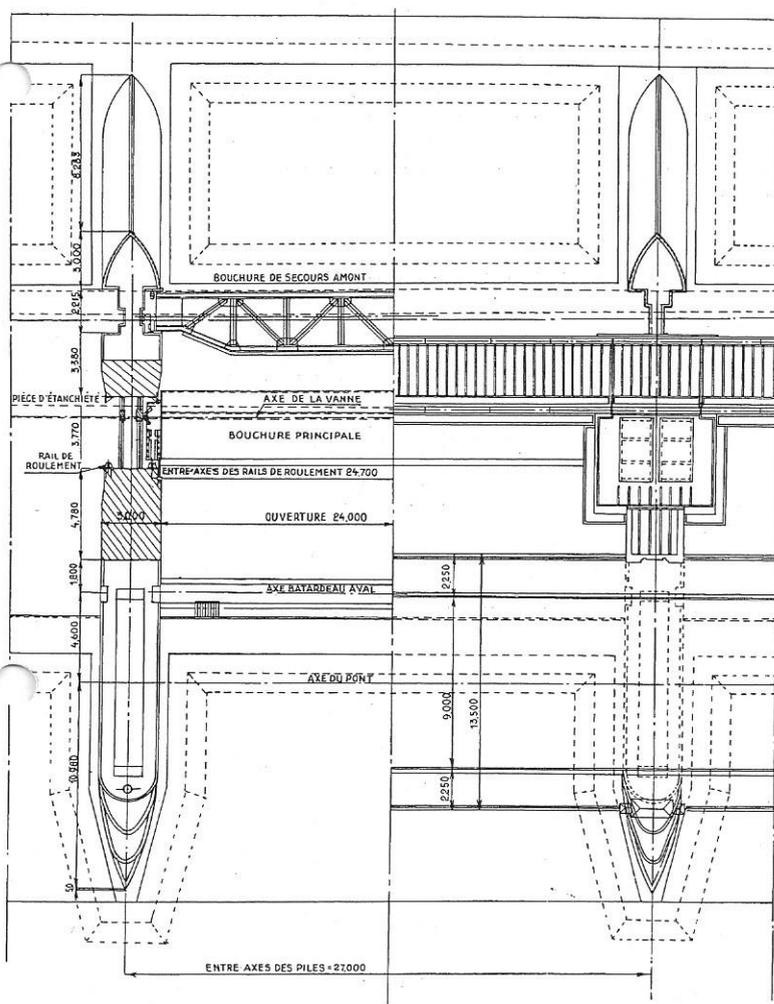


Fig. 621. Elévation aval d'un pertuis. Un pont-route de plus de 200 mètres de largeur prend appui sur la partie aval des piles. La passerelle de service de 135 mètres est entièrement fermée.

Fig. 622. Demi-coupe et demi-vue en plan d'un pertuis.



des raidisseurs importants sont soudés verticalement sur le bordage, au droit de chaque nœud des maîtresses poutres.

La hausse se compose d'un cylindre avec raidisseurs longitudinaux et transversaux intérieurs, et qui constitue par lui-même, du côté amont, le bordage. Grâce à la raideur convenable de la hausse, les axes de rotation comme ceux de suspension se limitent au nombre de 2, soit au droit de chacune des poutres sommiers de la vanne principale.

Les poutres sommiers se meuvent dans des rainures aménagées dans les piles où sont scellés les rails de roulement de la vanne, les rails de guidage qui, grâce à leur profil, limitent les déplacements de la vanne, tant vers l'amont que latéralement (les galets de guidage étant fixés sur les poutres sommiers), et enfin les pièces d'étanchéité.

Les galets de roulement de la vanne, ainsi que les paliers des axes de rotation de la hausse comportent des roulements à rouleaux sphériques ⁽¹⁾ permettant la flexion, due à la sollicitation de l'eau et au poids mort, ainsi que les déformations thermiques de la charpente. Chaque galet de roulement de la vanne reçoit une charge maximum d'environ 170 tonnes (flottaison amont 64,70 et pas d'eau à l'aval) et remplace le système plus compliqué à boggie préconisé pour les ouvrages analogues existants.

L'étanchéité latérale est obtenue par une barre métallique revêtue de caoutchouc, suspendue à la vanne, et appliquée sous la poussée de l'eau contre la vanne et la pièce d'étanchéité citée ci-dessus.

L'étanchéité au radier est réalisée par l'intermédiaire d'une fourrure en bois, fixée directement sur la membrure inférieure de la vanne, et s'appuyant sur un seuil constitué par une poutrelle encastrée dans le radier.

L'étanchéité entre la hausse et la vanne est obtenue grâce à un dispositif de tôles flexibles avec garniture en métal blanc.

Chaque poutre sommier est munie d'un système de graissage central pour l'équipement mécanique des vannes.

L'examen critique des dispositions admises pour la bouchure principale permet de se rendre compte des nombreux avantages qui en découlent.

La courbure du bordage de la vanne principale est entièrement adéquate tant à un bon écoulement de fond qu'au débit de superficie. Quant au bordé de la hausse, son profil transversal a

(1) Roulements S. K. F.

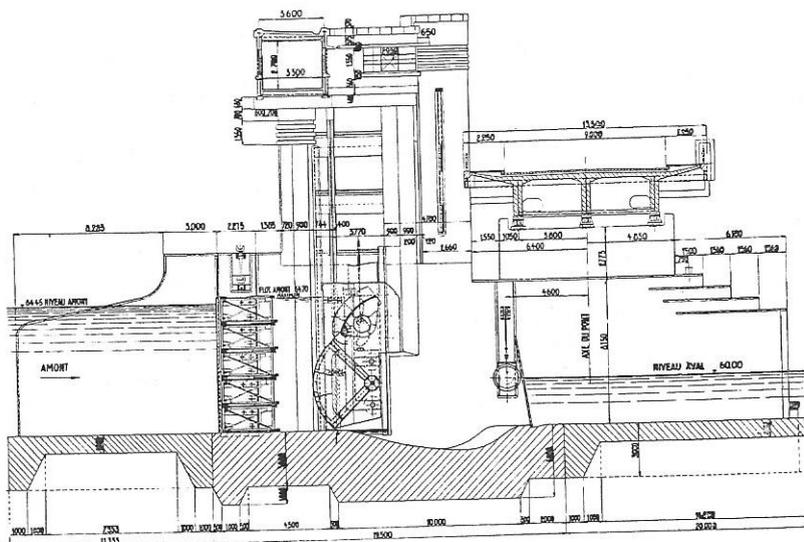


Fig. 623. Coupe axiale d'un pertuis faisant bien apparaître les dispositions des vanne principale, hausse, pont-route, passerelle de service et bouchures de secours.

été déterminé à la suite de nombreux essais sur modèle réduit ⁽¹⁾, de manière à réduire la sollicitation de la hausse en évitant toute vibration de celle-ci.

L'inclinaison de la maîtresse poutre inférieure, écartant du radier le treillis et la membrure aval, soustrait cette partie de la charpente au choc direct de la veine de fond. Celle de la maîtresse poutre supérieure, créant un grand espace libre entre la crête du déversoir et la charpente de la vanne principale, a permis de réaliser une hausse de grande raideur avec deux axes de rotation extrêmes situés dans les poutres sommiers. Cette disposition rend la flexion de la hausse entièrement indépendante des déformations de la vanne, et permet de reporter directement sur les appuis extrêmes la sollicitation de la hausse, sans surcharger en conséquence les maîtresses poutres de la vanne principale. Ceci est contraire à la pratique courante qui prévoit de nombreux axes de rotation intermédiaires, difficilement accessibles, supportés par la vanne principale, la raideur longitudinale des hausses étant généralement assez faible pour distancer trop les appuis.

Enfin, d'ordinaire, la charpente des vannes

(1) Ces essais ont été effectués au Laboratoire d'hydraulique de l'Université de Bruxelles.



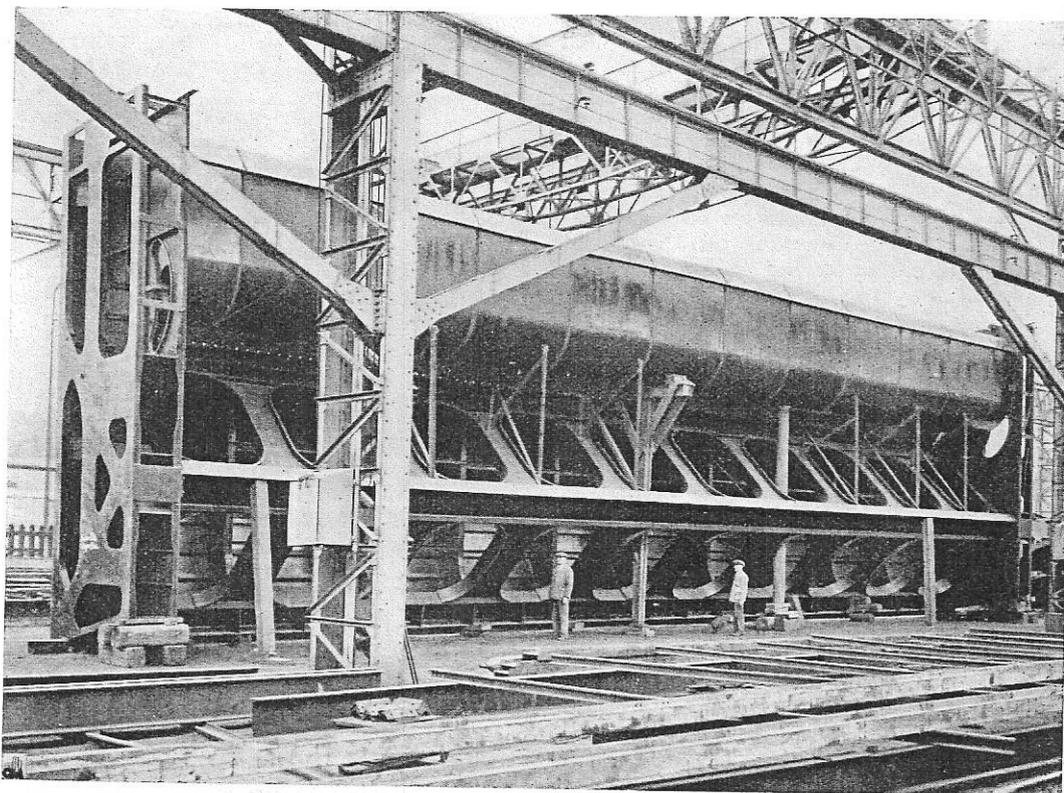


Fig. 624. Vue aval de la bouchure principale, montée à blanc à l'atelier. On distingue nettement la charpente de la vanne principale constituée par deux poutres Vierendeel de hauteur constante et inclinées de 45° sur le plan horizontal.

wagons est constituée par un bordage vertical, deux poutres principales horizontales avec contreventement aval et entretoisements transversaux, soit une ossature de pont métallique à laquelle on aurait fait subir une rotation de 90°.

Ici, le contreventement et l'entretoisement ont pu être supprimés, ce qui a conduit à une charpente en éléments de raideur comparable, qui se soustraient par conséquent mieux aux mouvements vibratoires qui tendent à se produire dans toute vanne mobile.

Bouchure de secours amont

Elle peut être constituée par superposition de cinq éléments de 1^m50 de hauteur. Chaque élément est formé d'un bordage fixé sur deux maîtresses poutres horizontales convenablement entretoisées et contreventées, réunies à leurs extrémités par des caissons, qui servent de sup-

port chacun à deux galets de roulement et trois galets de guidage, se déplaçant sur des rails scellés dans les piles. L'étanchéité des joints horizontaux est obtenue par des fourrures en bois et celle des joints latéraux contre maçonnerie, par un tube. La manœuvre des éléments est prévue par un pont roulant, circulant sur le toit de la passerelle de service, et muni de deux becs distants environ de 24 mètres auxquels sont suspendus deux palonniers. Ceux-ci, convenablement guidés par des galets dans les rainures de la bouchure de secours, peuvent venir déposer les uns sur les autres les éléments, ou les reprendre sous eau.

Dans la situation normale, les éléments, étant au nombre de cinq, sont disposés dans chacun des pertuis, légèrement au-dessus de la flottaison amont, de manière à servir de protection à la bouchure principale au cas où un corps flot-



tant viendrait à la dérive dans les pertuis du barrage.

En période de crue, les éléments, tout en restant chacun au-dessus d'un pertuis, sont relevés à un niveau supérieur à celui des plus hautes eaux. Pour réaliser ces deux positions, un support spécial est prévu dans chacune des rainures des bouchures de secours.

Batardeau de secours aval

Il est constitué d'un rideau d'aiguilles, formées par des tubes étirés, et d'une poutre cylindrique flottable, avec galets de support amovibles, qui peuvent venir s'appuyer contre un rail scellé dans une rainure aménagée dans les piles.

Le cylindre, muni d'une passerelle de manœuvre, lesté suffisamment pour assurer une bonne navigabilité, peut être amené flottant dans le pertuis à obturer et se placer transversalement à celui-ci, étant donné que sa longueur est légèrement inférieure à 24 mètres. L'établissement du batardeau aval ne doit se faire qu'après réalisation de la bouchure de secours amont ; il s'ensuit que la manœuvre du cylindre peut se faire en dehors de tout remous.

Dès que le cylindre se trouve en face des rainures correspondantes, on manœuvre les galets de manière à les engager dans les rainures ; ces galets sont portés par des axes suffisamment

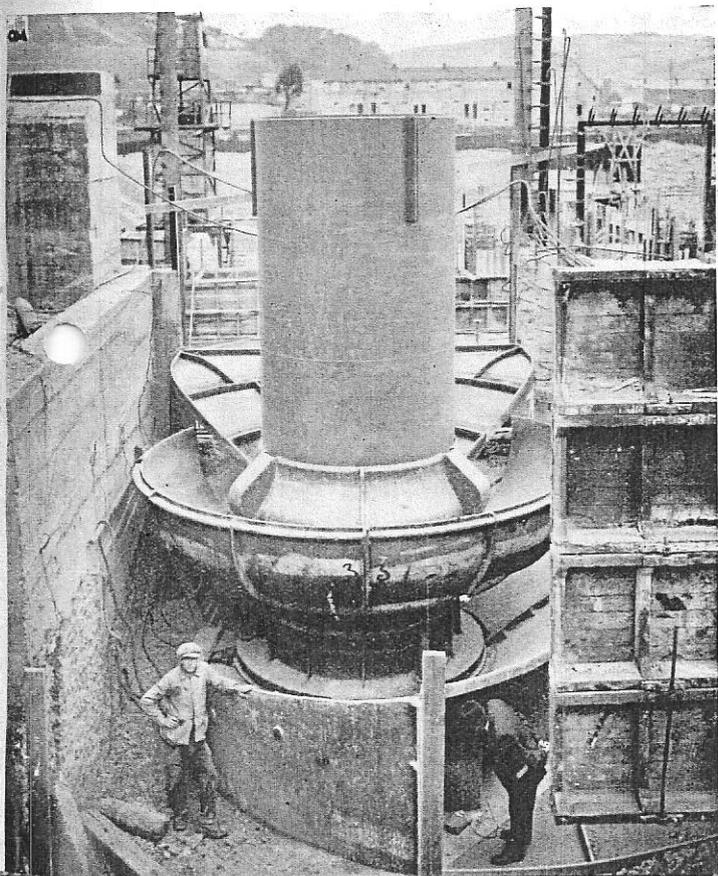
longs afin de réaliser un encastrement convenable. Ensuite, le cylindre est suspendu à chacune de ses extrémités, de manière à empêcher sa chute lors de l'épuisement du batardeau. Comme la flottaison aval peut se modifier par suite d'une variation de débit de la Meuse entre le moment de l'établissement du batardeau et celui de son enlèvement, le système de suspension est conçu de manière à permettre son abaissement ou son relèvement. La fixation de la poutre porteuse étant ainsi effectuée, on peut procéder à la pose jointive des aiguilles qui prennent appui, d'une part, sur un seuil scellé dans le radier et, d'autre part, sur le cylindre.

Passerelle de manœuvre

Cette passerelle doit contenir de nombreux mécanismes et appareillages électriques, ce qui nécessite de larges baies pour assurer un éclairage convenable et permettre également une bonne surveillance des manœuvres par le barra-giste. D'autre part, cette même passerelle sert de support aux rails de roulement du portique de manœuvre des éléments de la bouchure de secours amont, et est sollicitée de ce fait par des charges très élevées.

Du chef de ces considérations et en vue de ne pas nuire à l'ensemble architectural des ouvrages, la passerelle a été constituée par deux maîtresses poutres Vierendeel sans goussets, reliées haut et bas par des entretoises également métalliques. Cette ossature est enrobée dans du béton et complétée par des hourdis en béton armé formant plancher et toiture. L'espace entre les montants des poutres principales est entièrement vitré sur une hauteur de 1^m35. La disposition adoptée présente comme avantage une grande facilité de construction, étant donné que l'ossature métallique peut servir de support aux coffrages. Il ne faut d'ailleurs pas perdre de vue que la passerelle est située à grande hauteur et aurait exigé des échafaudages onéreux, au cas où elle aurait été entièrement conçue en béton armé. L'étanchéité de la toiture est obtenue par une couverture en tôle de cuivre, un revêtement à base de bitume ne pouvant convenir par suite de la présence du pont roulant, amenant nécessairement de l'huile et de la graisse sur la toiture.

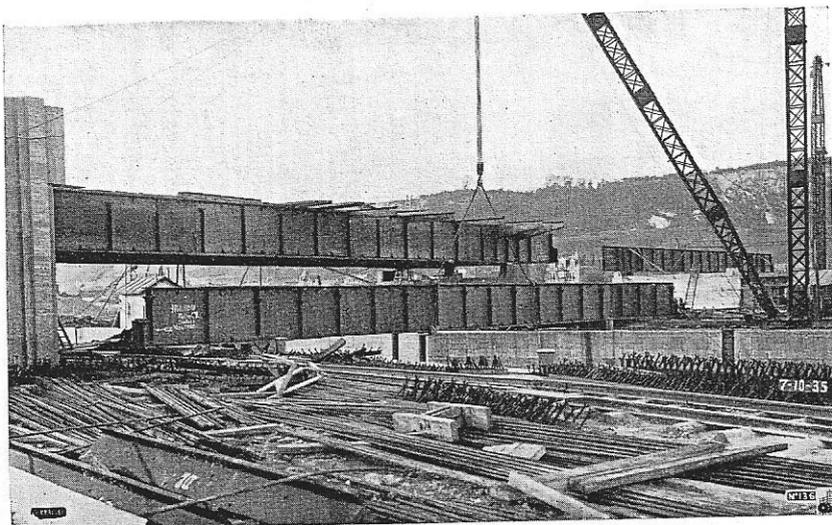
Fig. 625. Vanne cylindrique en acier à haute résistance soudée, à double effet (remplissage et vidange) de la petite écluse.



N° 11 - 1936



Fig. 628. Montage du pont-route à poutres à âme pleine. Ce pont long de 218 mètres environ comporte huit travées.



carbone, de manière à pouvoir relever le taux de travail de l'acier. Afin de résister mieux à l'oxydation, une adjonction de cuivre a été prévue dans l'acier. Voici la composition chimique de l'acier employé :

C	0,12 à 0,22
SI	0,25 à 0,40
MN	1,30 à 1,80
S	≤ 0,04

PH	≤ 0,04
CU	0,25 min.

Les caractéristiques mécaniques sont :
 1° En ce qui concerne la traction :
 Limite d'écoulement : 36 kg/mm² minimum ;
 Résistance à la rupture : 55 kg/mm² minimum ;
 Allongement 20 % mesuré sur longueur entre repères de $L = \sqrt{66,67 S}$;

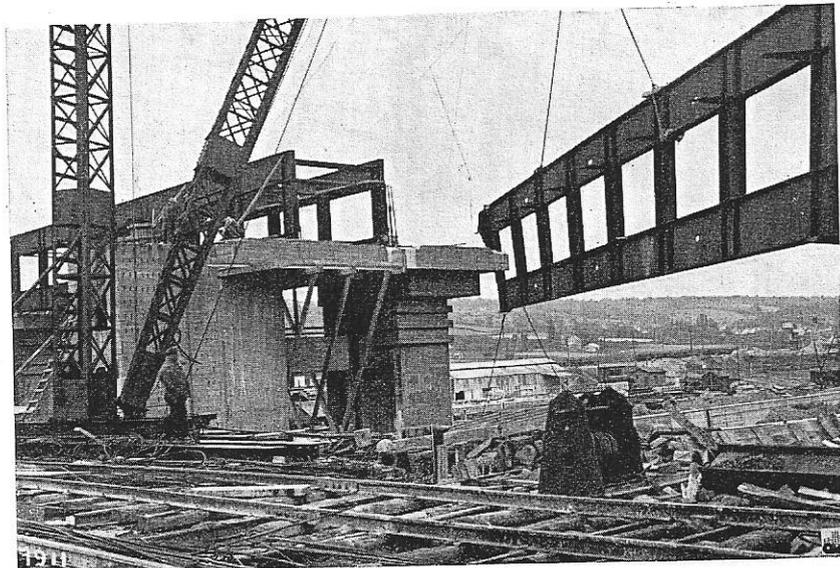


Fig. 629. Montage d'une poutre Vierendeel de la passerelle.



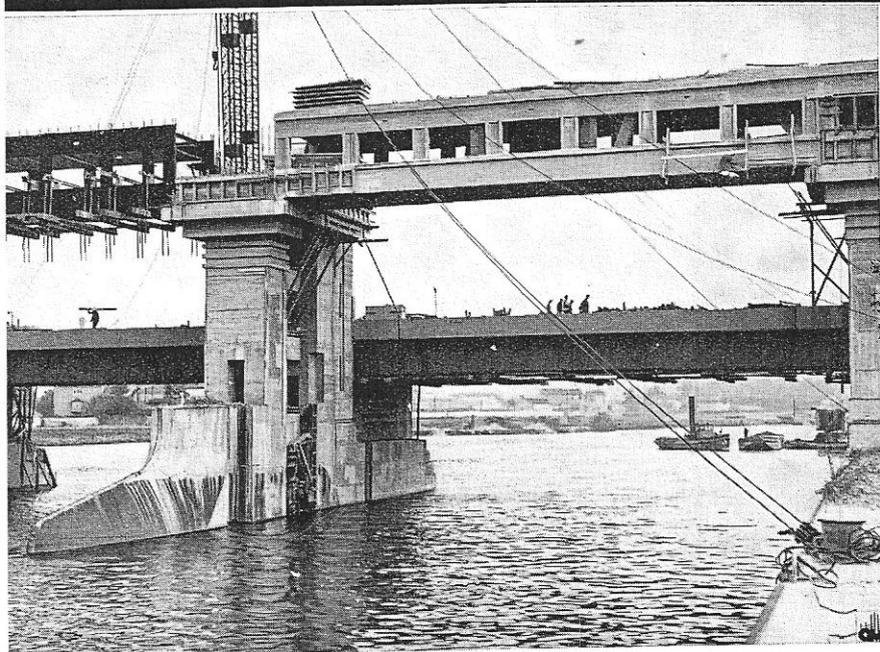


Fig. 630. Vue amont du barrage. On voit le pont-route situé en aval et la construction de la passerelle de service en poutres Viendeel en acier enrobé.

2° En ce qui concerne la résilience :

Résilience mesurée sur éprouvettes Mesnager = 10 kg/cm².

Cette qualité d'acier a permis de prévoir, comme taux de travail 18 kg par mm². D'autre part, aucun coefficient de majoration de la sollicitation n'a été introduit dans les calculs pour tenir compte des efforts dynamiques existant pendant l'écoulement du débit. En effet, le profilage du bordage de la vanne principale ainsi que de la hausse est tel que les pressions réparties sur sa surface et existant sous la poussée hydrostatique de l'eau diminue dès qu'il y a débit de fond ou de superficie.

En ce qui concerne la soudure, les conditions de réception des électrodes ont été très sévères,

de manière à obtenir, au droit des cordons, une sécurité aussi grande que pour l'acier.

Le poids de la bouchure principale se limite ainsi à 110 tonnes, et celui des éléments de la bouchure de secours amont à 20 tonnes, chiffres éloquents si on les compare à ceux d'ouvrages similaires construits jusqu'à ce jour.

Le barrage d'Ivoz-Ramet marque incontestablement un progrès dans le domaine des barrages mobiles, par la conception de ses formes, l'emploi d'un acier spécial à haute résistance, et par ses charpentes entièrement soudées ⁽¹⁾.

G. W.

(1) Signalons que l'entrepreneur général était la S. A. « Cobétons ». Les ouvrages en acier ont été construits par la S. A. John Cockerill. Les électrodes employées furent des Superend 552 Arcos.

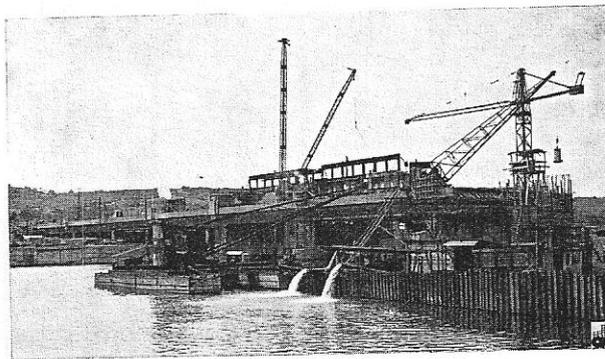


Fig. 631. Vue générale du barrage de Ramet-Ivoz en cours de construction. On remarque à droite le batardeau en palplanches métalliques des pertuis en construction.

