

Fig. 1. — *Vue d'ensemble.*

**D**ES travaux d'endiguement et de canalisation très importants se poursuivent actuellement aux alentours de Liège sur la Meuse, dont le triple but est d'assurer une nouvelle voie navigable à grand trafic, entre les bassins industriels belges de la vallée de la Meuse et la mer du Nord, en même temps que la protection des rives contre les inondations qui ravagent de temps à autre ces régions, et la création d'une voirie pour le trafic rapide dans le bassin industriel liégeois.

Le bassin de la Meuse belge, dont l'activité minière et industrielle est bien connue, ne communique en effet avec son grand port national Anvers que par l'intermédiaire d'un canal à section réduite et dont une partie est située en territoire hollandais. Il en résulte un ralentissement très important des convois, souvent compliqué d'embouteillage aux stations frontières, où les formalités de douane doivent malgré tout s'accomplir. De plus, les écluses de la Meuse liégeoise ne permettent pas de sasser, en une fois, un train de bateaux.

Dans le but de parer à ces graves inconvénients, le Gouvernement belge a élaboré tout un programme de rectification des plans d'eau, démolition d'anciens barrages, dont les seuils en saillie sur le plafond du fleuve constituent des obstacles à l'écoulement des eaux, et enfin la créa-

tion d'un canal, nommé nouveau canal Albert, à grande section, dont l'origine est située quelque peu en aval de Liège pour se diriger vers Anvers en empruntant exclusivement le territoire belge.

On verra sur la figure 3 qu'entre Ben-Ahin et l'aval de l'agglomération liégeoise, il existe sept barrages avec autant de plans d'eau, lesquels vont être remplacés par trois ouvrages nouveaux comportant, les deux premiers des chutes de 4<sup>m</sup>45, et le dernier une chute de 5 m. (Ombret, Ivoz-Ramet et Liège-Monsin).

Deux autres ouvrages, à chutes moindres, compléteront la canalisation de la Meuse plus en aval jusqu'à Visé.

La canalisation nouvelle du fleuve permettra notamment de grouper dans un même bief de 18 kilomètres de développement l'agglomération liégeoise, ainsi que l'important bassin industriel mosan situé en amont de la Ville.

Elle offrira encore pour avantage considérable de permettre un abaissement très important des niveaux des crues dans la région liégeoise par l'approfondissement général du lit du fleuve. Ces travaux combinés avec ceux de la normalisation de la largeur du fleuve, et avec ceux d'endiguement, auront pour résultat d'assurer la protection de l'agglomération liégeoise contre les inondations calamiteuses comme celles du 1<sup>er</sup> janvier 1926 (fig. 3).



Enfin, il sera possible d'aménager les ouvrages de retenue de manière à récupérer l'énergie du fleuve en construisant à chaque barrage une centrale hydro-électrique.

Le premier de ces ouvrages, le Barrage de Liège-Monsin, situé immédiatement en aval de Liège, est déjà terminé et sa description fait l'objet des lignes qui vont suivre.

Ce barrage est un ouvrage très moderne, dans toute l'acception du mot, et ne ressemble en rien aux anciens barrages auxquels il vient se substituer.

Ces derniers, vieux de trois quarts de siècle, sont du type classique à l'époque, et constitués par des aiguilles mobiles supportées par des fermettes métalliques. Ces barrages sont de manœuvre assez difficile et fort dangereuse, à tel point qu'elle donne lieu, presque chaque année,

à des accidents mortels. L'enlèvement des aiguilles ainsi que l'abattage et le relevage des fermettes nécessitent d'ailleurs un personnel nombreux et il est parfois difficile de recruter rapidement le nombre d'ouvriers destinés à renforcer le personnel ordinaire. Outre que la manœuvre de ces aiguilles est longue et délicate, celles-ci ne présentent aux corps flottants qu'une résistance très faible, rendant par là-même fréquente leur immobilisation et entraînant le chômage de la navigation pendant des durées fort préjudiciables au trafic. Ces types de barrages, d'un type vétuste, sont donc appelés à disparaître et à être remplacés par des barrages modernes, du type « Stoney » ou du type « wagon » dont l'emploi nous permet d'éliminer tous les inconvénients que nous venons d'énumérer. Tous les nouveaux barrages sur la Meuse seront constitués par des vannes de ce dernier type.

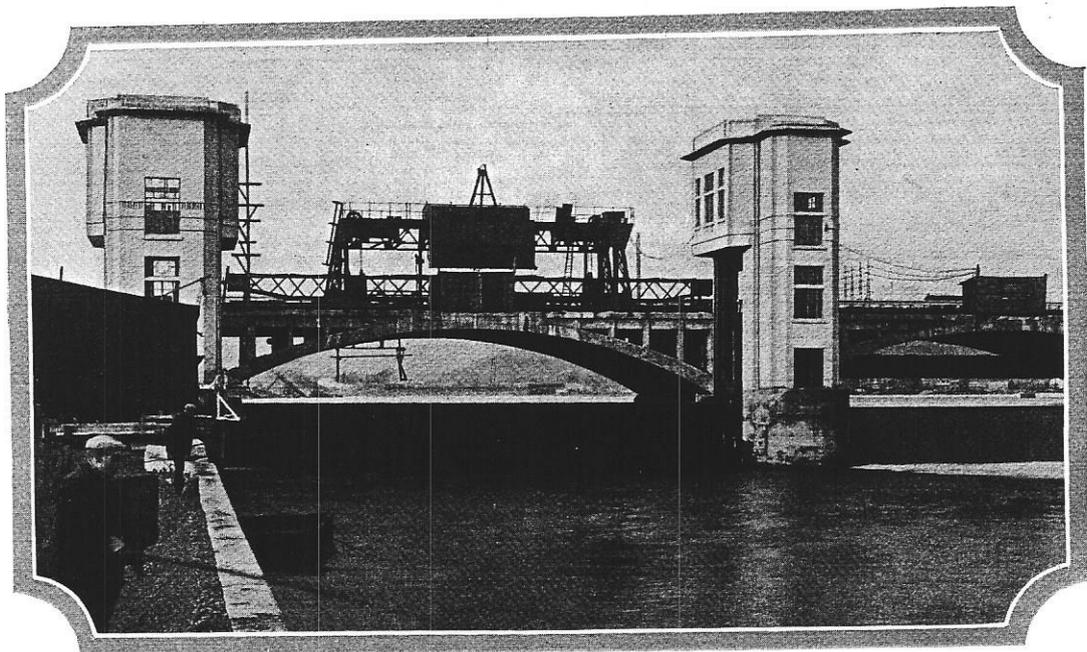


Fig. 2. — Cette vue est un agrandissement d'une partie du cliché reproduit en tête de cet article. Elle représente, vue de l'aval, la première travée continue à la rive droite. Dans cette travée, la vannette est complètement relevée et il n'a pas de nappe déversante. On voit aussi le profil du pont-route et, par-dessus, le pont roulant servant à la manœuvre des éléments de bouchure mobiles. En se reportant à la fig. 5 (coupe en travers du barrage), on verra la bouchure complètement effectuée, et la retenue d'eau en amont laissant à sec la partie contenant la vanne pour permettre l'entretien ou les réparations.

**Description générale du barrage de Liège-Monsin.**

L'adjudication des travaux du barrage de Monsin, sauf le radier construit il y a quelques années, a eu lieu en février 1928 et la mise en service de l'ouvrage a été prévue pour le courant de 1930.

Le barrage comprend six pertuis de 27 m. d'ouverture chacun, séparé par des piles ayant alternativement 4 m. et 5<sup>m</sup>50 de largeur, cette différence s'expliquant par la raison qu'il a été ménagé, dans les piles de plus forte dimension, un couloir de 1<sup>m</sup>60 de largeur, destiné à recevoir une échelle à poissons du type Denil (1). Une troisième échelle à poissons du même genre est, en outre, disposée dans la culée de rive droite.

Chaque pertuis est fermé par une seule grande vanne en acier laminé du type « wagon » de 5<sup>m</sup>35 de hauteur, prenant appui et roulant dans des rainures verticales de 1<sup>m</sup>20 à 1<sup>m</sup>32 de profondeur, ménagées dans la partie aval des piles et des culées.

(1) Les échelles à poissons de M. Denil, Directeur Général honoraire des Ponts et Chaussées, sont composées de cadres en acier laminé munis d'amortisseurs en bronze. Des échelles semblables, en service depuis des années au barrage fixe des Grosses Battes, à Angleur, ont donné toute satisfaction.

A l'amont de ces vannes, les piles et culées servent de support à une passerelle de service et à un pont-route ayant respectivement 2<sup>m</sup>50 et 9 m. de largeur totale.

Ces deux ouvrages sont distants l'un de l'autre de 3 m. et, dans cet intervalle libre, sont ménagées, dans les piles et culées, des rainures moins importantes que les premières et qui sont destinées à recevoir une bouchure de secours, notamment dans l'hypothèse où la vanne principale doit être mise hors service.

Les éléments constituant la bouchure de secours peuvent être transportés et mis en place à l'aide d'un pont-roulant prenant appui sur des rails scellés l'un en bordure de la passerelle de service et l'autre sur un encorbellement que porte le pont-route.

On a donc profité, dans le cas actuel, de la présence du barrage pour établir, sur les piles et culées de celui-ci, un pont-route destiné à relier les deux rives du fleuve. Cette disposition d'ensemble a, pour elle, l'avantage de réduire le coût du pont-route, car les piles devaient de toute façon avoir une longueur suffisante pour résister à la poussée considérable des vannes.

C'est ainsi que les culées et les piles y compris les avant et arrière-becs, ont 29<sup>m</sup>85 de longueur. Elles sont complètement en béton et la partie

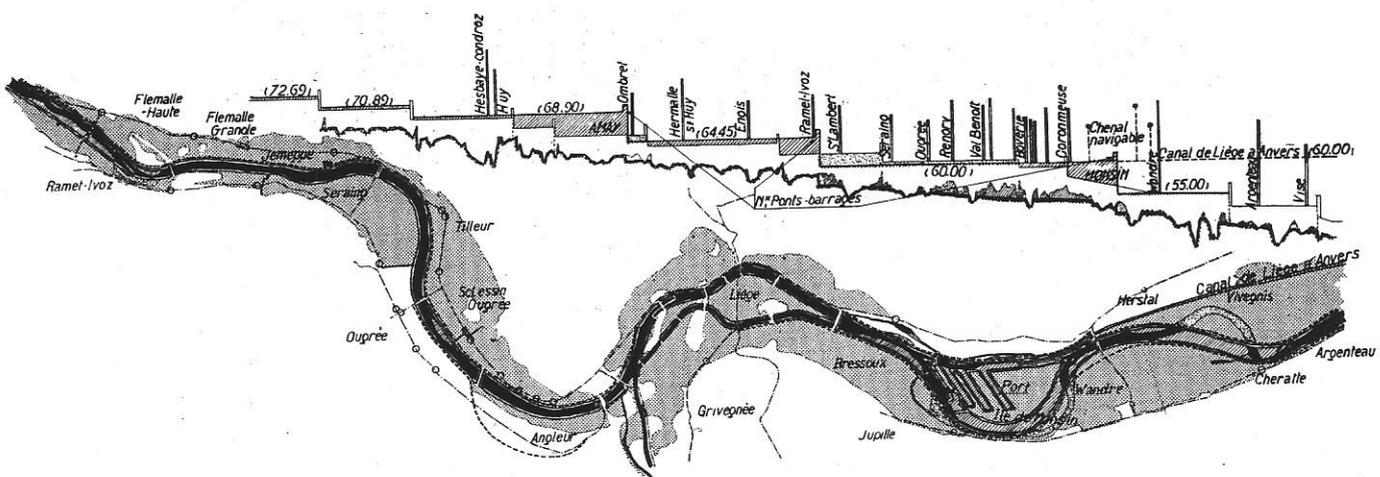


Fig. 3. — Profil en long de la Meuse liégeoise. Le grisé indique la limite des terrains inondés pendant la crue de 1925-26.

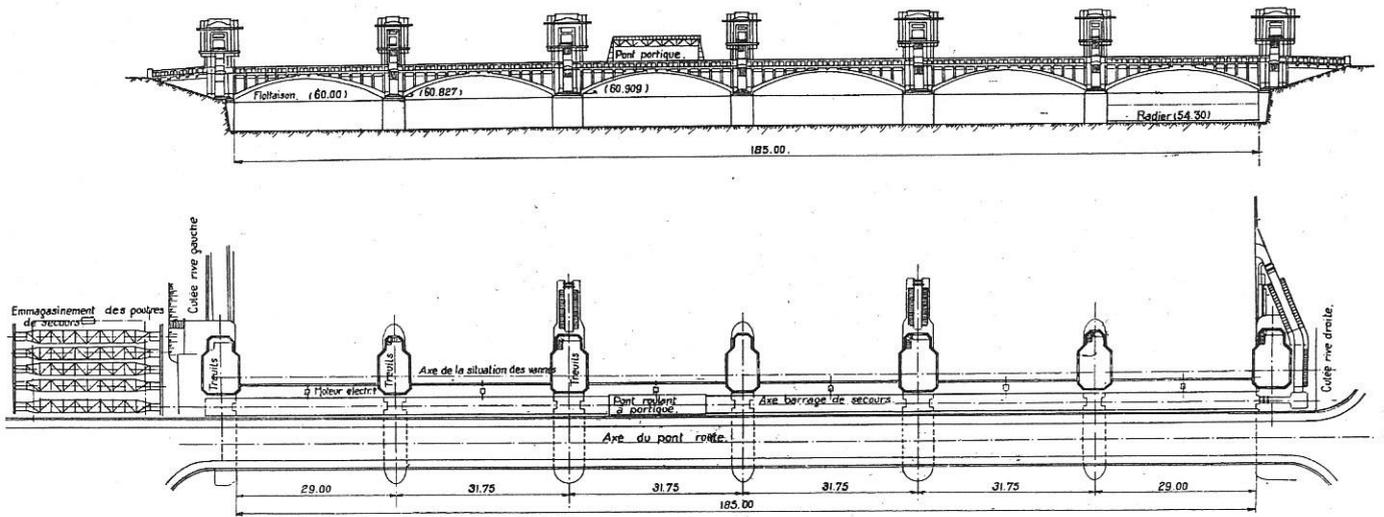


Fig. 4. — Plan et élévation.

d'aval, sollicitée par la poussée de 400 tonnes des vannes, est ancrée à la partie d'amont par une série d'armatures métalliques.

Aucune disposition spéciale importante n'a été adoptée à l'aval des vannes principales pour pouvoir isoler celles-ci, parce que la hauteur d'eau sur le radier est faible, en temps normal. On s'est borné à ménager dans le radier deux rainures longitudinales dans le but de faciliter l'établissement éventuel d'un batardeau ordinaire.

La partie aval des cinq piles et des deux culées est surmontée de constructions s'élevant à 9<sup>m</sup>50 au-dessus du niveau du pont-route et constituant les cabines de manœuvre; elles abritent les treuils de levage des vannes principales et l'appareillage électrique.

La passerelle de service, de 2<sup>m</sup>50 de largeur, sert d'accès aux cabines de manœuvre; elle porte les moteurs électriques qui se trouvent dans l'axe de chaque pertuis, ainsi que les arbres de transmission vers les cabines de manœuvre et les treuils de levage. Elle présente, en outre, un caniveau qui contient les différents câbles électriques pour l'alimentation des moteurs et pour l'éclairage du barrage.

Ajoutons aussi que la hauteur de 5<sup>m</sup>35 des vannes ménage une revanche de 0<sup>m</sup>25 au-dessus de la flottaison normale du bief; cette revanche a

été jugée nécessaire malgré le supplément de prix qu'elle entraîne, pour maintenir, après les crues exceptionnelles, un mouillage suffisant dans la partie amont du bief, en cas d'apports anormaux de gravier et, éventuellement, pour pouvoir accumuler une certaine réserve d'eau pour les besoins de la centrale hydro-électrique qui sera accolée au barrage.

Enfin, la chute normale du barrage sera de 5 m.

Le barrage de Liège-Monsin étant tout à proximité de la Ville, on a cherché à donner à l'ensemble de la construction un aspect qui ne nuise pas à celui de la vallée. Dans certains ouvrages importants construits pendant ces dernières années, on a établi, au niveau des treuils de levage, une galerie couverte s'étendant sur toute la longueur du barrage. Cette galerie, qui abrite tous les appareils de manœuvre, permet la circulation et l'exploitation des ouvrages dans des conditions particulièrement aisées, mais par contre sa présence à un niveau fort élevé s'harmonise parfois difficilement avec la situation locale et conduit souvent à des ouvrages peu satisfaisants au point de vue de l'aspect. Il apparaît, d'autre part, que la solution réalisée à Liège soit, dans son ensemble, plus économique.

### Bouchure principale.

Dans son ensemble, la bouchure principale est constituée par une vanne formée de deux maîtresses poutres horizontales fixées à chacune de leurs extrémités, à un caisson portant les appareils de roulement. La maîtresse poutre supérieure reçoit, de distance en distance, des consoles auxquelles sont fixés les axes de rotation d'une hausse ou vannette mobile occupant toute l'ouverture des passes et pouvant se rabattre sur la partie inférieure de la vanne.

#### 1° VANNE (fig. 6 à 9).

Les maîtresses poutres des vannes sont en treillis, en V de 2<sup>m</sup>20 de hauteur. Leur longueur théorique est de 28<sup>m</sup>60 et leur entredistance de 2 m. Leurs membrures sont constituées de larges-plats et cornières, les montants sont formés de deux U accolés de 220 mm. de hauteur et les diagonales, sauf celles du milieu, sont composées de poutrelles Grey de 220 mm. × 220 mm. renforcées suivant le cas à l'aide de semelles en larges-plats.

La maîtresse poutre inférieure se trouve à 0<sup>m</sup>70 de la pièce d'appui de la vanne sur le radier.

La position des maîtresses poutres a été déterminée de manière à réaliser à peu près la même poussée maxima sur chacune d'elles et leur hauteur a été fixée de façon à obtenir l'effort de levage minimum en tenant compte à la fois du poids mort et du poids de la nappe déversante.

Les maîtresses poutres sont reliées entre elles par 13 cadres verticaux en cornières doubles, formant un entretoisement très robuste. Ces cadres sont prolongés sous la maîtresse poutre inférieure par une tôle raidie par des cornières qui portent un U dans lequel s'engage la pièce équarrie de bois de Jarrah constituant l'appui des vannes sur le radier.

L'appui des vannes est réalisé dans le radier, par une poutrelle Grey, de 220 × 220 mm. ancrée dans la par-

tie supérieure du béton. Cette poutrelle, bien plane, a été constituée en deux pièces soudées sur place au chalumeau de façon à obtenir une bonne étanchéité, tandis que le béton a été muni d'un revêtement d'usure « Betonac » de 30 mm. d'épaisseur totale.

Le bordage, qui a 13 mm. d'épaisseur, est rivé aux maîtresses poutres et sur des U verticaux de 240 mm. de hauteur, espacés de 962,5 mm.

Une aussi forte épaisseur pour le bordage a été jugée nécessaire, de manière à réduire les risques d'avaries sous l'effet des chocs des corps flottants entraînés par le fleuve pendant les périodes de crue et, d'une façon générale, pour assurer la bonne conservation des ouvrages; aucune pièce métallique d'une épaisseur inférieure à 10 mm. n'a été admise dans la construction.

Il convient de signaler également que les diverses pièces des maîtresses poutres et de leurs assemblages ont été étudiées de manière à éviter de former des cuvettes dans lesquelles pourraient séjourner les eaux.

Les maîtresses poutres sont assemblées aux caissons d'extrémités, à âme pleine, avec des cornières et goussets.

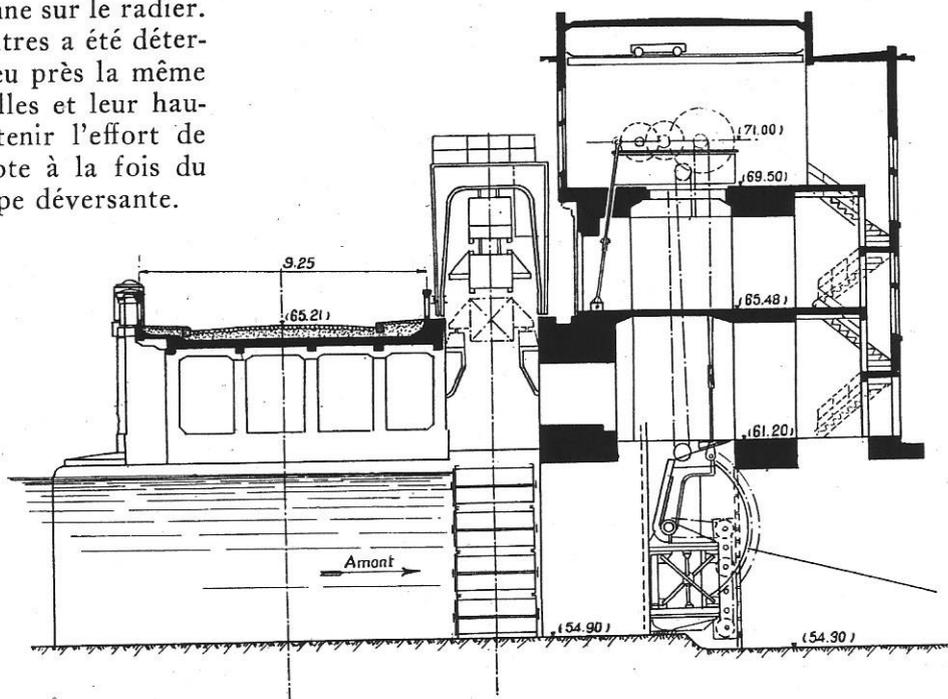


Fig. 5. — Coupe en travers.



Les caissons reçoivent sur leurs faces verticales d'aval les organes de roulement des vannes et, à leur partie supérieure, la roue dentée ou roue Galle sur laquelle passe la chaîne Galle de manœuvre. Leur hauteur, de 6<sup>m</sup>35, dépasse de 1<sup>m</sup>25 le niveau de la flottaison normale lorsque les vannes reposent sur le radier, de sorte que la roue et la chaîne Galle se trouvent constamment au-dessus du niveau des eaux.

Latéralement, les caissons portent, vers le milieu de leur hauteur, un galet-guide qui s'appuie sur un chemin de roulement, en acier coulé, scellé dans le fond des rainures; de même leur face amont reçoit deux autres galets-guides qui prennent appui sur des chemins de roulement, également en acier coulé, scellés dans la paroi latérale des rainures.

L'ensemble de ces galets empêche tout mouvement de balancement de la vanne qui pourrait se produire sous l'action du vent lorsque celui-ci est hors de l'eau.

## 2° VANNETTES MOBILES (fig. 6 et 8).

La vannette mobile a la forme d'une équerre ouverte dont la grande branche est légèrement inclinée sur la verticale lorsque la hausse est complètement levée.

La hauteur théorique de la hausse, c'est-à-dire jusqu'à son axe de rotation, est de 1<sup>m</sup>96 tandis que sa hauteur utile atteint 1<sup>m</sup>66. Celle-ci a été déterminée de façon à pouvoir écouler, lorsque toutes les vannettes sont couchées, mais sans au-

cune manœuvre de soulèvement des vannes, un débit minimum de 400 m<sup>3</sup>, la flottaison normale (60.00) étant maintenue à l'amont du barrage.

Ce débit de 400 m<sup>3</sup> n'est dépassé, par année moyenne, que pendant trois mois environ, de sorte que pendant neuf mois de l'année, le réglage du bief amont se fera uniquement par la manœuvre facile des hausses. Les courants de fond, dangereux pour la bonne conservation du radier, ne se produiront que pendant une partie de l'année seulement et lorsque le niveau des eaux en aval se sera déjà relevé notablement.

De plus, le débit de 400 m<sup>3</sup> est supérieur à celui qui sera utilisé à la centrale hydro-électrique accolée au barrage, de sorte que le réglage de la retenue, suivant les demandes de la centrale, pourra se faire aisément par la seule manœuvre des vannettes, pendant les trois quarts de l'année au moins.

La hausse est constituée, en principe, par une série de consoles espacées de 3<sup>m</sup>85 et formées de U doubles. La face amont reçoit un bordage étanche de 10 mm. d'épaisseur qui épouse à sa partie inférieure, la forme circulaire de l'extrémité de cette console. La partie supérieure de celle-ci sert à constituer la petite branche ou « la table » de la hausse; elle réalise, dans son ensemble avec le bordage de 12 mm. d'épaisseur, des fers U et des semelles, une poutre continue de 1<sup>m</sup>40 de hauteur.

Entre chaque console, le bordage de la hausse est soutenu par trois cours de raidisseurs formés de cornières et espacés de 962,5 mm.

La partie supérieure de la table est garnie, de distance en distance, de pièces de bois et de rails transversaux ayant pour but de la protéger contre le choc des corps flottants. Cette disposition offre aussi l'avantage de supprimer ou du moins de réduire les ondulations transversales de la nappe déversante, lesquelles ondulations peuvent produire des vibrations continues de la vanne.

En outre, la hauteur de 1<sup>m</sup>40 de la table est telle que

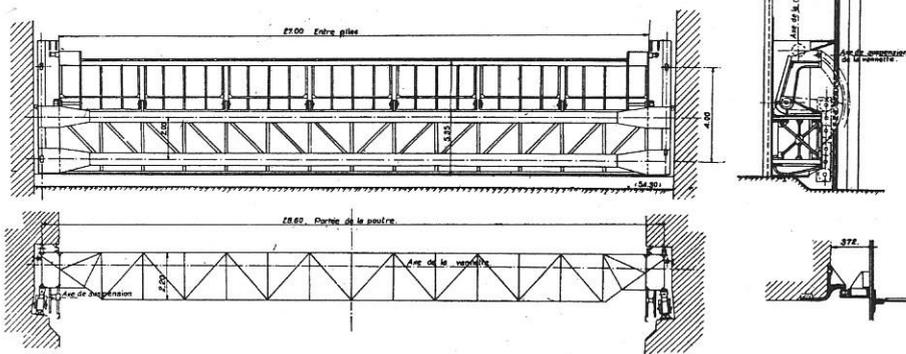


Fig. 6. — Vanne principale et disposition des maîtresses poutres. A droite, coupe de la vanne.

la nappe déversante est rejetée au delà des maîtresses poutres de manière à éviter toute détérioration aux pièces de la charpente inférieure sous l'effet de la veine liquide et des corps flottants.

Aux extrémités, la hausse comprend deux fortes consoles, espacées de 0<sup>m</sup>90 dépassant le niveau de la table de 430 mm.; ces consoles portent, en saillie, le tourillon de 220 mm. de diamètre auquel se fixe la tringle métallique qui termine la chaîne Galle de manœuvre.

Les couples de consoles d'extrémité, ainsi que chaque console intermédiaire reçoivent à leur partie inférieure les pièces constituant les articulations de la hausse. Les pivots des articulations extrêmes sont fixés à la vannette; ils s'engagent et tournent dans des tourteaux en acier coulé, boulonnés aux caissons d'about des vannes. Les pivots des articulations intermédiaires s'engagent à leurs extrémités dans des pièces spéciales fixées à la vannette et formant coulisses de manière à faciliter la rotation de celle-ci malgré l'effet de flèches différentes de la vanne et de la vannette. Les pivots tournent dans des tourteaux, en acier coulé, boulonnés aux consoles que porte la poutre supérieure de la vanne (fig. 8).

Tous les axes de rotation de la vannette sont en acier inoxydable et les tourteaux dans lesquels ils tournent portent des buselures en bronze. En outre, les boulons de fixation des diverses pièces sont parkerisés de manière à les protéger contre la rouille et à permettre leur démontage facile en vue de l'entretien ou des réparations éventuelles.

### 3° BOGIES ET ARTICULATIONS.

Les caissons d'about des vannes portent, du côté aval, les appareils de roulement qui sont constitués à chaque extrémité, par deux bogies articulés comprenant, chacun, deux galets de 0<sup>m</sup>60 de diamètre, en fonte Griffin. Chaque vanne porte donc 8 galets de roulement.

Ces galets de 380 mm. de largeur et à doubles bourrelets prennent appui sur des rails en acier coulé, encastrés dans le béton des rainures et dont la largeur du bourrelet atteint 0<sup>m</sup>30.

Les bogies et leurs pièces de fixation aux vannes ont été étudiés de telle façon que les galets portent parfaitement sur les rails de roulement quelles que soient les déformations des vannes, soit lorsque celles-ci fléchissent sous la

poussée de l'eau, soit sans poussée lorsqu'elles sont hors de l'eau, soit enfin sous l'effet des variations thermiques. Dans ce but, les bogies qui sont constitués par des caissons en acier laminé portent, outre les axes de rotation des deux galets de roulement, un pivot ou rotule sphérique supporté par un palier à couvercle, en acier coulé, avec coussinets en bronze. Trois des paliers d'une même vanne sont fixés à une pièce en acier coulé que porte cette vanne par l'intermédiaire d'une articulation verticale.

Le quatrième palier, qui réalise un appui fixe, est boulonné directement à la vanne.

Les rotules sphériques des bogies, les axes des galets de roulement ainsi que les articulations verticales des supports sont en acier inoxydable. Ces pièces présentent, en outre, des cannelures permettant de réaliser le graissage des surfaces en contact, grâce à un dispositif spécial de tuyaux permettant d'injecter la graisse sous pression dans ces différentes cannelures.

Enfin, tous les boulons de fixation des différentes pièces des bogies sont parkerisés.

Il convient de noter encore que, contrairement aux dispositions qui ont été admises jusqu'à présent dans les barrages à grandes vannes, la face d'aval de la rainure qui reçoit le chemin de roulement des bogies n'est pas perpendiculaire au parement des piles, mais inclinée d'un dixième par rapport à la normale à celui-ci. Les rails d'appui des galets ainsi que les bogies présentent la même inclinaison.

Cette disposition procure notamment les avan-

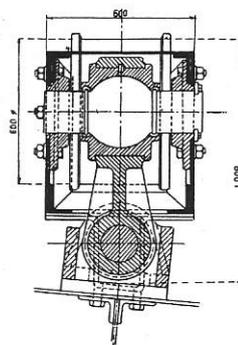


Fig. 7. — *Bogie et articulation des vannes.*

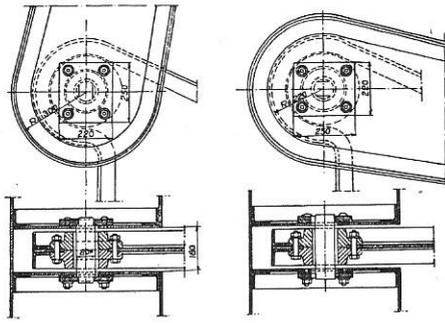


Fig. 8. — Articulation des vannettes. A gauche, levée. - A droite, couchée.

tages d'augmenter la distance entre le chemin de roulement et l'arête voisine de la rainure et d'augmenter la stabilité de la vanne sous l'effet des poussées obliques provoquées par les vagues. Elle produit, en outre, dans les membrures d'aval des vannes des efforts de compression qui diminuent les efforts d'extension résultant de la pression des eaux.

Enfin, notons, encore, que toutes les arêtes du béton des rainures des vannes principales et des vannes de secours, exposées aux chocs des corps flottants ont été protégées par des cornières spéciales en acier coulé ou laminé.

#### 4° ETANCHÉITÉ.

L'étanchéité dans le sens longitudinal, entre la vanne et la vannette, est assurée par une tôle flexible de 6 mm. d'épaisseur sur laquelle est fixée une pièce de bois découpée suivant la forme cylindrique de la partie inférieure de la vannette (fig. 9).

Latéralement, entre la vannette et le caisson, elle est obtenue également avec une tôle flexible. Celle-ci est fixée à la hausse par une série de boulons pressant chacun sur une rondelle Belleville; cette tôle flexible se déplace sur la paroi du caisson et sur un bouclier qui prolonge celui-ci et qui empêche l'eau de se déverser latéralement dans les rainures des piles et culées.

Pour terminer la description de la bouchure principale, nous signalerons que l'acier laminé employé pour la construction des divers organes des vannes a une limite d'élasticité d'au moins

24 kgs par mm<sup>2</sup> et une résistance à la rupture de 42 à 50 kgs avec allongement de 20 à 24 %.

Les aciers pour rivets offrent une résistance à la rupture de 38 kgs par mm<sup>2</sup> au moins avec un allongement de 28 %.

Dans les calculs de stabilité, il a été admis un taux de travail limite de 9 kgs par mm<sup>2</sup> en supposant le niveau des eaux à l'amont des vannes à la cote (60.25) et aucune contre-pression à l'aval.

L'acier moulé pour les pièces ordinaires des rainures présente une limite élastique de 24 kgs par mm<sup>2</sup> au moins et une résistance à la rupture de 45 à 50 kgs avec un allongement minimum de 18 %.

L'acier moulé pour les rails de roulement des vannes donne une résistance à la rupture de 65 kgs/mm<sup>2</sup> avec allongement de 16 %.

Les pièces inoxydables (1) pour les articulations des bogies et des vannettes sont constituées par de l'acier renfermant 12 à 14 % de chrome; la limite élastique est d'au moins 45 kgs par mm<sup>2</sup>; la résistance à la rupture supérieure à 70 kgs et l'allongement d'au moins 12 %.

En vue de vérifier l'inoxidabilité des pièces, un barreau tourné et poli de 10 mm. de diamètre et 100 mm. de longueur, relié par un fil de cuivre à un autre barreau en bronze, a été plongé dans

(1) Pièces fournies par les Usines de Sheffield et de St. Chamond.

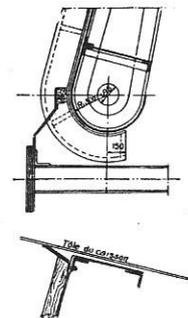
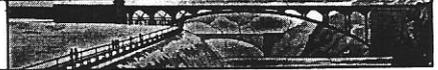


Fig. 9. — Joint d'étanchéité entre la vanne et la vannette et au-dessous, joint d'étanchéité entre la vannette et le caisson d'about.



de l'eau salée à 5° Baumé, à la température ordinaire. Après 50 heures d'immersion, aucune trace d'oxydation n'a été constatée. Il en a été de même pour un barreau plongé, pendant 20 heures, dans de l'acide nitrique.

Enfin, la fonte Griffin offre une résistance à la rupture par traction d'au moins 18 kgs par mm<sup>2</sup> et une résistance à la rupture par flexion d'au moins 33 kgs/mm<sup>2</sup>. La dureté Brinell est voisine de 3.

Le poids des vannes proprement dites avec leurs caissons d'about atteint 110 tonnes environ; celui des vannettes est 35 tonnes et celui des bogies avec leurs articulations et leurs galets de roulement s'élève à 15 tonnes, de sorte que le poids d'une vanne complètement équipée atteint 160 tonnes.

### **Manœuvre des vannes principales.**

La manœuvre des vannes se fait électriquement. Un moteur asynchrone de 27 C. V. à 560 tours par minute, placé sur la passerelle de service dans l'axe de chaque pertuis, attaque un réducteur de vitesse à engrenages droits qui transmet son mouvement, par l'intermédiaire d'arbres de transmission et de roues coniques, aux treuils de levage placés à l'étage supérieur des cabines de manœuvre (fig. 4 et 5).

Les treuils, au nombre de deux pour chaque vanne, se composent d'une roue à dents ou roue Galle de suspension des vannes et de trois harnais d'engrenages droits.

Un frein d'irréversibilité à lamelles est intercalé dans les treuils de levage, sur l'arbre du premier engrenage conique, tandis qu'un frein électro-magnétique, disposé près du moteur, bloque les treuils dès que le courant est coupé à celui-ci. En outre, un frein électro-magnétique secondaire a été placé sur l'arbre du frein à lamelles de chacun des treuils. Le frein à lamelle n'agissant que pour la descente de la vanne et non pour la descente de la vannette qui s'effectue avec un sens de rotation inverse, les freins secondaires ont pour but principal de parer, lors de la descente de la vannette, à toute défaillance du frein électro-magnétique placé près du moteur ou de permettre de réparer ce frein sans devoir abaisser la vannette. Au surplus, ils procurent une sécu-

rité supplémentaire pour la manœuvre des vannes.

Les chaînes Galle de manœuvre de la vanne et de la vannette n'en forment qu'une seule. L'une de ses extrémités est fixée à la cabine de manœuvre, par l'intermédiaire d'un dispositif à ressort, combiné avec un interrupteur, qui coupe le courant au moteur lorsque la vanne repose sur le radier ou sur un obstacle ou par suite d'un arrêt accidentel. Cet interrupteur est combiné lui-même avec un interrupteur de sécurité qui ne permet la manœuvre de la vannette que si la vanne est abaissée.

De son point d'attache supérieur, la chaîne Galle descend verticalement pour passer sur la roue dentée fixée à la partie supérieure du caisson d'about des vannes, puis remonte vers la roue Galle du treuil de levage pour redescendre ensuite vers le tourillon que présente la console extrême de la vannette. L'attache à ce tourillon se fait toutefois par l'intermédiaire d'une tringle métallique à tendeur de 4 m. de longueur, dans le but d'éviter que la chaîne Galle ne plonge dans l'eau lorsque la hausse est couchée.

Lorsque la vanne repose sur le radier et que la hausse est levée, la chaîne présente entre la roue Galle de la vanne et celle du treuil de levage du mou en quantité telle que la hausse puisse venir reposer sur la vanne sans agir sur l'autre brin de la chaîne (fig. 10). Lorsque la hausse est abattue, la chaîne est complètement tendue et si le treuil continue à tourner dans le même sens, il agit sur la vanne et celle-ci se soulève, la chaîne prenant du mou au delà de la roue Galle du treuil de levage.

Pour descendre la vanne et lever la hausse, on effectue la manœuvre inverse.

Les mous que présente la chaîne Galle, dans un sens ou dans l'autre, sont emmagasinés sur des consoles disposées de telle façon que lorsque la vanne est soulevée, les chaînes ne plongent pas dans l'eau.

Il résulte de ce qui précède que la manœuvre de la vanne ne peut se faire que lorsque la hausse est abattue; cette disposition, qui a l'avantage de permettre la simplification du mécanisme, correspond à la manœuvre logique des éléments de la bouchure : abaissement de la hausse sans levage de la vanne dans la manœuvre d'ouverture du barrage, ou bien descente de la vanne et



puis levée de la vannette dans l'hypothèse du rétablissement de la fermeture des pertuis.

Les controllers sont placés dans les cabines de manœuvre de 4 m., de sorte qu'il est possible de manœuvrer, sans déplacement de l'agent préposé aux manœuvres, les deux vannes contiguës.

Les treuils de manœuvre de ces cabines sont combinés avec un dispositif d'indicateur de profondeur qui montre toutes les positions de la vanne et de la hausse. Cet indicateur de niveau est lui-même pourvu de curseurs qui actionnent trois interrupteurs de fin de course : fin de levée de la vanne et de la vannette et fin d'abaissement de la vannette. Ce dernier interrupteur est combiné avec un interrupteur de sécurité qui ne permet la manœuvre de la vanne que si la vannette est abaissée.

En temps normal, c'est-à-dire lorsque les eaux sont à la cote (60.00) en amont des vannes, l'effort de levage comprenant le poids propre de la vanne et celui de hausse, les résistances au roulement ainsi que le poids de la nappe réversante atteint 240 tonnes.

Le mécanisme a été néanmoins calculé, avec les taux normaux de travail, en supposant que la manœuvre s'effectue avec un niveau d'amont dépassant de 0<sup>m</sup>75 la flottaison normale. Dans ce cas, l'effort de levage atteint 280 tonnes environ. Il se répartit sur chacun des deux brins des deux chaînes Galle.

La manœuvre de la vannette se fait, au contraire, par un seul brin de chaque chaîne et l'effort maximum atteint 35 tonnes.

Pour réduire la puissance du moteur, la vitesse de levée des vannes a été choisie aussi réduite que possible, eu égard toutefois à la rapidité d'accroissement du débit du fleuve. Elle est de 0<sup>m</sup>10 à la minute et elle donne dans le cas actuel et pour la manœuvre même d'une seule vanne, toute la sécurité voulue pour les plus grands accroissements du débit constatés sur la Meuse.

La hauteur totale de levée d'une vanne étant de 7<sup>m</sup>10, la durée de la manœuvre s'effectuera en 71 minutes; la durée de manœuvre d'une vannette n'atteindra par contre que 15 minutes.

Le rendement calculé du mécanisme est de 30 % et le rapport de démultiplication de 1 à 3924.

La hauteur de levée des vannes a été fixée de

telle façon que le dessous de celles-ci se trouve, lorsqu'elles sont levées complètement, à 1<sup>m</sup>50 environ, au-dessus du niveau des plus fortes crues de la Meuse. Aucune passe navigable n'a été ménagée dans le barrage pour la raison que le niveau des eaux ne pourra pas descendre sous la cote (60.00) de la flottaison normale et que l'effacement complet du barrage ne se fera que pour les très fortes crues seulement. A ces moments, la navigation sera déjà interrompue à cause de la vitesse trop grande des eaux ou à cause du manque de tirant d'air sous certains ponts.

Ajoutons enfin que les pignons des treuils de levage sont en acier forgé et que les roues sont en acier moulé, à denture taillée en plein métal. Tous les arbres sont en acier Siemens Martin et les paliers en fonte avec coussinets en bronze graissés par Stauffer.

L'acier moulé des roues dentées offre une résistance à la rupture de 55 à 60 kgs par mm<sup>2</sup>, avec allongement minimum de 13 %. L'acier martelé des arbres et l'acier forgé pour pignons présentent des résistances à la rupture de 60 à 70 kgs par mm<sup>2</sup> avec un allongement d'au moins 13 %.

Quant aux chaînes Galle, elles sont constituées par de l'acier à haute résistance. La résistance à la rupture de celui des maillons est de 70 à 80 kgs/mm<sup>2</sup>. La limite élastique de l'acier des pivots est de 60 kgs/mm<sup>2</sup> avec une résistance à la rupture de 80 à 85 kgs/mm<sup>2</sup>. L'allongement de ces deux aciers est au minimum de 12 %.

Une telle qualité de métal a été jugée nécessaire pour réduire les dimensions des organes tout en donnant à ceux-ci une très grande sécurité, en raison du danger que présenterait la rupture d'une chaîne Galle. C'est ainsi que si, contrairement à la pratique courante, on admettait qu'un seul pivot de la chaîne Galle est en prise avec la roue dentée, le taux de travail du métal, dans le cas le plus défavorable, n'atteindrait pas la limite élastique.

### **Bouchure de secours.**

Pour parer à tout accident à l'une des vannes principales et pouvoir exécuter les travaux d'entretien ou de réparations, à celles-ci, sans devoir abaisser le niveau de la retenue, chaque pertuis peut être fermé par des vannes de secours descendant dans les rainures de 1,565 × 0<sup>m</sup>70 ménagées

dans les piles et culées, entre le pont-route et la passerelle de service.

En raison de l'importance que présente le bief de Liège, tant pour ses besoins que pour ceux du long bief du canal de Liège à Anvers, et qui sera également à la même flottaison (60.00), les dispositions ont été prises pour pouvoir obturer deux pertuis en même temps.

La bouchure de secours est constituée, pour un pertuis, par 4 éléments formés chacun de poutres de 1<sup>m</sup>40 de hauteur se superposant dans les rainures de manière à réaliser la fermeture du pertuis, jusqu'à la cote (60,50). Cette revanche de 0<sup>m</sup>50 sur le niveau de la flottaison normale a été jugée nécessaire pour tenir compte des fluctuations possibles du niveau des eaux dans le bief et pour éviter, en cas de réparation à l'abri de batardeaux, que des vagues franchissent la crête de la retenue (fig. 11).

Dans leur ensemble, les éléments de la bouchure de secours sont constitués par une poutre en treillis, en V, ayant la forme d'un double té horizontal, avec bordage de 10 mm. du côté amont. Chaque élément mesure 27<sup>m</sup>50 de longueur et 2<sup>m</sup>50 de largeur suivant le fil de l'eau; toutefois, l'écartement des brides est réduit à 1<sup>m</sup>35 aux abouts de la poutre (fig. 11).

Chaque extrémité est munie de cinq galets en fonte Griffin; deux galets principaux de roulement, de 0,60 m. de diamètre qui transmettent vers l'aval les efforts aux maçonneries, deux galets de guidage vers l'amont et un galet de guidage latéral.

Ces divers galets roulent sur des rails correspondants en acier coulé, scellés verticalement dans la rainure.

L'étanchéité entre les divers éléments de la bouchure et entre le radier et le premier élément inférieur est obtenue par des fourrures en bois de Jarrah que portent les poutres à leurs parties inférieure et supérieure. Chaque poutre porte ainsi 4 fourrures en bois, dont deux s'appuient sur le radier ou sur la poutre inférieure, tandis que les 2 autres reçoivent les fourrures correspondantes de la poutre supérieure.

Latéralement, l'étanchéité est assurée par deux tubes métalliques étirés, suspendus verticalement à l'amont des poutres et coincés, sous l'effet de la pression de l'eau dans l'angle formé par le bor-

dage des poutres et le parement de chaque pile.

Les diverses poutres peuvent être placées les unes à côté des autres dans un dépôt situé près de la culée de rive gauche. A cet effet, elles prennent appui par leurs galets inférieurs sur deux rails transversaux perpendiculaires au chemin de roulement du pont-roulant dont il sera question ci-après et deux chaînes Galle, avec taquets d'accrochage, actionnées par un treuil à main assurant le mouvement de translation des poutres (fig. 4).

Mais, en temps normal, six poutres peuvent rester à demeure, une dans chaque pertuis, entre le pont-route et la passerelle de service, en prenant appui sur quatre consoles fixes, en acier laminé, encastrées deux dans les montants du pont-route et les deux autres dans les montants de la passerelle de service. Ces poutres sont cachées à la vue par le garde-corps du pont-route, de sorte que cette disposition ne nuit en rien à l'aspect architectural des ouvrages (fig. 5).

De plus, pour éviter que des corps flottants, en cas de crue, par exemple, ne viennent détériorer les vannes principales, chacun des 6 éléments ci-dessus pourra éventuellement être descendu dans le pertuis correspondant et suspendu à des chaînes accrochées aux consoles, de telle façon que sa

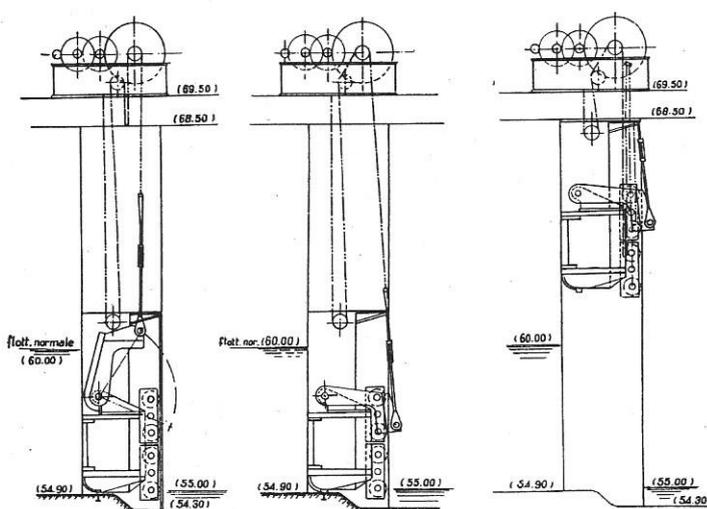


Fig. 10. — Treuil de levage des vannes. A gauche, vanne abaissée. Au milieu, vannette abaissée. A droite, vanne levée.



partie inférieure se trouve à la cote (60.00) niveau de la flottaison normale.

Cette disposition a pour avantage d'exposer aux chocs et aux avaries éventuelles des pièces moins coûteuses que les vannes principales et de réparations plus faciles que celles-ci.

L'acier laminé des vannes de secours répond aux mêmes conditions mécaniques que l'acier laminé des vannes principales. Dans les calculs de stabilité, il a été admis un taux de travail de  $12 \text{ kgs/mm}^2$ , la flottaison amont étant à la cote (60.25) et l'assèchement étant supposé réalisé en aval.

Le poids de chaque élément de la bouchure de secours complètement équipé, atteint 36,5 T.

### **Manœuvre de la bouchure de secours.**

La mise en place et le transport des vannes de secours sont assurés par un pont-roulant électrique à portique avec palonnier-guide et dispositif d'accrochage automatique.

La charpente métallique du pont-roulant se compose de deux jambages, espacés de 16 m., en tôles pleines raidies par un bordé en cornières. Les jambages, qui portent des roues en fonte dure « Griffin » à double bourrelets, sont réunis par deux poutres longitudinales inférieures en treillis en V et par deux poutres supérieures de même forme. Ces deux poutres supérieures reçoivent le tablier qui supporte le mécanisme de manœuvre.

Le pont-roulant se déplace sur deux rails « Brunel » de 50 kgs par mètre courant, distants l'un de l'autre de 3<sup>m</sup>50. Ces rails sont fixés l'un en bordure du pont-route et l'autre en bordure de la passerelle de service; ils sont prolongés au delà de la culée de rive gauche d'une trentaine de mètres, de manière à pouvoir amener les poutres en face de leur lieu de dépôt sur la berge (fig. 4 et 14).

Le mouvement de levage est actionné par un moteur électrique de 18 CV. à 570 tours/minute, muni d'un frein électro-magnétique et commandant, par l'intermédiaire d'un accouplement élastique et d'un frein automatique à lamelles, un réducteur à vis sans fin.

Le réducteur actionne, par l'intermédiaire de deux trains d'engrenages droits, les couronnes dentées de deux tambours rainurés, de 730 mm. de diamètre. Les tambours tournent en sens in-

verse et enroulent, sans redoublement, les câbles de suspension, en acier galvanisé, d'une poutre-guide ou palonnier.

Les câbles, en quittant les tambours, passent sur des poulies de renvoi, en acier moulé, munies de buselures en bronze; ils sont mouflés chacun à 4 brins au moyen de poulies, identiques aux précédentes, montées sur le palonnier à 6<sup>m</sup>78 de l'axe médian de celui-ci.

Le palonnier est constitué par un treillis métallique en V, de 1<sup>m</sup>30 de hauteur et de 1<sup>m</sup>38 de largeur suivant le fil de l'eau. Sa longueur est la même que celle des vannes de secours, de sorte que ses extrémités peuvent s'engager dans les rainures ménagées dans les culées et piles. Les extrémités du palonnier sont munies chacune de 4 galets de guidage, qui prennent appuis sur les rails scellés dans les rainures.

Le but de cette disposition est d'assurer de façon certaine l'accrochage d'une vanne sous eau.

Les axes des poulies du palonnier portent deux paires de crochets qui servent à saisir les vannes de secours par des œillets correspondant ménagés dans celles-ci.

L'accrochage s'effectue automatiquement, les crochets pouvant pivoter autour de leur axe, mais étant ramenés en place sous l'action d'un contrepoids agissant sur des leviers que portent les crochets.

Inversement, lorsque la vanne est mise en place, le décrochage s'opère à l'aide d'une commande par câble qui soulève le contrepoids et provoque le déplacement des leviers qui, à leur tour, réalisent l'écartement des crochets.

Le câble destiné à cette manœuvre s'enroule sur un tambour spécial engrené avec le treuil de levage, de telle sorte qu'il permet d'effectuer l'opération de décrochage quelle que soit la position en hauteur du palonnier.

Enfin, un crochet, dont la charge est limitée à 6 T., est fixé au milieu de la portée du palonnier en vue du transport éventuel des pièces diverses du barrage.

Le mouvement de translation du pont-roulant est assuré par un moteur de 27 CV. à 560 tours par minute. Il est transmis à deux galets moteurs, par deux trains d'engrenages droits et deux trains coniques. Le mécanisme est, en outre, complété par un frein à bande actionné par pédale.

Enfin, il a été prévu, pour le cas de réparations aux galets et pour le calage du pont-roulant au repos, un vérin voisin de chaque galet, capable de soulever le pont-roulant en prenant appui sur le rail.

L'alimentation des moteurs du pont-roulant se fait à l'aide d'un trolley à 3 fils qui sont suspendus à des consoles fixées aux cabines de manœuvres.

La longueur totale du pont-roulant est de 17<sup>m</sup>20, sa hauteur au-dessus de rail, de 5 m. et sa largeur de 4 m.

La vitesse de translation est de 41 m. à la minute et la vitesse de levée des vannes de 0<sup>m</sup>70 à la minute. Ces vitesses ont été déterminées de telle façon qu'il soit possible d'obturer un pertuis complet du barrage en un temps maximum de 4 heures.

Le poids total du pont-roulant est de 35 T., y compris le palonnier de 7,8 tonnes et le dispositif d'accrochage de 2 T. La charge à lever comprenant ces deux organes et la vanne atteint 50 T. environ avec les résistances passives.

La charpente métallique du pont-roulant et celle du palonnier sont en acier doux laminé de même qualité que celle de l'acier laminé indiqué ci-avant pour les vannes et le taux de travail des diverses pièces a été limité à 9 kgs/mm<sup>2</sup>.

Quant aux pignons et aux roues dentées du mécanisme, ils sont respectivement en acier forgé et acier moulé; leurs dentures sont taillées à la machine en plein métal.

### Manœuvre de secours.

Pour parer à toute panne d'électricité dans le réseau qui est appelé à fournir l'énergie au barrage, une petite centrale de secours est établie dans un bâtiment annexé à la culée de rive gauche.

Cette centrale de secours est composée d'un moteur semi-Diesel « Moes » de 56 CV. à 375 tours par minute, actionnant un alternateur.

La puissance de ce groupe a été fixée de façon à suffire soit à la manœuvre d'une seule vanne et

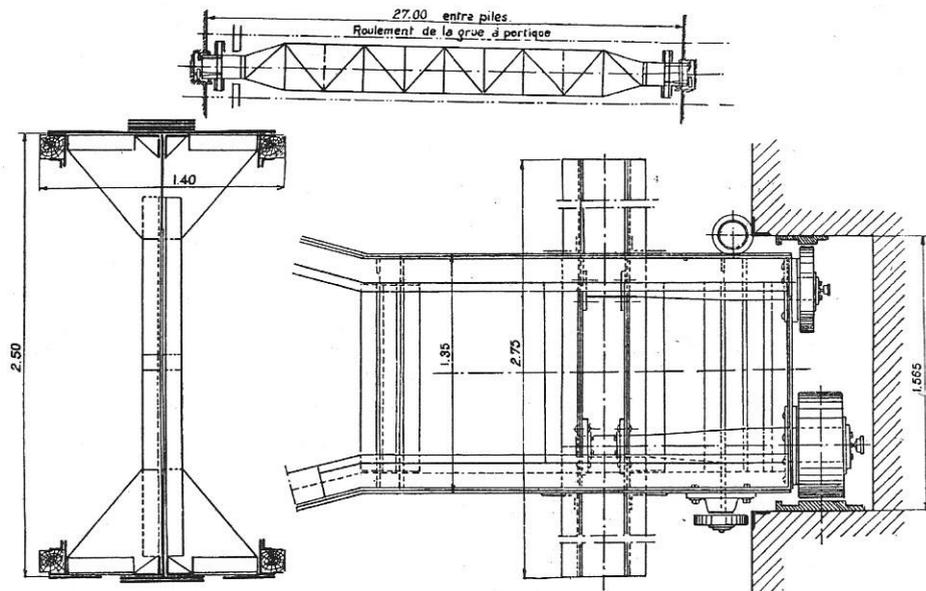


Fig. 11. — Plan schématique et détail des vannes de secours.

à l'éclairage du barrage, soit à la commande du pont-roulant de manœuvre de la bouchure de secours, ainsi qu'à l'éclairage du barrage et du pont-roulant.

Enfin, pour parer à tout accident dans l'installation du barrage même, chaque circuit d'alimentation des moteurs est double et le circuit d'éclairage, qui est distinct de ceux de force motrice, peut être remplacé par l'un de ceux-ci.

### Pont-route et passerelle de service.

Le pont-route et la passerelle de service sont tous deux en béton armé. Les parements du pont, des passerelles et des cabines ne comportent aucun enduit; les surfaces sont simplement bouchardées en imitation pierre. Chaque arche est constituée par une voûte armée, encastree, de 0<sup>m</sup>55 d'épaisseur à la clef et de 0<sup>m</sup>90 aux naissances; le surbaissement est d'environ 1/7. La fibre moyenne se confond très sensiblement avec la ligne funiculaire des poids morts et les intrados de toutes les voûtes sont identiques.

Nous croyons utile de donner quelques détails sur le procédé d'exécution des voûtes.

Celles-ci ont, en effet, été construites à l'aide de cintres métalliques franchissant chaque passe, sans appui intermédiaire. Ce procédé d'exécution

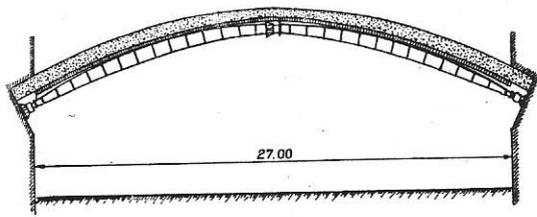


Fig. 12. — Elevation des cintres métalliques.

avait pour avantage sur tout autre de laisser chaque poutre complètement libre pour l'écoulement des eaux et d'éviter tout risque de dérangement dans les coffrages sous l'effet des chocs des corps flottants qui se seraient produits sur des supports intermédiaires (fig. 12).

Deux voûtes du pont-route et deux voûtes de la passerelle de service ont été décintrees en même temps de façon à reporter les poussées sur les culées et les piles de plus forte largeur.

Pour la construction de chaque voûte du pont-route, il a été utilisé 4 cintres métalliques et pour la construction des voûtes et la passerelle de service, deux cintres. Le nombre de cintres métalliques nécessaires à la construction des ouvrages a donc été de 12 et chacun d'eux a été utilisé trois fois.

Les cintres étaient constitués en principe par des arcs à hauteur variable en acier laminé. Les arcs, en forme de caissons de 260 mm. de largeur avaient 475 mm. de hauteur aux naissances, 450 mm. à la clef et une hauteur maximum de 900 mm. Ils étaient distancés de 2<sup>m</sup>85 pour le pont-route et de 1<sup>m</sup>85 pour la passerelle de service. Des entretoises en cornières boulonnées à des goussets fixés aux arcs et facilement démontables, réunissaient les divers arcs d'une même voûte. Les arcs supportaient directement des madriers verticaux jointifs formant coffrage.

L'appui des arcs a été réalisé aux naissances par des sabots, en acier coulé, fixés dans des échancrures provisoires ménagées dans les piles et culées. Ces sabots recevaient, à leur tour, une pièce d'acier moulé, réglable à l'aide de coins et supportant sur sa face cylindrique l'about de l'arc de même forme (fig. 13).

La liaison entre deux demi-arcs a été obtenue par une pièce spéciale en acier moulé formant boîte à sable (fig. 13).

La boîte à sable était constituée par un cylindre de 400 mm. de diamètre intérieur dans lequel s'engageait un piston formé d'une paroi cylindrique, en acier coulé, remplie de béton. L'extrémité du piston a été munie d'une garniture en acier embouti de 5 mm. d'épaisseur dans le but d'empêcher le sable, dont était rempli le cylindre, de s'introduire entre la paroi de celui-ci et le piston.

Le cylindre et le piston étaient solidaires chacun d'un plateau prenant appui sur les extrémités des arcs et fixé à ceux-ci par une couple d'écrous.

Les plateaux d'une même boîte étaient réunis entre eux par des tendeurs à vis. Enfin, le cylindre présentait 4 ouvertures fermées par des vis de 1" 1/2 et munies d'un bouchon en bronze de 5 mm. de diamètre fermant l'orifice par où devait s'échapper le sable lors du décintrement.

La mise en charge des boîtes s'est faite de la façon suivante : on a commencé par remplir le cylindre de sable bien sec, puis à l'aide d'une presse, on a comprimé ce sable à une pression notablement supérieure à celle correspondant à la poussée maximum que devaient supporter les arcs; les tendeurs ont été serrés de manière à maintenir l'écartement des plateaux et les boîtes ont ensuite été fixées aux arcs.

Lors du décintrement, il a suffi d'enlever un ou plusieurs bouchons du cylindre et le sable s'est échappé lentement.

Le décintrement s'effectue par ce procédé sans heurt et rapidement. Il présente l'avantage sur les autres procédés qui consistent à placer des boîtes à sable aux naissances, d'opérer l'abaisse-

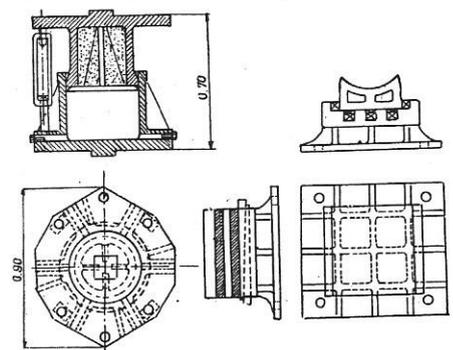


Fig. 13. — Boîte à sable et appareil d'appui des arcs.

ment des cintres par la clef et non par les naissances, qui doivent constituer des points fixes. Ce procédé évite ainsi tout risque d'accident.

**Prix de revient.**

Le coût d'un ouvrage semblable à celui de Liège-Monsin peut être évalué, en tenant compte du marché actuel des matériaux et de la main-d'œuvre, à 25 millions de francs se répartissant en chiffres ronds, comme suit <sup>(1)</sup> :

Terrassements et maçonneries (radier et élévation) . . .	frs	15.900.000
Vannes principales . . . . .	»	5.200.000
Mécanisme des vannes principales et équipement électrique. . . . .	»	2.300.000
Bouchure de secours, manœuvre et équipement électrique . . . . .	»	1.400.000
Groupe de secours et accessoires. . . . .	»	200.000
<b>Total.</b>	<b>frs</b>	<b>25.000.000</b>

Il en résulte que la dépense des terrassements et maçonneries — qui dépendent en grande partie de la situation locale — atteint près des 2/3 de la dépense totale, le pont-route pouvant intervenir dans celle-ci pour 10 à 12 %.

La partie métallique et électrique intervient pour un peu plus d'un tiers du montant des travaux.

(1) Les travaux de maçonneries ont été exécutés par la firme Hottat de Bruxelles. La partie métallique et électrique a été réalisée par la Société Anonyme John Cockerill à Seraing.

Le mètre linéaire de barrage revient à 154.320 frs environ, tandis que le mètre carré de retenue monte à 28.840 frs environ.

Le tableau ci-après donne approximativement la répartition de la dépense totale par mètre linéaire de barrage et par mètre carré de retenue.

Nature des ouvrages	Dépenses en francs		
	par mètre linéaire	par m <sup>2</sup> de retenue	%
Terrassements et maçonneries	98.150	18.350	63,6
Vannes principales . . . . .	32.100	6.000	20,8
Mécanisme et équipement élastique.	14.200	2.650	9,2
Brochure de secours, manœuvre et équipement électrique	8.640	1.610	5,6
Groupe de secours et accessoires	1.230	238	0,8
<b>Totaux</b>	<b>154.320</b>	<b>28.840</b>	<b>100</b>

**Conclusions.**

Le type général du barrage de Monsin s'inspire des progrès réalisés dans divers ouvrages récents, construits en Tchécoslovaquie et en Allemagne. Il comporte toutefois certains perfectionnements ou dispositifs spéciaux, à savoir :

1° *Disposition d'ensemble du barrage.* — La disposition avec passerelle de service et pont-route en amont de la bouchure principale a permis de réaliser une bouchure de secours, de manœuvre particulièrement aisée.

En outre, l'ensemble est d'un aspect des plus satisfaisants, ne nuisant en rien à l'esthétique de la vallée de la Meuse.

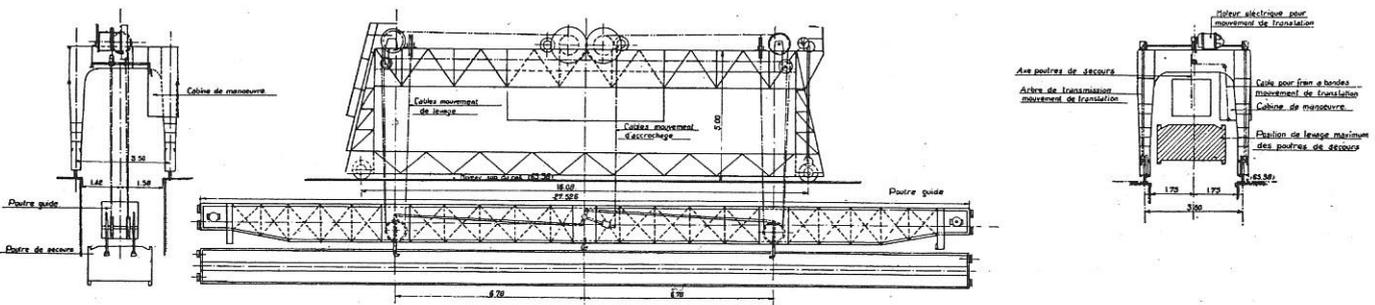


Fig. 14. — Grue portique pour vannes de secours. Profil, élévation et coupe.



2° *Bogies*. — Les bogies qui supportent les galets de roulement des vannes comportent, tous quatre, une articulation sphérique et trois des paliers de fixation à la vanne contiennent une articulation verticale.

Cette disposition permet aux galets de porter parfaitement sur les rails de roulement, quelles que soient les déformations des vannes, et de parer aux différences d'allongement des chaînes de suspension.

3° *Rainures*. — La face d'aval des rainures qui reçoivent les chemins de roulement, ainsi que les chemins de roulement des bogies, sont inclinés, vers l'aval, d'un dixième par rapport à la normale au parement des piles.

Cette disposition augmente la distance entre le chemin de roulement et l'arête voisine de la rainure, ainsi que la stabilité de la vanne sous l'effet des poussées obliques provoquées par les vagues. Elle produit, en outre, dans les membrures d'aval des vannes des efforts de compression qui diminuent les efforts d'extension résultant de la pression de l'eau.

4° *Articulation des hausses*. — Les pivots des articulations s'engagent à leurs extrémités dans des pièces spéciales fixées à la hausse et formant coulisse, ce qui facilite la rotation de la hausse malgré l'effet des flèches différentes de la vanne et de la hausse.

5° *Poutres de secours*. — Les diverses poutres de secours peuvent être mises en dépôt sur la rive gauche du barrage. A cet effet, elles prennent appui par leurs galets inférieurs sur deux rails transversaux et deux chaînes Galle, avec taquets d'accrochage actionnés par un treuil à main assurant le mouvement de translation des poutres.

En temps normal, six poutres peuvent rester à demeure, une dans chaque pertuis, entre le pont-route et la passerelle de service en prenant appui sur quatre consoles fixes encastrées, deux dans les montants du pont-route et les deux autres dans les montants de la passerelle de service. La fixité des consoles a pu être réalisée en désaxant les appuis scellés aux poutres de façon que ceux-ci évitent les consoles pendant la levée ou la descente.

Enfin, pour éviter les détériorations des vannes principales par les corps flottants, les poutres de secours peuvent être descendues jusqu'à la flottaison en les suspendant à des chaînes accrochées aux consoles.

Le type de barrage de Liège-Monsin, comme la plupart des barrages à grands éléments d'ailleurs, permet de satisfaire à de nombreux desiderata :

a) Il est de manœuvre facile, rapide et sûre, quel que soit le niveau des crues;

b) Le réglage du niveau de la retenue est aisé;

c) Il permet l'évacuation facile des corps flottants et des glaçons;

d) Il ne nécessite qu'un personnel peu nombreux; un seul agent pourrait suffire et aucun effort excessif ne doit être exercé par lui;

e) Aucun organe mobile de la retenue ne reste à demeure sous le niveau des eaux;

f) Aucune baisse d'eau n'est nécessaire pour effectuer les réparations;

g) L'étanchéité peut être réalisée aisément, ce qui permet l'utilisation du débit quasi complet pour la production d'énergie électrique.

Par contre, il offre l'inconvénient d'écouler les eaux par nappe de fond, mais cet inconvénient est fortement atténué par la présence des vannettes qui s'effacent en premier lieu.

Ce remarquable ouvrage, dont l'étude et la réalisation font le plus grand honneur au corps des Ponts et Chaussées de Liège, notamment de M. Van Wetter, Ingénieur en chef et de M. Lekenne, Ingénieur principal, constitue en définitive un spécimen très réussi du barrage moderne.

Les renseignements contenus dans le corps de cet article sont adaptés d'une note publiée par M. J. Lekenne, Ingénieur principal des Ponts et Chaussées, à Liège, pour le Congrès International de la Construction Métallique, qui s'est tenu dans cette dernière ville au cours de l'année dernière et d'une notice concernant le programme d'aménagement de la Meuse liégeoise, notice distribuée au Stand du Génie Civil à l'Exposition de Liège.

L. G.