

Le nouveau pont de Longdoz sur la dérivation de la Meuse à Liège

par A. Joachim,

Ingénieur des Constructions Civiles A. I. Lg.,
Ingénieur au Service de la Voirie de la Ville de Liège

Le projet

Le nouveau pont de Longdoz, établi sur la Dérivation de la Meuse, remplace l'ancien ouvrage construit en 1886.

L'ancien pont comportait deux travées s'appuyant sur une pile centrale et sur deux culées d'about. Sa portée était de 60 mètres; il livrait passage à une chaussée de 7 mètres et à deux trottoirs de 2^m50 (fig. 678).

La charpente métallique de ce pont était en très mauvais état. Déjà en 1931, la Ville de Liège avait dû faire procéder à un remplacement complet du platelage. D'autre part, l'Etat, après la désastreuse inondation de 1926, avait envisagé et réalisé progressivement l'amélioration et la rectification du lit de la Dérivation et la reconstruction des murs des quais du Barbou, de la Dérivation, de l'Ourthe, de la Boverie, Henvart, d'Amerceur, de Longdoz et Orban.

En vue d'éviter tout obstacle à l'écoulement des eaux lors des crues, l'Administration des Ponts et Chaussées désirait voir supprimer la pile des ponts de Longdoz et de Huy, lors de l'exécution des travaux susindiqués.

Dans ces conditions, le projet du nouvel ouvrage devait répondre aux prescriptions suivantes :

- 1^o Franchir les 60 mètres séparant les murs d'eau d'une seule volée;
- 2^o Maintenir un tirant d'air permettant la navigation (4^m30 de tirant d'air sur une passe centrale de 15 mètres);
- 3^o Maintenir dans les conditions actuelles les accès aux immeubles très proches de l'ouvrage;
- 4^o Une dernière condition était également imposée, dans un but esthétique, pour mettre en valeur le quartier de Longdoz : elle consistait à réaliser un pont avec des pou-

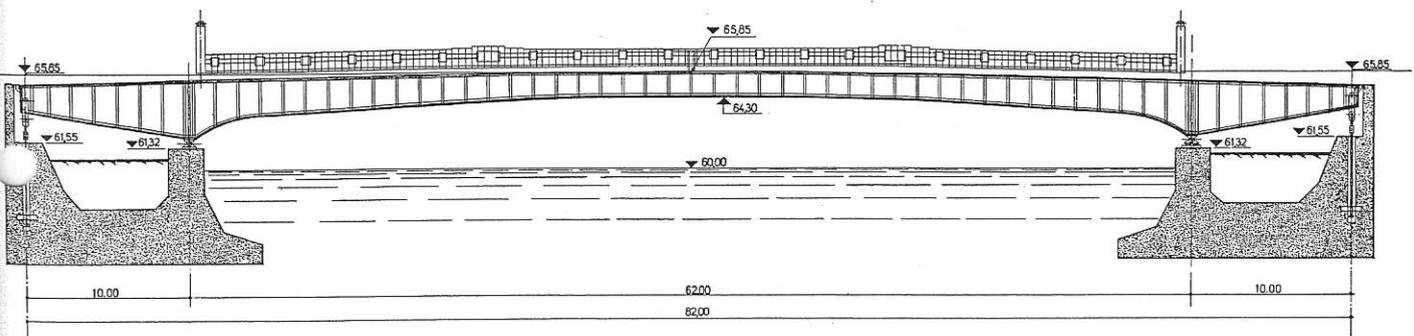


Fig. 677. Elévation du nouveau pont de Longdoz, à Liège.



tres sous-voies, à contreventements invisibles.

L'importance du trafic exigeait l'élargissement du pont. Il était utile de porter sa largeur à 11 mètres, de manière à permettre l'établissement de deux voies de tramways dans l'axe. Les trottoirs seraient placés en encorbellement et leur largeur serait portée à 3 mètres. De plus, on devait prévoir des raccords courbes aux murs de quai pour faciliter la circulation.

Le Service de la Voirie de la Ville de Liège, sous la direction de M. l'Ingénieur-Directeur Defourny, mit à l'étude le projet du nouvel ouvrage.

Il fut décidé de procéder à une adjudication-concours en préconisant l'établissement d'un pont à poutre continue, comportant une travée franchissant la Dérivation d'une seule volée et deux travées d'équilibre ancrées aux extrémités des culées. Ces travées d'équilibre seraient noyées dans les carrefours des quais et de la rue Grétry. Pour ce faire, les culées devaient déborder de 12^m40 à l'intérieur des murs de quai, à partir de la ligne d'eau.

L'adjudication des travaux eut lieu le 10 novembre 1937. L'entreprise comportait 3 lots :

- 1^{er} lot : Construction d'un pont provisoire à 20 mètres en amont du pont existant;
- 2^e lot : Construction de la charpente métallique du nouveau pont, y compris chape et garde-corps;
- 3^e lot : Etablissement des pavages sur le pont et ses abords.



Fig. 678. - Vue de l'ancien pont de Longdoz à Liège.

Le pont provisoire

En vue de réduire au strict minimum les inconvénients dont devait souffrir la population de la rue Grétry pendant l'exécution des travaux, il avait été prévu la construction d'un pont provisoire.

Ce pont devait livrer passage aux véhicules, alternativement dans les deux sens, sur une chaussée de 3^m30 de largeur. Un trottoir de 2^m50 était réservé aux piétons.

La circulation ne pouvait être interrompue à



Fig. 679. Vue générale du nouveau pont de Longdoz.



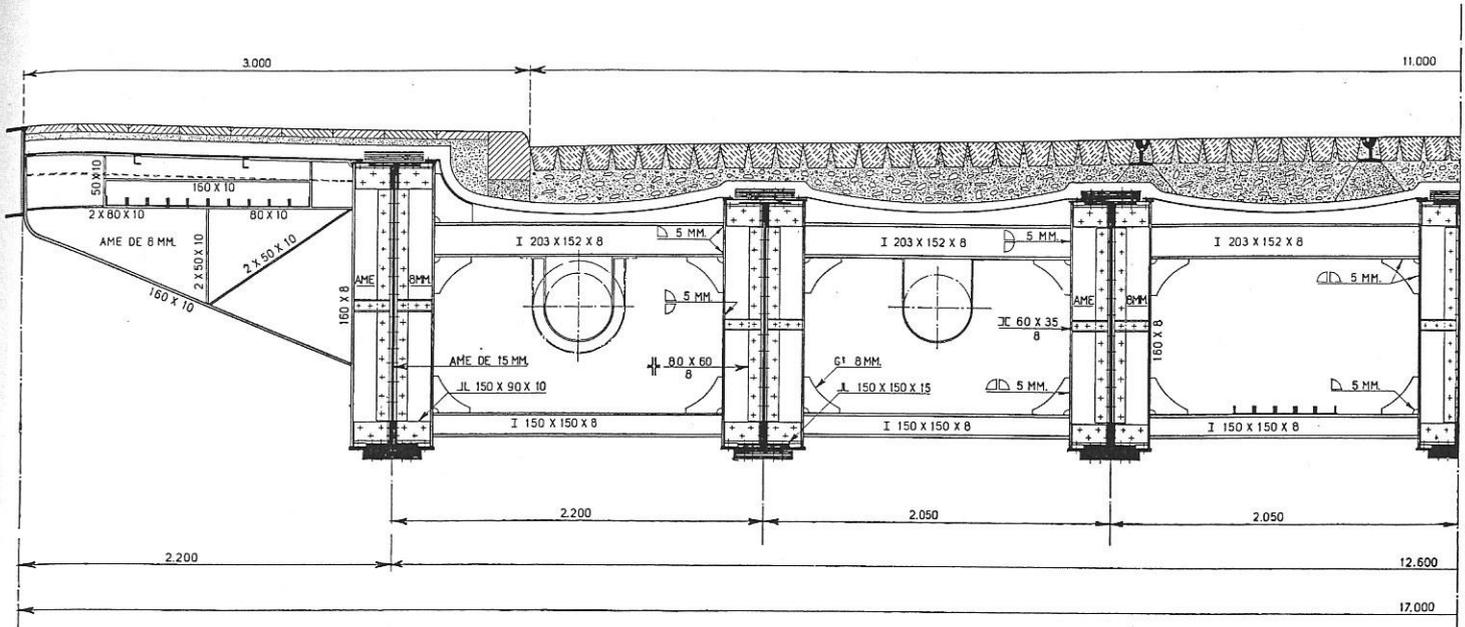


Fig. 680. Demi-coupe transversale du pont.

aucun moment sur l'ancien pont pendant la construction du pont provisoire.

L'entreprise fut confiée à la firme *Andrien*, de Liège, qui adopta la solution suivante : utiliser la moitié du pont existant comme pont provisoire, en ripant cette partie à l'emplacement prévu pour ce pont à 20 mètres en amont.

Pendant ces travaux, la circulation était maintenue sur la moitié aval du pont.

L'opération de ripage, bien que très délicate et malgré quelques difficultés du début, se fit sans incidents. La moitié amont du pont fut tirée au moyen de treuils sur des rails de glissement reposant sur des palées battues en rivière. Cette opération terminée et lorsque le pont provisoire fut livré à la circulation, on procéda à la démolition de la partie du pont restée en place.

La charpente métallique du nouveau pont — Caractéristiques de l'ouvrage

Plusieurs projets furent présentés lors de l'adjudication.

Diverses solutions étaient envisagées, comportant, entre autres, des ponts en arc à deux et trois articulations, des systèmes à poutres cantilever et, enfin, le type préconisé à travées d'équilibre.

Ce dernier système s'avéra le plus favorable et le travail fut confié à la firme *Chaudronneries A. F. Smulders*, de Grâce-Berleur.

Le projet adopté et réalisé répond aux caractéristiques suivantes (fig. 677 et 680) :

Pont à poutre continue, avec travée centrale de 62 mètres de portée et 2 travées d'équilibre de 10 mètres de longueur. La largeur du pont, entre garde-corps, est de 17 mètres. Ce type de pont est le premier du genre en Belgique et il n'en existe que 2 exemplaires en Europe, tous deux à Vienne, sur le Canal du Danube ⁽¹⁾.

Le poids de la charpente métallique est de 700 tonnes. Cette charpente comporte 7 poutres-maitresses dont les extrémités sont ancrées à l'about des culées.

Ces poutres sont exécutées en acier spécial à haute résistance de la qualité St 52; elles devaient être primitivement soudées au moyen d'électrodes spéciales, suivant les modalités de la soumission. A la suite de la rupture du pont de Hasselt, des faits nouveaux se sont posés. La soudure de l'acier spécial n'était pas assez connue pour donner une sécurité suffisante.

De nouvelles prescriptions allemandes et l'opinion moyenne des milieux techniques en interdisaient l'emploi avant que des modalités plus complètes en aient fixé les règles d'application.

Dans ces conditions, la Ville de Liège décida de modifier l'exécution des charpentes et de réaliser par rivure tous les assemblages des longerons en acier spécial.

Il nous paraît utile de montrer ici la figure 681,

⁽¹⁾ Ces ponts ont été décrits dans *L'OSSATURE MÉTALLIQUE* de février 1936.

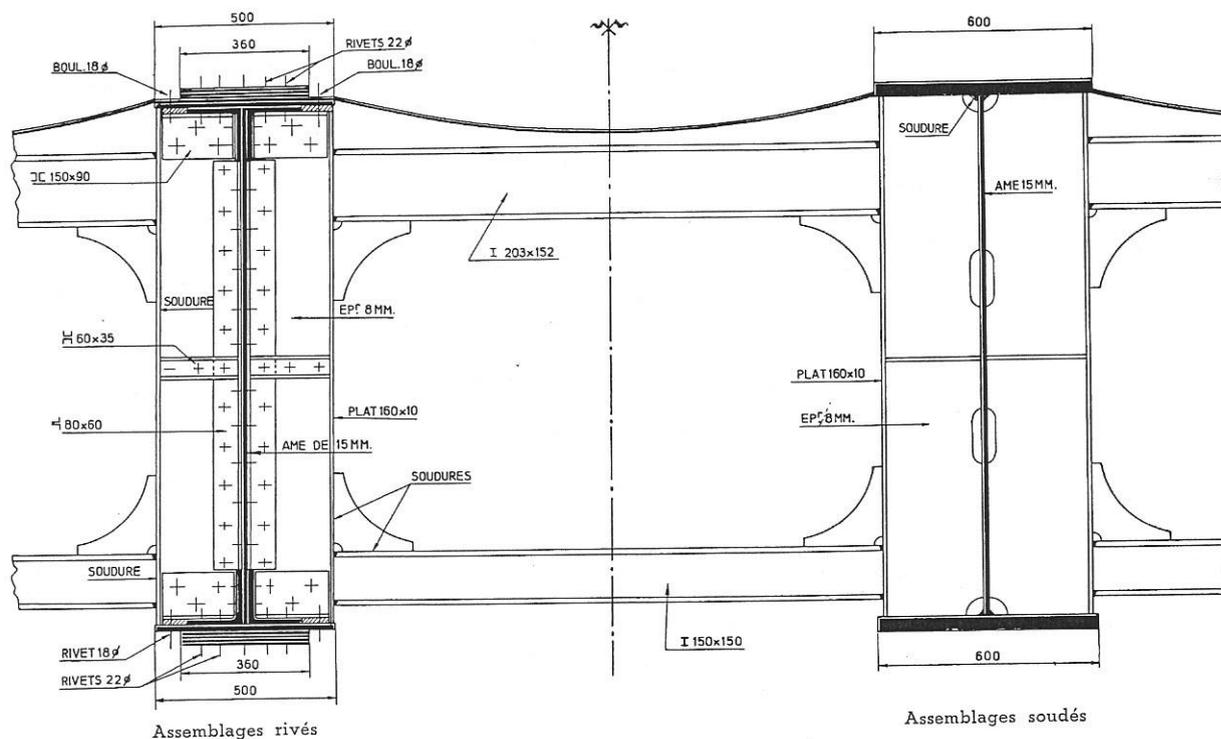


Fig. 681. Comparaison entre la réalisation des poutres par rivure et par soudure.

donnant la comparaison entre la réalisation par soudure et la réalisation par rivure. On aperçoit tout de suite l'économie importante que donnait la solution soudée pour un même taux de travail. A titre indicatif, la différence de poids entre la charpente soudée telle qu'elle aurait dû être réalisée et la charpente rivée est d'environ 200 tonnes, soit un supplément de poids de 40 %.

Toutes les pièces accessoires en acier Thomas de la qualité « Ponts et Chaussées » furent assemblées par soudure électrique au moyen d'électrodes appropriées. Ces pièces accessoires sont : les entretoises, les consoles, les poutres sous garde-corps et le platelage.

Les entretoises sont placées à la partie inférieure des longerons, tous les 2^m80. Elles sont reliées aux poutres principales par des goussets cintrés, de manière à réaliser avec ceux-ci des cadres rigides de contreventement.

Le platelage de la chaussée est réalisé par des tôles cintrées de 8 mm d'épaisseur et de 80 mm de flèche; ces tôles sont boulonnées sur les semelles des longerons et soudées aux abouts. Les trottoirs sont en encorbellement et reposent sur des consoles soudées sur les raidisseurs des poutres

de rive, à l'about des entretoises. Le platelage est protégé par une chape en ciment de 3 cm d'épaisseur, surmontée d'une chape d'étanchéité en asphalte-coulé de 2 cm d'épaisseur.

Le revêtement de la chaussée est en pavage; celui-ci est exécuté au moyen de pavés de grès 13/20/13 sur coffre en sable. Les joints sont remplis d'un mortier d'émulsion de bitume.

Les trottoirs sont recouverts de briques en béton asphaltique de 4 cm d'épaisseur, placées au mortier de ciment.

Maitresses-poutres

Ces poutres sont à âme pleine. L'assemblage est réalisé par rivure. La hauteur des 7 poutres varie de 1^m45 dans l'axe à 3^m50 à l'appui rive gauche et 3^m30 à l'appui rive droite. Au droit des ancrages, la hauteur est de 1^m976 rive gauche et 1^m776 rive droite.

L'acier utilisé est l'acier St. 52, c'est-à-dire un acier spécial Siemens-Martin au chrome, manganèse, cuivre, donnant une résistance minimum à la rupture de 52 kg/mm².

Les caractéristiques moyennes de l'acier sont les suivantes :



Charge de rupture $R_r = 55 \text{ kg/mm}^2$;
 Limite élastique $R_E = 36 \text{ kg/mm}^2$;
 Allongement A mesuré sur une longueur
 d'éprouvette $L = \sqrt{66,67} \text{ s}$:

A = 20 % en long;
 A = 18 % en travers;
 Résilience en long = 10 kgm/cm^2 ;
 Résilience en travers = 8 kgm/cm^2 ;

Une analyse chimique était effectuée par coulée
 différente. Elle répondait aux prescriptions
 moyennes suivantes :

Carbone	0,18 à 0,20 %	
Silicium	0,19 à 0,22 %	
Manganèse	0,80 à 0,99 %	
Chrome	0,40 à 0,49 %	
Soufre	$\leq 0,05 \%$	} $\leq 0,09 \%$
Phosphore	$\leq 0,05 \%$	
Cuivre	$\geq 0,25 \%$	

Le taux de travail des poutres-maitresses se rap-
 proche de 18 kg/mm^2 dans l'axe et aux appuis.

L'utilisation de l'acier St. 52 a permis de ré-
 duire la hauteur de la poutre à l'extrême mini-
 mum, de manière à répondre aux conditions impo-
 sées pour la navigation. Ainsi que le montre la
 fig. 679, il en résulte une impression harmonieuse
 de grande légèreté ⁽¹⁾.

Chaque poutre est constituée d'une âme de
 15 mm d'épaisseur, de 2 semelles de 500×15 et
 de 4 cornières $150 \times 150 \times 15$. Des semelles sup-
 plémentaires sont ajoutées haut et bas pour ré-
 pondre à la variation des moments de flexion.
 Ces semelles ont une largeur de 360 mm et une
 épaisseur variant de 8 à 18 mm.

Les longerons sont renforcés par des raidisseurs
 écartés longitudinalement de 1^m40 . Ces raidis-
 seurs sont exécutés en acier Thomas de la qua-
 lité « Ponts et Chaussées », donnant 42 à 50 kg de
 charge à la rupture et 24 kg de limite élastique.

Les raidisseurs sont en forme de T, placés sy-
 métriquement de part et d'autre de l'âme. Les
 branches du T sont soudées entre elles et les pi-
 ces sont assemblées par deux cornières rivées sur
 l'âme et deux cornières rivées sur les semelles.

L'âme du raidisseur est renforcée transversale-
 ment par deux fers U, épaulés sur les cornières
 et reliés par soudure aux semelles extérieures.

Entretoises et platelage

Les entretoises ne sont pas porteuses. Elles
 constituent le contreventement transversal. On

⁽¹⁾ Le rapport de la hauteur de poutre à la portée est de
 1 : 43. Rappelons qu'au pont de la Barge à Gand, qui est un
 pont à béquilles (voir L'OSSATURE MÉTALLIQUE, n° 6-1935,
 p: 324), ce rapport est de 1 : 42.

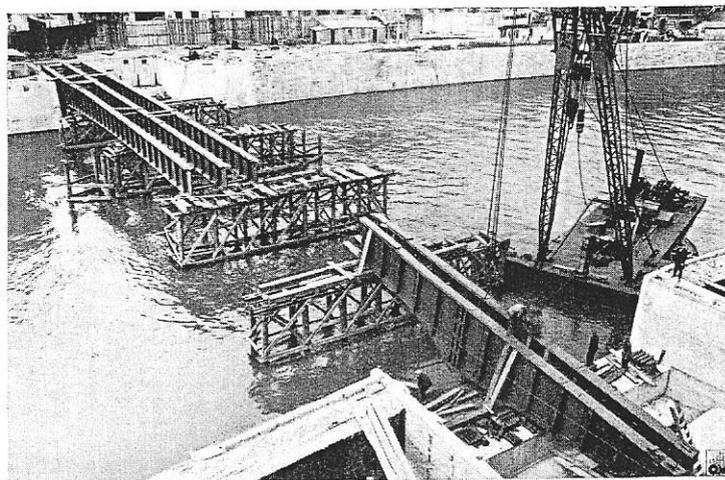


Fig. 682. Vue du pont prise en cours de
 montage.

les a réalisées en haut par des poutrelles norma-
 les 203×152 et en bas par des poutrelles Grey
 150×150 . Ces pièces sont reliées par soudure à
 des montants constitués par les raidisseurs des
 poutres.

Tous les assemblages sont renforcés par des
 goussets réalisant l'encastrement des barres.

Ces cadres rigides règnent sur toute la largeur
 du pont et raccordent entre elles les 7 poutres-
 maitresses. A l'endroit des appuis fixes et mobi-
 les, ces cadres comprennent une travée milieu
 supplémentaire et présentent deux panneaux
 de treillis à double diagonale en cornières
 $80 \times 60 \times 10$ empêchant tout déversement des
 poutres.

Le contreventement horizontal est assuré par
 les tôles de platelage qui sont boulonnées aux se-
 melles supérieures des poutres et soudées à
 leur extrémité.

Les consoles sous trottoirs sont placées à
 l'extrémité des entretoises, tous les 2^m80 . L'en-
 corbellement atteint 1^m95 . Ces consoles sont réa-
 lisées suivant une section en T avec âme de 8 mm
 et semelle de 160×10 . A l'about, elles reçoivent
 les poutres sous garde-corps en forme de U de
 520 mm de hauteur, avec deux semelles soudées.

Le platelage des trottoirs est constitué de tôles
 planes de $2^m80 \times 2^m00$ et de 8 mm d'épaisseur.
 Ces tôles sont raidies par des U longitudinaux,
 de dimensions $60 \times 35 \times 8$. Ces U sont soudés
 sur les tôles. Celles-ci s'appuient sur deux conso-
 les sous trottoirs et sur une poutrelle intermé-
 diaire de $127 \times 76 \times 10$.



L'ensemble est boulonné d'un côté à une cornière rivée sur l'âme de la poutre sous garde-corps et de l'autre côté sur la semelle du longeron sous trottoir. Les tôles du platelage sont soudées à chacune de leurs extrémités longitudinales.

Les parties courbes des trottoirs en encorbellement, au-dessus de la rivière, sont appuyées sur deux consoles radiales, dont une est fixée à la poutre sous-trottoir et l'autre ancrée au mur de quai. Ces consoles sont reliées par une triangulation horizontale constituée de poutrelles réalisées par soudure. Deux des sommets du triangle prennent appui sur le mur de quai.

Canalisations des services publics

Le pont a été étudié pour pouvoir y placer aisément les canalisations des services publics (fig. 680).

Ces canalisations comprennent des câbles électriques haute et basse tension, des câbles téléphoniques locaux et internationaux, des conduites d'eau et de gaz.

Les câbles électriques ont été placés sous le trottoir dans des fers U $120 \times 55 \times 7$. Les câbles téléphoniques ont été placés entre les longerons centraux du pont, dans des fers U prenant appui sur les entretoises inférieures.

Les conduites d'eau et de gaz trouvèrent place entre les autres longerons du pont. Elles sont fixées au moyen de carcans boulonnés aux entretoises supérieures.

Tous ces emplacements ne sont pas actuellement occupés et une réserve a été prévue pour l'avenir.

Les culées et appareils d'appui du pont

Le type de pont adopté exigeait la construction de massifs de rive assez importants (fig. 677). Ce travail exécuté sous la direction de l'Administration des Ponts et Chaussées (Service de la Meuse) a été confié à la S. A. *Limère frères et Entreprise Nouvelle*, à Liège.

Du point de vue théorique, il suffisait d'établir un mur d'eau renforcé et un massif d'ancrage formant contrepoids. Lors des études d'avant-projet, il est apparu qu'il était avantageux de réunir les deux massifs en formant une sorte de culée. A titre indicatif, il a été mis en œuvre dans ces culées un volume de 2.940 m^3 de béton armé, comportant 290 tonnes d'armatures. Les dimensions des culées résultent de la portée de la travée d'équilibre et des grands efforts de traction au droit des ancrages des poutres.

Pour équilibrer ces efforts, on a prévu de faire

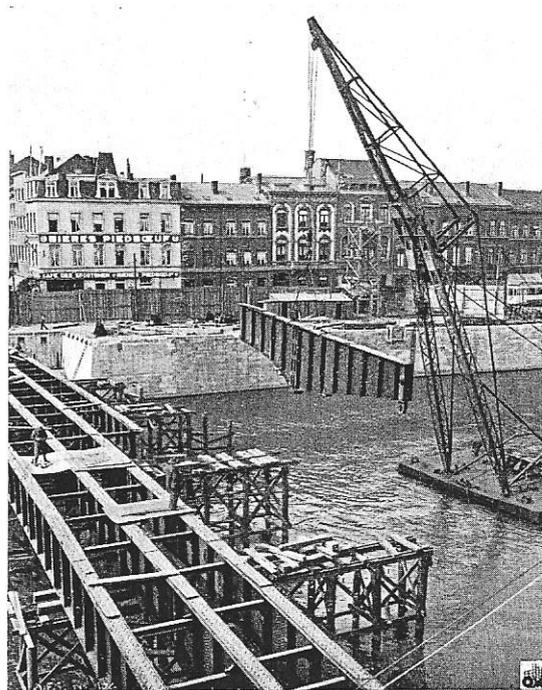


Fig. 683. Montage du pont au moyen d'une puissante grue flottante.

travailler tout le massif de culée aux sollicitations de flexion composée. Dans ce but, les culées ont été exécutées complètement en béton armé.

En vue de réduire au minimum (3 kg/cm^2) le taux de travail sur le sol de fondation, un avant-bec de $3^{\text{m}}60$ d'encombrement en rivière a été réalisé. De plus, pour augmenter la stabilité au renversement, les culées ont été remplies de terres de remblai jusqu'à $0^{\text{m}}80$ sous le niveau des appuis.

Chaque culée comporte 7 puits de $0,45 \times 0^{\text{m}}45$ de section et $5^{\text{m}}45$ de profondeur, dans lesquels on a introduit les tiges d'ancrage.

Celles-ci portent à leur extrémité une tête de marteau qui vient s'appuyer sur un double cadre en fers U $300 \times 105 \times 14$. Ces U sont renforcés par des fourrures et raidis par des nervures de 15 mm d'épaisseur. Ils sont encastrés dans le béton sur une longueur de $1^{\text{m}}60$. Les ailes des fers U ont été forées pour y introduire les armatures du béton armé, dont les extrémités sont repliées et soudées de manière à transmettre par ces barres tout l'effort de traction à l'ensemble de la culée.

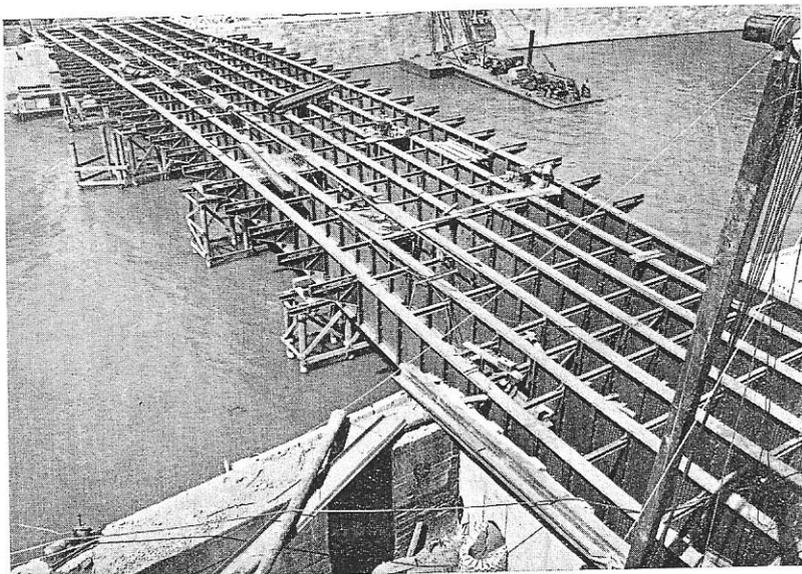
Les culées reçoivent, à leur extrémité vers la rivière, les appareils d'appui fixes (rive gauche) et mobiles (rive droite). Les appareils d'appui





Fig. 684 (ci-dessus). Vue prise pendant les essais du pont.

Fig. 685 (ci-contre). Vue prise après le montage des maitresses-poutres.



fixes sont constitués de deux sabots en acier moulé et d'une rotule. L'acier moulé donne 45 kg/mm² à la rupture, 24 kg de limite élastique et 28 % minimum d'allongement. La rotule de 150 mm de diamètre est en acier forgé Siemens-Martin, donnant 47 à 56 kg à la rupture, 30 kg de limite élastique et 18 % minimum d'allongement.

Les appareils d'appui mobiles sont réalisés dans les mêmes conditions, avec en plus 4 rouleaux de 175 mm de diamètre en acier forgé Siemens-Martin, donnant 55 à 62 kg à la rupture, 30 kg de limite élastique et 20 % minimum d'allongement.

Montage et soudure sur place

Les travaux de montage débutèrent le 1^{er} mars 1939 par le battage des quatre palées du pont de service.

Les joints de montage placés au-dessus des palées avaient été ramenés au nombre minimum de quatre, de manière à réduire le temps consacré au rivetage et à donner une entière sécurité à l'ouvrage. Cette solution nécessita le transport par convoi routier de tronçons de longerons de 18 mètres de longueur et d'un poids de 20 tonnes.

On commença le placement des abouts des premiers longerons le 25 avril. Grâce à l'utilisation d'une puissante grue flottante (fig. 682 et 683)

et d'un matériel approprié, les sept poutres furent montées le 22 mai, soit en moins d'un mois. Le pont était entièrement rivé le 27 mai.

Les travaux de soudure sur place débutèrent le 16 mai; ils furent terminés le 1^{er} juillet.

Le travail de soudure fut exécuté en courant alternatif avec transformateur approprié et électrodes enrobées de diamètre 3,25 mm, 4 mm et 5 mm. Le courant électrique était produit sous une tension de 220 volts par des groupes Diesel commandant des alternateurs monophasés; ces machines étaient placées sur bateau.

En ce qui concerne les électrodes, l'acier déposé par soudure a donné les résultats suivants :

Charge de rupture : 48 à 50 kg/mm².
 Limite élastique : 38 à 41 kg/mm².
 Allongements : 23 à 31 %.
 Striction : 34 à 60 %.
 Résilience : 8 à 9,4 kg/cm².

Au fur et à mesure de l'achèvement des soudures, on procéda à l'exécution des chapes en béton et en asphalte coulé et, ensuite, au pavage des trottoirs et de la chaussée après le placement de la double voie de tramways.

Le trottoir amont a été livré à la circulation le 15 juillet.

Enfin, la circulation sur la chaussée a été ouverte le 25 juillet 1939.

A. J.

N° 12 - 1939

