

FIG. 3. — LE PONT SUR LA MEUSE ET LES VIADUCS DE RIVE GAUCHE.

LE PONT SUR LA MEUSE DES USINES DE L'ESPÉRANCE-LONGDOZ A JEMEPPE

LA Société d'Espérance-Longdoz est née de la fusion des Laminoirs de Longdoz et des Charbonnages et Hauts Fourneaux de l'Espérance à Seraing. Au cours de son développement, ses usines de Longdoz se spécialisèrent dans la fabrication des tôles fines, utilisant au maximum les terrains qu'elle possédait dans le quartier de Longdoz pendant que celles de Seraing construisaient une aciérie et une fonderie en taillant à même les coteaux au sud de la ligne de chemin de fer Liège-Namur, exploitée par la Compagnie du Nord belge.

Dès avant la première guerre, elle acquérait des terrains à Flémalle et y installait ses fours à coke, dans l'impossibilité où elle était de les loger à Seraing, à proximité de ses fourneaux; elle les reliait à ceux-ci par un aérien traversant la Meuse.

Les progrès de la technique du laminage des tôles fines l'obligèrent à envisager, ces dernières années, la création d'une tôleerie entièrement nouvelle. Elle s'était réservé, dans ce but, la disposition d'importants terrains à Jemeppe à côté de sa division Fours à coke.

Une exploitation économique exigeait une liaison directe par chemin de fer entre la Nouvelle Tôleerie et l'Acierie, qui doit lui fournir ses lingots encore chauds directement après coulée.

La nouvelle grand-route Liège-Flémalle, la Meuse, le quai de la Croix-Rouge, la paire Ramoux, la rue Ferrer et la ligne de chemin de fer Liège-Namur constituaient autant d'obstacles à cette liaison sur une longueur d'environ 500 mètres.

Il fut décidé de créer un pont et des viaducs les franchissant tous, à un niveau très proche des chantiers de l'Acierie et conduisant à la Tôleerie par une légère rampe. L'ensemble de ces ouvrages d'art (fig. 5) se trouve implanté parallèlement et à peu de distance de l'aérien érigé antérieurement pour relier la Cokerie aux Hauts Fourneaux.

L'Espérance-Longdoz verra son prix de revient de transformation nettement diminué et disposera en même temps d'un très grand avantage dans la coordination et l'unification de tous ses services.

Le pont sur la Meuse

Le projet

Cet ouvrage, réalisé en béton armé, est un pont-poutre du type cantilever à tablier supérieur. Il a une longueur totale de 238^m,25 et repose sur six appuis. A partir de la rive gauche, les longueurs

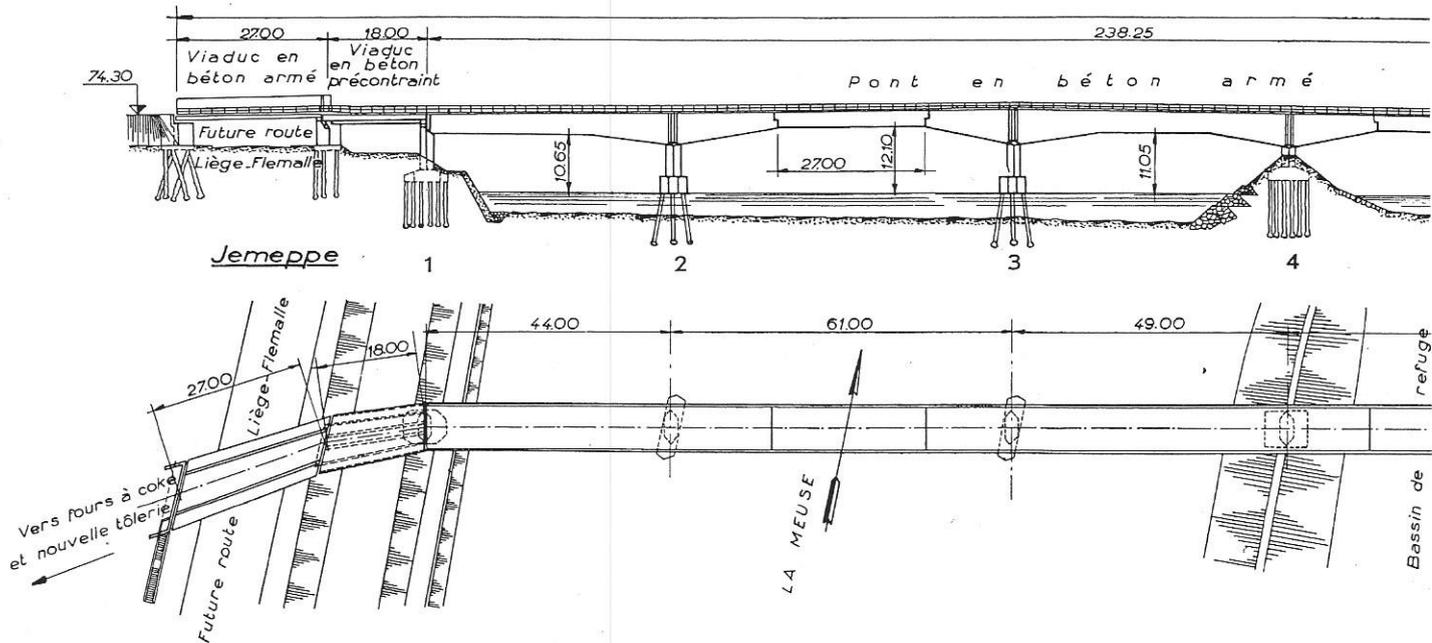


FIG. 4 et 5. — ELÉVATION ET PLAN D'ENSEMBLE DE L'OUVRAGE : le pont sur la Meuse est en le viaduc, au-dessus du chemin de halage, est en béton précontraint;

des travées sont respectivement de $44^m,00$, $61^m,00$, $49^m,00$, $54^m,25$ et $30^m,00$ (fig. 1 et 3).

Le choix du type d'ouvrage s'est porté sur un cantilever pour éliminer les effets des affaissements miniers, qui sont fort importants dans cette région. On y a en effet relevé des affaissements atteignant 3 centimètres par an. Pour la même raison, les tirants d'air réservés pour la navigation sont relativement grands. En Meuse ils sont respectivement de $10^m,65$, $12^m,10$ et $11^m,05$ pour les première, seconde et troisième travées.

Suivant une coupe transversale, l'ouvrage présente la forme d'un caisson (fig. 6 et 7). La table supérieure, qui a une épaisseur de $0^m,33$, sert de support à la voie de chemin de fer et se prolonge de part et d'autre de celle-ci par deux porte-à-faux de $2^m,55$ pour les trottoirs. L'épaisseur de ces derniers varie de $0^m,19$ à $0^m,10$.

La distance entre parements extérieurs des deux poutres principales est de $3^m,50$. La hauteur de ces dernières varie de $6^m,25$ sur appuis à 4 mètres pour les poutres avec porte-à-faux et à 3 mètres pour les travées suspendues de 27 mètres de portée. Suivant les sections, leur épaisseur passe de $0^m,20$ à $0^m,65$.

La dalle inférieure a également une épaisseur variable de $0^m,15$ à $0^m,85$ suivant les sections. Elle est toutefois inexistante dans les travées suspendues de 27 m (fig. 7). La largeur réservée au chemin de fer est de $4^m,50$; les largeurs de trottoirs sont de $2^m,00$. Le trottoir amont est réservé au public et le trottoir aval sert de passerelle de service pour le personnel de l'usine; il supporte en outre des caniveaux pour câbles électriques. A l'intérieur du caisson, on a aménagé, dans les voiles raidisseurs transversaux, des ouvertures pour le passage des

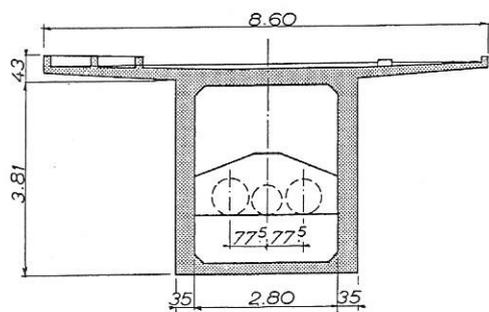


FIG. 6 et 7. — Coupes TRANSVERSALES. A gauche, la dalle inférieure existe et a une épaisseur de $0^m,20$. A droite (coupe dans les travées suspendues), pas de dalle inférieure.

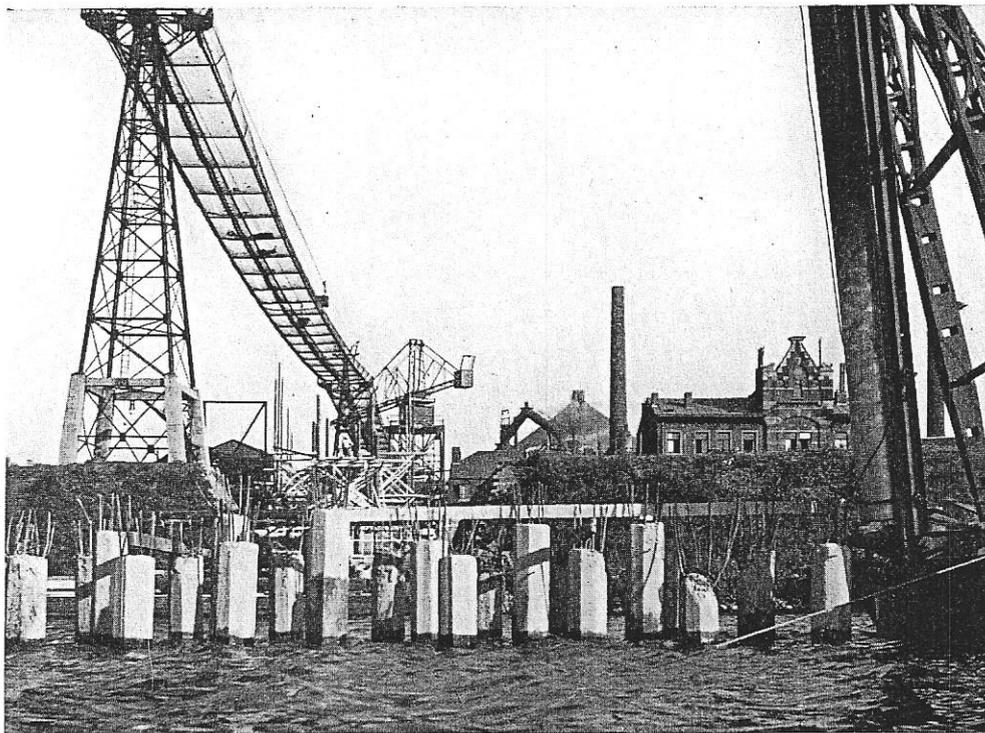


FIG. 9. — BATTAGE DES PIEUX MIXTES de l'une des piles en rivière. A droite, la sonnette Franki qui exécute ce travail.

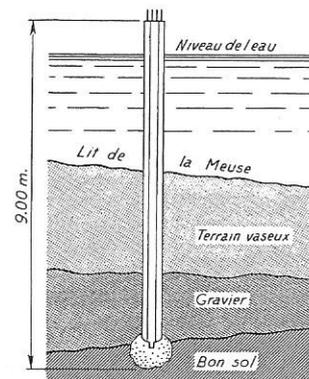


FIG. 10. — CROQUIS SCHÉMATIQUE D'UN PIEU FRANKI MIXTE (base élargie moulée dans le sol, surmontée d'un pieu en béton armé préfabriqué).

sont réalisées par des pièces métalliques de 35 mm d'épaisseur. Pour maintenir les pendules dans leur position, on a placé, suivant les génératrices de contact, des barres en acier doux de 15 mm de diamètre, qui sont fixées d'une part dans les pendules et d'autre part dans la superstructure et les piles.

L'exécution

Les travaux ont été commencés au mois de juin 1947. Ils débutèrent par le battage des pieux de fondation : pieux Franki normaux pour les fondations en terre ferme et pieux Franki mixtes sous les deux piles établies en Meuse.

La pile 2 comporte 29 pieux mixtes de 11 mètres de longueur et la pile 3, 27 pieux mixtes de 9 mètres de longueur (fig. 9). Ils ont une section octogonale et le diamètre du cercle circonscrit est de 0^m,48. Ils peuvent supporter une charge maximum de 90 tonnes. Ces pieux ont été préparés à l'avance dans des coffrages en bois et sont réalisés avec un béton riche fortement vibré.

Le battage est réalisé de la manière suivante : on fonce un tube Franki jusqu'au bon sol sur lequel on exécute la base de la manière habituelle. On descend alors dans le tube le pilot préparé d'avance qui prend assise sur la base. On retire

ensuite le tube de fonçage en même temps que l'on coule un béton relativement plastique à fins éléments dans l'espace resté vide entre le pieu et le tube (fig. 10).

Ce procédé a permis de réaliser des fondations fort économiques, d'abord parce que la base élargie du pieu augmente fortement la capacité portante de ce dernier, ensuite parce que ce système de pieu supprime la construction de deux batardeaux en palplanches et évite la mise en œuvre d'un cube de béton de fondation fort important.

L'obligation de ne laisser subsister en Meuse aucun échafaudage durant l'hiver a imposé une construction en deux stades. Avant l'hiver 1947 furent construites les travées 5-6, 3-4 et 4-5; à partir du mois de mars 1948, on construisit la travée 1-2 avec son porte-à-faux de 18^m,50 et le cantilever de la travée 2-3 (voir fig. 5).

L'échafaudage a été réalisé à l'aide de pilots en bois battus dans le lit du fleuve et reliés par un contreventement en madriers. Sur les têtes de ces pilots s'appuient, par l'intermédiaire de coins en chêne, des poutrelles métalliques qui reçoivent les couchis. Dans cet échafaudage ont été ménagées les passes navigables nécessaires à la circulation fluviale.

Pour l'exécution des travaux du premier stade,

le chantier de bétonnage a été installé dans la paire Ramoux entre le quai de la Croix-Rouge et la rue Ferrer (fig. 5). Une grue à flèche installée à proximité de la pile 6 reprenait le béton et le déposait dans des wagonnets Decauville dont les voies d'abord établies sur l'échafaudage furent progressivement relevées au fur et à mesure de l'avancement des travaux.

Une organisation analogue fut mise sur pied à la rive gauche pour l'exécution du second stade.

Toutes les barres d'armatures nécessaires pour la résistance à la flexion des poutres principales ont été soudées. La méthode utilisée est celle de la soudure bout à bout simple dans laquelle la fusion du métal se produit sur toute la section par la résistance électrique que ces surfaces de contact opposent au passage du courant de soudure. La soudure s'opère sous l'effet d'une pression mécanique, appliquée aux extrémités en contact lorsqu'elles ont atteint la température voulue. Cette pression provoque un bourrelet renflé caractéristique de cette méthode de soudure.

Il n'a pas été tenu compte d'un coefficient de réduction du taux de travail de l'acier pour les sections soudées, les nombreux essais exécutés avant et pendant la construction ayant prouvé que cette précaution était superflue. De cette manière on a pu réaliser des barres d'une seule pièce atteignant 82 mètres de longueur. L'emplacement des soudures avait été déterminé à l'avance pour que,

dans une même section, il n'y ait pas plus de deux joints soudés. La suppression d'une importante quantité de recouvrements de barres et de crochets a permis de réaliser une économie sensible non seulement sur la quantité d'acier mise en œuvre, mais également sur le cube de béton de la superstructure. La figure 12 montre le ferrailage de la travée 1-2.

Les abouts des travées suspendues présentent une particularité que nous allons signaler. La hauteur de ces éléments est de 3 mètres; la partie inférieure doit rester libre sur 0^m,84 de hauteur pour permettre le passage des conduites à gaz à placer à l'intérieur du pont. La hauteur d'assise des appareils d'appui, au lieu de se trouver à mi-hauteur des poutres, comme c'est presque toujours le cas dans ce genre de constructions, devait être reportée au tiers supérieur de la hauteur de cette section, qui se trouvait de la sorte sensiblement affaiblie. L'encombrement en hauteur des appareils d'appui devait donc être réduit au minimum. Pour obtenir ce résultat, il a été créé à cet endroit une poutre transversale présentant une grande rigidité (fig. 11) et au lieu de n'avoir que deux appareils d'appui, soit un au droit de chaque longeron, il en a été placé six, répartis le long de cette poutre. La hauteur totale des appuis put ainsi être réduite à 130 mm, dimension permettant de conserver de très bonnes conditions de stabilité pour cet élément vital.

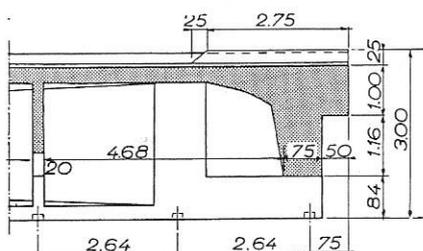


FIG. 11. — ABOUT DE LA TRAVÉE SUSPENDUE DE 27 MÈTRES.

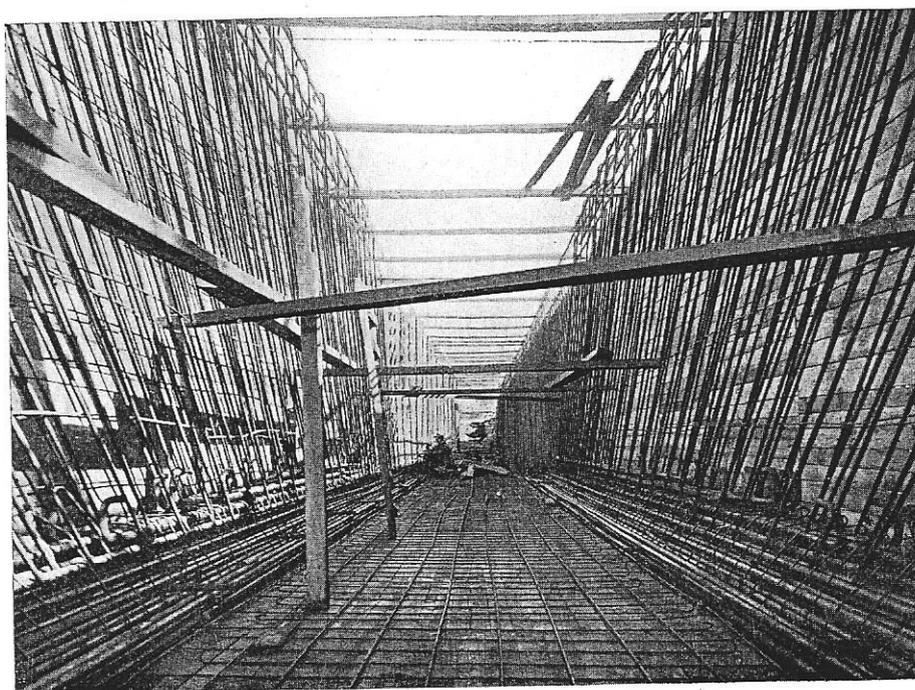
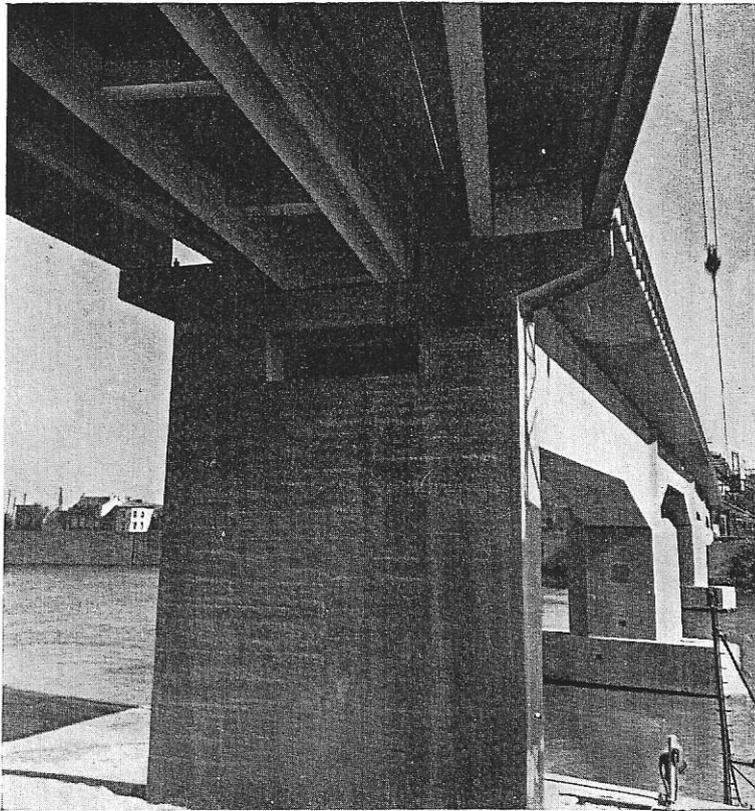


FIG. 12 (à droite). — VUE DU FERRAILAGE DE LA TRAVÉE 1-2 (côté Je-meppe).



câbles de 36 fils. Deux sont droits et un est relevé. Les taux de travail admis sont 130 kg/cm^2 pour le béton et 100 kg/mm^2 pour l'acier. Les dispositifs d'ancrage sont ceux mis au point par M. le Professeur Magnel et la firme Blaton-Aubert (fig. 14).

Cet ouvrage est, à notre connaissance, le premier pont de chemin de fer en béton précontraint en service en Belgique. Les viaducs expérimentaux de la rue du Miroir, à Bruxelles, ont été construits antérieurement mais ne seront mis en service qu'à l'achèvement de la jonction Nord-Midi.

L'exécution

La construction du viaduc au-dessus de la route n'offre aucune particularité digne d'être signalée. Celui en béton précontraint fut coulé en place dans

FIG. 13 (à gauche). — LA TRAVÉE EN BÉTON PRÉCONTRAIT du viaduc rive gauche, vue par dessous.

Les viaducs de la rive gauche

Le projet

Ces viaducs enjambent la route future Liège-Flémalle et le chemin de halage situé entre cette route et la Meuse. Ils ont respectivement des portées de 27 et 18 mètres. La voie de chemin de fer sur ces ouvrages présente un rayon de $106^{\text{m}},50$ (fig. 5).

La culée et la pile intermédiaire reposent sur pieux Franki. L'ouvrage au-dessus de la route est un pont biais à tablier inférieur. Cette disposition a été imposée par les niveaux respectifs de la route et du rail. Les conditions et bases du calcul sont les mêmes que celles du pont sur la Meuse.

Le viaduc au-dessus du chemin de halage a été réalisé en béton précontraint (fig. 13). Il se compose de six poutres du type double T dissymétrique, soit deux sous la voie de chemin de fer et deux sous chacun des deux trottoirs. Les poutres sous voie ont une hauteur de $1^{\text{m}},70$ et l'épaisseur des âmes est de $0^{\text{m}},24$. Elles comportent chacune quatre câbles de 40 fils ayant 5 mm de diamètre. Deux câbles sont droits et deux sont relevés. Les poutres sous trottoirs ont une hauteur de $1^{\text{m}},10$ et une épaisseur d'âme de $0^{\text{m}},16$. Elles comportent trois

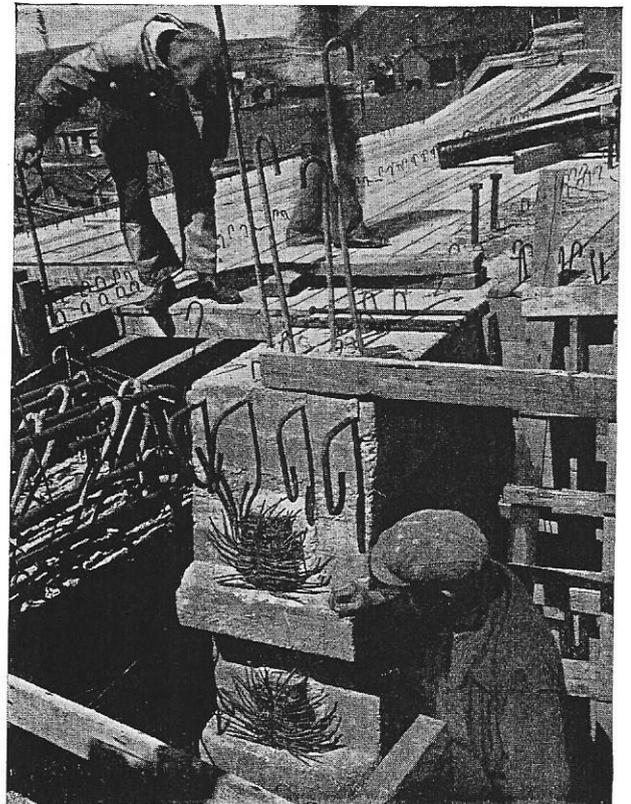


FIG. 14. — ABOUT DES POUTRES SOUS VOIES. Les dispositifs d'ancrage des fils sont nettement visibles.

FIG. 15. — LES VIADUCS DE LA RIVE DROITE (SERAING) DANS LA PAIRE RAMOUX.



des coffrages en bois. Les matériaux utilisés étaient du sable et du gravier du Rhin, et du ciment de haut fourneau à haute résistance. Le béton a été gâché avec la quantité d'eau minimum pour assurer la prise du ciment et a été vibré énergiquement. La résistance sur cubes 20/20 était de 475 kg/cm^2 à 28 jours.

Avant bétonnage, les câbles qui étaient entourés d'une gaine métallique en tôle mince avaient été mis en place dans les coffrages.

Après durcissement suffisant du béton, les fils d'acier à haute résistance furent mis en tension deux par deux à l'aide d'un vérin à huile. La tension dans les fils a été mesurée par les lectures du manomètre de la pompe et de l'allongement des fils.

La mise en tension terminée, les câbles furent injectés avec de la laitance de ciment pour protéger les fils contre l'oxydation et parer éventuellement à une déficience, très improbable d'ailleurs, d'un ancrage.

Un platelage en béton armé fut ensuite coulé sur ces poutres. Dans celui-ci furent ménagés des joints longitudinaux pour que les flèches différentes prises sous charge par les poutres sous voie et les poutres sous trottoirs ne provoquent aucune perturbation dans la dalle. La figure 13 montre les dispositions adoptées pour ce tronçon de l'ouvrage.

Les viaducs de la rive droite

Le projet

Les viaducs de la rive droite ont une longueur totale de $205^{\text{m}}.60$. Ils franchissent la paire Ramoux, la rue Ferrer, les bureaux de l'usine de Seraing, la ligne de chemin de fer Liège-Namur et le parc à minerais (fig. 5)

Tous ces ouvrages sont réalisés à l'aide de poutrelles Grey et leurs portées varient de $9^{\text{m}},70$ à $21^{\text{m}},72$ (fig. 5 et 15). Eu égard aux affaissements miniers, toutes les travées ont été réalisées en poutres sur deux appuis. Le nombre de poutrelles placées sous chaque rail varie selon les portées de un à trois.

Lorsqu'il y a une poutrelle sous chacun des rails, on a réalisé, de la manière habituelle, en cornières, le contreventement horizontal supérieur et inférieur ainsi que le contreventement vertical. Dans le cas de deux ou trois poutrelles, le contreventement supérieur est réalisé par une dalle en béton armé, dont l'adhérence aux poutrelles a été obtenue par des fers ronds pliés en ondes sur leurs ailes supérieures (fig. 16 et 17).

Sur les ailes inférieures ont été soudés des fers U. Dalles et fers U réalisant des angles rigides, on a pu supprimer le contreventement vertical dans ce type d'ouvrages, sauf cependant au droit des appuis où ils durent être maintenus pour trans-

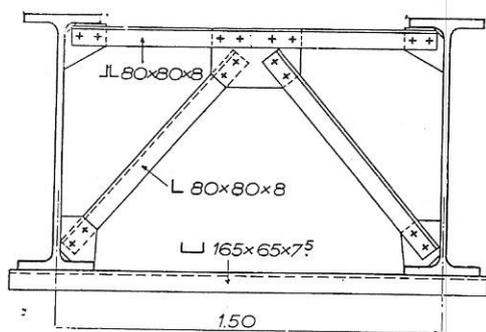


FIG. 16. — TRAVÉE DE 10 MÈTRES.
Contreventement intermédiaire type.

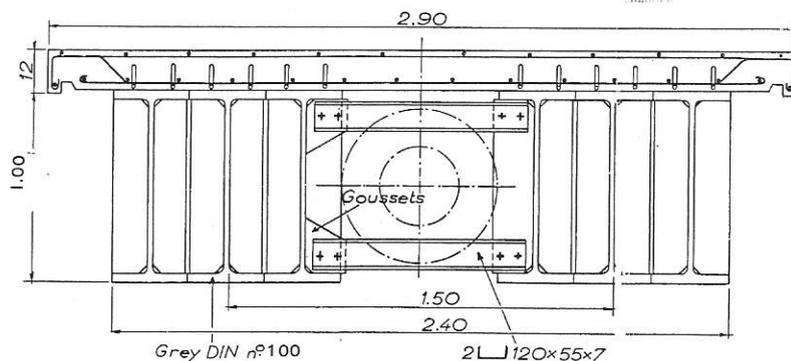


FIG. 17. — TRAVÉE DE 16^m,84. Contreventement-type.

mettre à ces derniers les efforts horizontaux du vent et du lacet.

Presque à l'extrémité du viaduc, rive droite, au delà de la rue Ferrer, l'axe longitudinal du viaduc coïncidait avec celui d'un pont métallique existant partiellement construit et qui ne pouvait être réutilisé parce que ne pouvant supporter les surcharges actuellement prévues. Le tablier de cet ouvrage dut être partiellement sectionné pour permettre de poser les nouvelles poutrelles de support de la voie de chemin de fer. Toutefois les passerelles de service purent être maintenues (fig. 5).

Les palées en béton armé sont fondées sur pieux Franki depuis le pont jusqu'au bureau de l'usine. Entre l'usine et l'extrémité du parc à minerais, ces palées reposent sur des semelles en béton armé prenant appui sur une couche d'argile compacte et homogène dont le niveau se relève depuis la Meuse et qui à partir de ce point devenait aisément accessible pour permettre de réaliser des fondations directes.

L'exécution

Les poutrelles furent amenées par bateau et stockées sur la travée 2-3 du pont qui venait d'être construite. Le chantier de préparation de ces poutrelles était placé sur la travée 5-6 : traçage, découpage à longueur, forage de trous de rivets furent exécutés sur cet emplacement.

Les pièces ainsi préparées ont été acheminées vers leur emplacement sur des lorries circulant sur les travées montées de proche en proche à partir du pont. Le montage définitif du contreventement, l'exécution des dalles en béton, la peinture et les parachèvements divers furent alors exécutés.

Essais de charge

Avant la mise en service des ponts et viaducs, le Bureau Seco, qui contrôlait les études ainsi que l'exécution, les a soumis à un essai de charge. La surcharge fut réalisée par huit wagons de 80 tonnes qui occupèrent successivement les positions qui amenaient dans les sections principales de l'ouvrage les sollicitations maxima. Toutes les flèches mesurées correspondirent à moins de 20 % près aux flèches calculées. Nous donnons ci-après les principales déformations relevées.

Pour le pont, la flèche maximum observée a été de 11 millimètres. Elle s'est présentée dans la travée de 61 mètres.

En ce qui concerne les piles en Meuse établies sur pieux Franki mixtes l'affaissement maximum a été de 0^{mm},2; après décharge, on n'a pu relever aucun affaissement permanent.

La travée en béton précontraint a pris une flèche de 1^{mm},7. Ces quelques résultats prouvent la parfaite tenue de cette série d'ouvrages dont la figure 2 permet de juger l'ampleur.

*
**

Cet important ouvrage, qui a nécessité la mise en œuvre de 2.800 m³ de béton, 600 tonnes d'acier d'armatures, 250 tonnes de poutrelles métalliques, l'exécution de 298 pieux Franki, a été terminé dans un délai de 15 mois.

Il a été entièrement étudié et construit par la Société des Pieux Franki sous la direction du maître de l'œuvre et du Bureau Seco, de Bruxelles, que nous tenons à remercier particulièrement pour leurs directives et conseils judicieux.

U. SMET,
Ingénieur A. I. Lg.