

BULLETIN
DE L'ASSOCIATION INTERNATIONALE DU
CONGRÈS DES CHEMINS DE FER

[624 .65 (.495)]

Note sur quelques ouvrages voûtés en béton,

par M. R. DESPRETS,

Professeur à l'Université de Bruxelles, Chef du service d'études des ouvrages d'art
à la Société Nationale des Chemins de fer belges.

Nous croyons intéressant de donner quelques notes succinctes avec dessins réduits et photos d'une série de ponts voûtés en béton, passages inférieurs ou supérieurs, étudiés et exécutés dans ces dernières années par la Société Nationale des Chemins de fer belges à l'occasion de la construction de lignes nouvelles.

**Ligne de Bruxelles-Midi
à Gand-Saint-Pierre.**

Viaduc de la Pède.

Le viaduc de la Pède sur la nouvelle ligne de Bruxelles-Midi à Gand-St-Pierre se trouve à 8 km. environ de Bruxelles vers Gand, sur le territoire de la commune d'Itterbeek, et à 2 km. environ avant le croisement de la nouvelle ligne avec la chaussée de Ninove. Il traverse une vallée basse, assez plate, le niveau du rail étant à 20 m. environ au-dessus du fond de la vallée. (Photo 1.)

Le sous-sol sous le niveau du terrain naturel est constitué par des couches de terrains variables : argilo-sableux, tourbeux peu consistants, reposant sur un banc d'argile d'épaisseur variable. En dessous de ce banc on trouve une couche de sable fluent assez profonde reposant elle-même finalement sur l'argile compacte. (Fig. I.)

Eu égard à la compressibilité excessive des mauvais terrains supérieurs et aux

garanties insuffisantes de stabilité qu'aurait offert un remblai exécuté dans ces conditions, on décida dès le début des études de traverser la vallée par un viaduc et le choix se porta sur un viaduc en maçonnerie de briques. (Photo 2.)

La vue d'ensemble de ce dernier est donnée par la figure II.

Il comprenait 16 arches en plein cintre de 28 m. de portée groupées en 4 séries de 4 arches séparées par des piles culées. Les voûtes prévues étaient du type « inarticulé » en briques de Boom — Klinkaert — descendant jusqu'aux naissances horizontales avec clavages sur toute l'épaisseur de la voûte. Les tympans étaient élevis sur piles et piles culées par des voûtes secondaires également en plein cintre.

Les culées étaient évidées par voussettes.

Fondations. — Le problème le plus difficile à résoudre était de déterminer les fondations des piles et culées.

Dans un premier projet les assises de fondation étaient prévues dans le banc

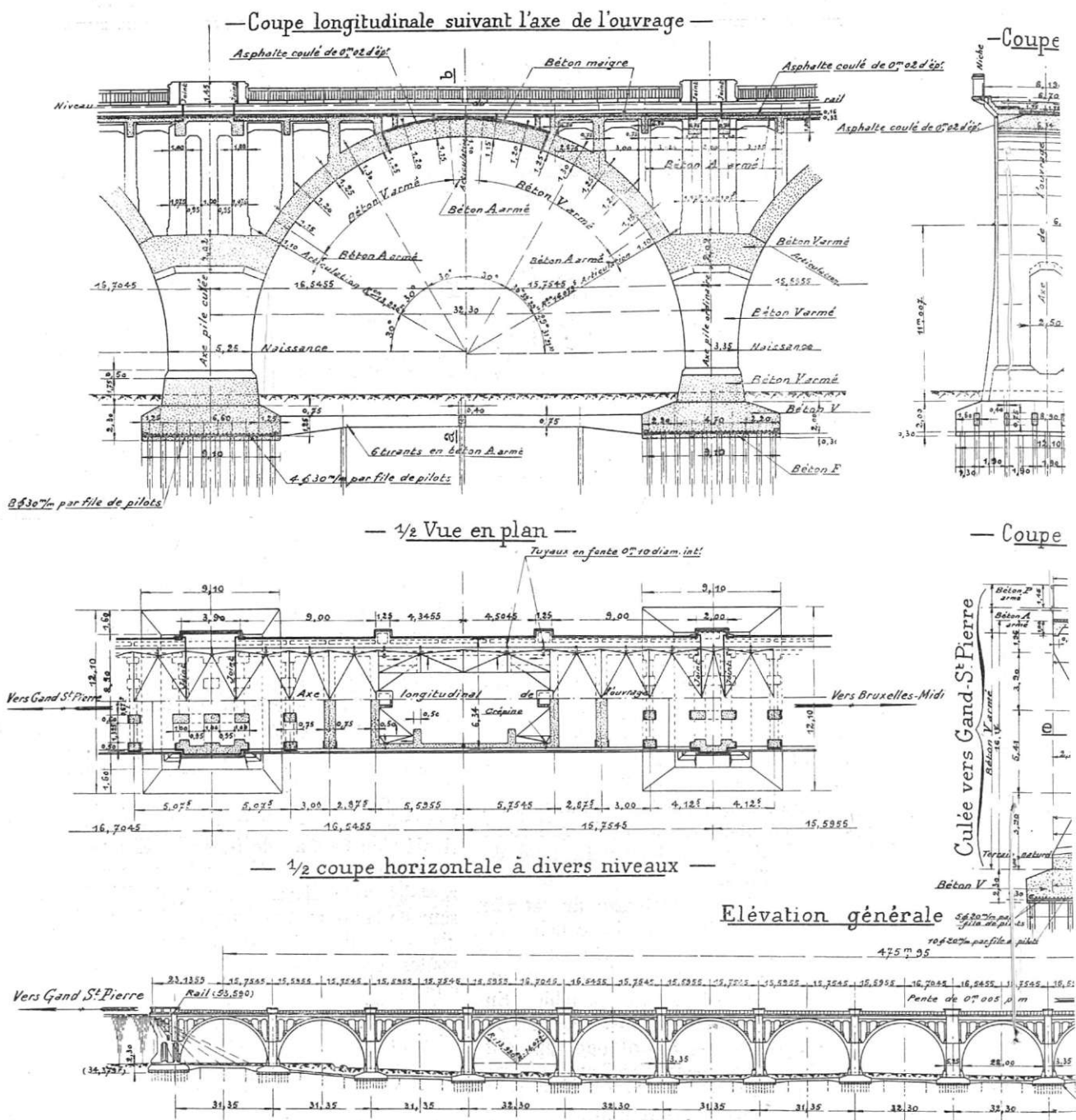
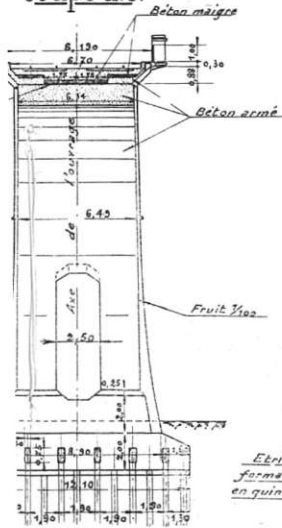


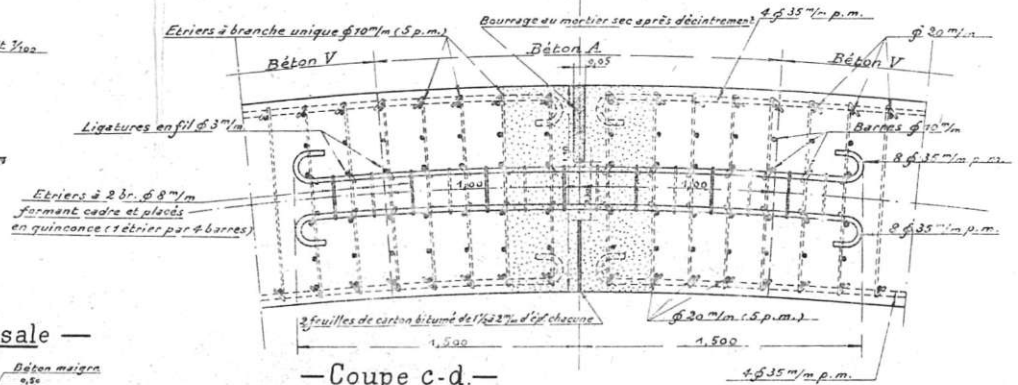
Fig. 1. — Ligne de Bruxelles (Midi) à Gand-St.-Pierre. V

- Coupe a.b. -

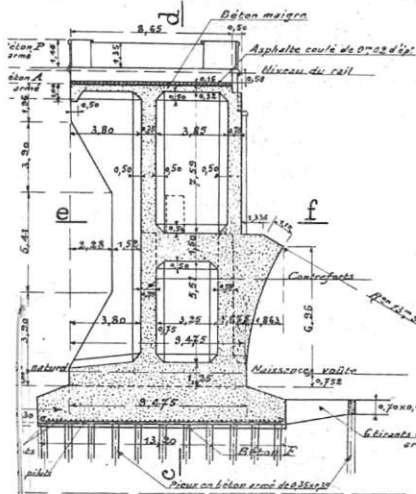


- Articulation à la clef -

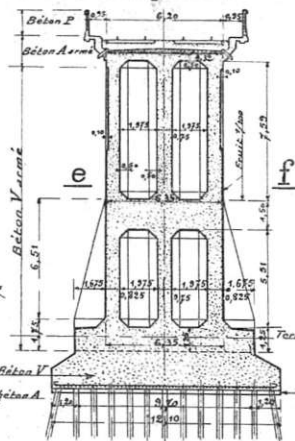
- Coupe longitudinale -



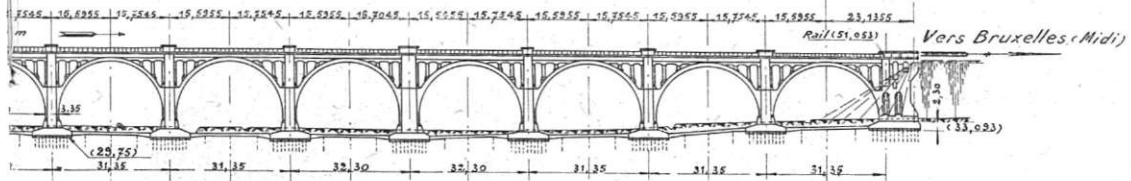
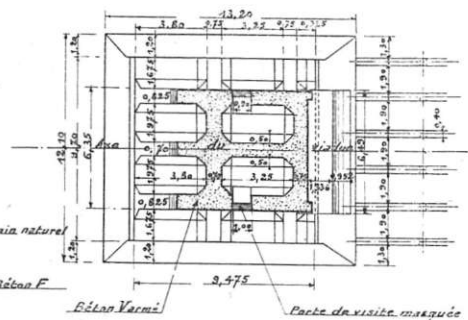
Coupe transversale -



- Coupe c-d. -



- Coupe horizontale e-f. -



ierre. Viaduc de la Pède (Ouvrage exécuté).

Viaduc de la Pède.



Photo 1. — Vue d'ensemble.

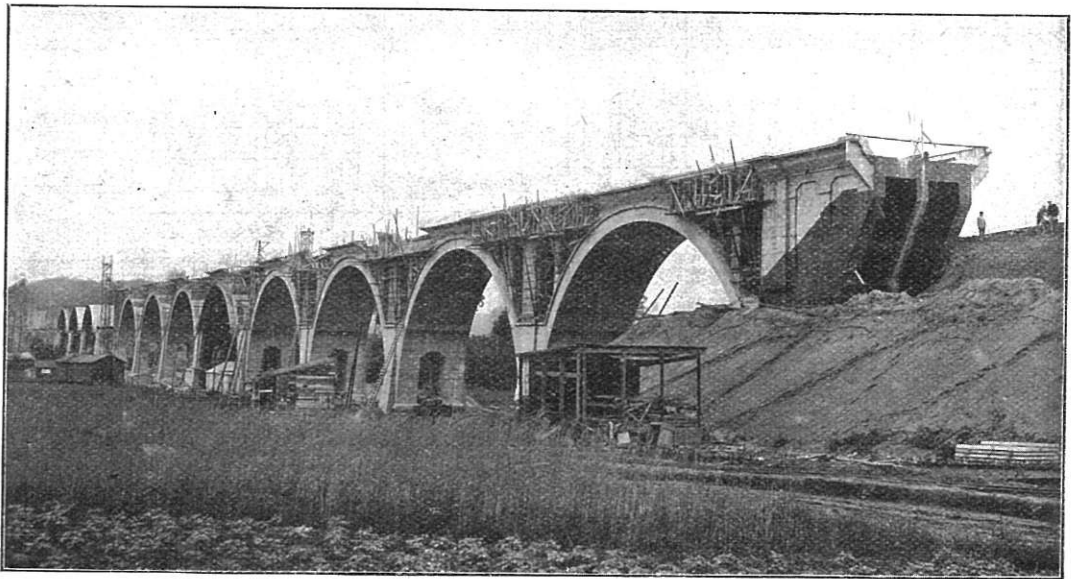


Photo 2. — Vue d'ensemble culées et arches.

d'argile lenticulaire à une dizaine de mètres sous le niveau du terrain naturel, le procédé d'exécution (avant la guerre) étant par caissons foncés à l'air comprimé.

Dans une première adjudication après la guerre on admit également en concurrence des fondations sur pilots en béton armé, les semelles des piles étant réunies entre elles par un grillage de poutres tirants en béton armé pour absorber les poussées dissymétriques des voûtes.

Ensuite de certaines difficultés avec l'entreprise, on exécuta finalement les fondations avec pilots en béton moulés dans le sol du type Simplex. Ces pilots constituent donc actuellement les fondations du viaduc de la Pède, à l'exception de 2 piles où ils furent remplacées par des pilots en béton armé moulés d'avance.

L'entreprise fut résiliée lorsque les travaux de pilotage étaient presque complètement terminés, les cintres métalliques des voûtes étant déjà complètement approvisionnés.

Dès lors, tenant compte de l'expérience acquise et des conditions nouvelles du marché, on décida de ne pas poursuivre l'exécution de l'ancien projet et de dresser un projet nouveau sur d'autres bases.

Les fondations étant réalisées et les cintres fournis, il fallait s'en tenir au dispositif général de l'ancien projet. Toutefois étant donnée la mauvaise qualité du sous-sol, il s'indiquait de concevoir les nouvelles voûtes sous la forme « articulée » de manière à permettre certaines déformations sans fissures brutales. Il était également désirable d'alléger la construction autant que possible; dans ce but, il fallait réduire son poids et son volume en utilisant le béton armé et l'éviter largement. Ce programme fut suivi et les travaux réadjudugés; le viaduc de la Pède actuellement terminé depuis plu-

sieurs mois a été livré au service fin de l'année 1932. (Photo 3.)

Ossature générale. — L'ouvrage est entièrement en béton et béton armé.

Suivant le premier projet, le viaduc est constitué par 4 groupes de 4 arches en plein cintre séparés par des piles culées.

Ces dernières ont été prévues essentiellement pour permettre l'exécution par séries successives de 4 arches.

Les reins au-dessus des voûtes sont élévis et forment un viaduc secondaire avec dalles nervées sous la voie reposant sur des piliers ou murs pleins transversaux.

La voie est posée en ballast dans un encuvement en béton armé. (Photo 4.)

Piles. — Les piles sont fondées par une semelle de base sur des pilots moulés dans le sol du type Simplex. Ces semelles sont réunies par des poutres en béton armé constituant tirants et entretoises. (Photo 5.)

Les piles sont constituées par deux piliers massifs verticaux réunis au bas par la semelle de fondation et sous les naissances des voûtes par un massif horizontal formant poutre de retombée des voûtes.

Transversalement, chaque pile est renforcée de part et d'autre par un contrefort léger à profil sensiblement parabolique réalisé par une polygonale à inclinaisons croissantes vers la base.

Culées. — Le viaduc est terminé par deux culées cloisonnées en béton armé avec ailerons longitudinaux. Le corps principal de la culée est une caisse à 4 compartiments limités longitudinalement et transversalement par des cloisons murs en béton armé. Ces murs sont armés sur leurs deux faces par des réseaux octogonaux de barres assez espacées (4 barres par mètre). (Photo 6.)

Ce dispositif de cloisonnement a été appliqué antérieurement par la Société

Viaduc de la Pède.

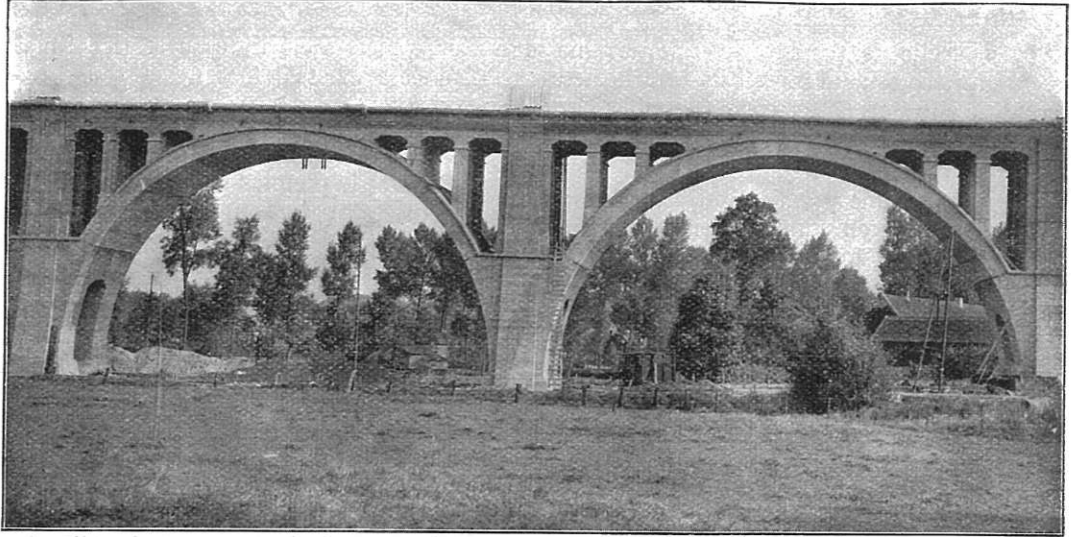


Photo 3. — Archcs-pile et pile-culée.

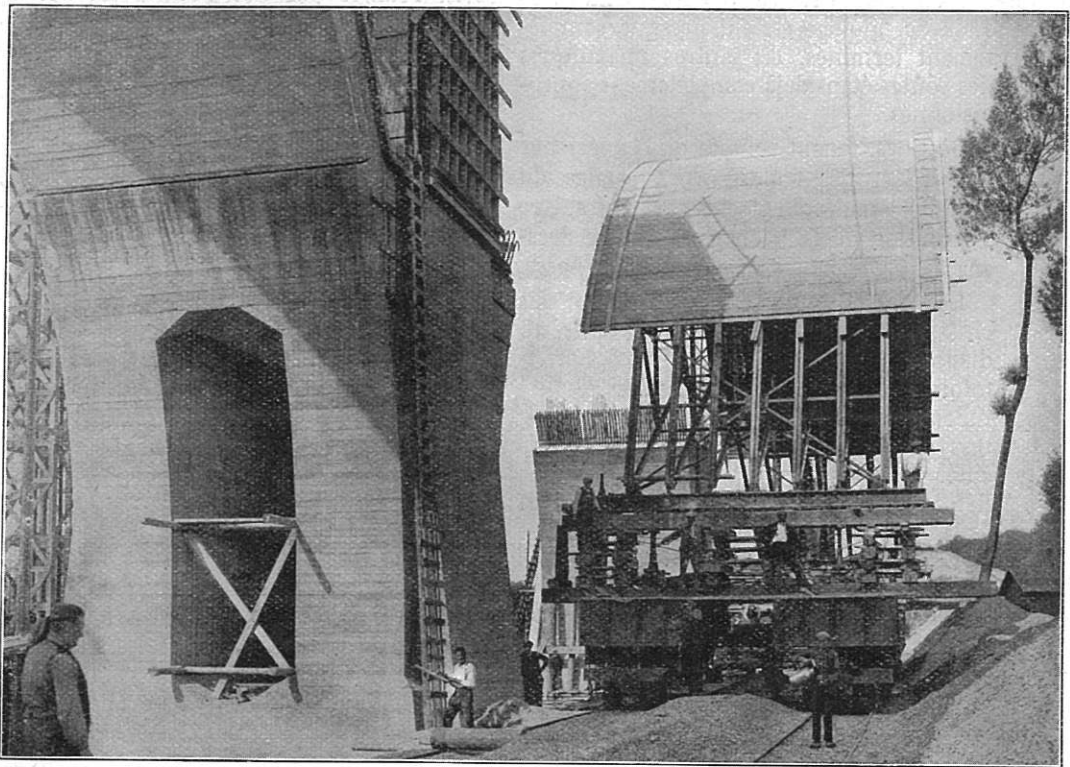


Photo 4. — Pile évidée. — Déplacement du cintre.

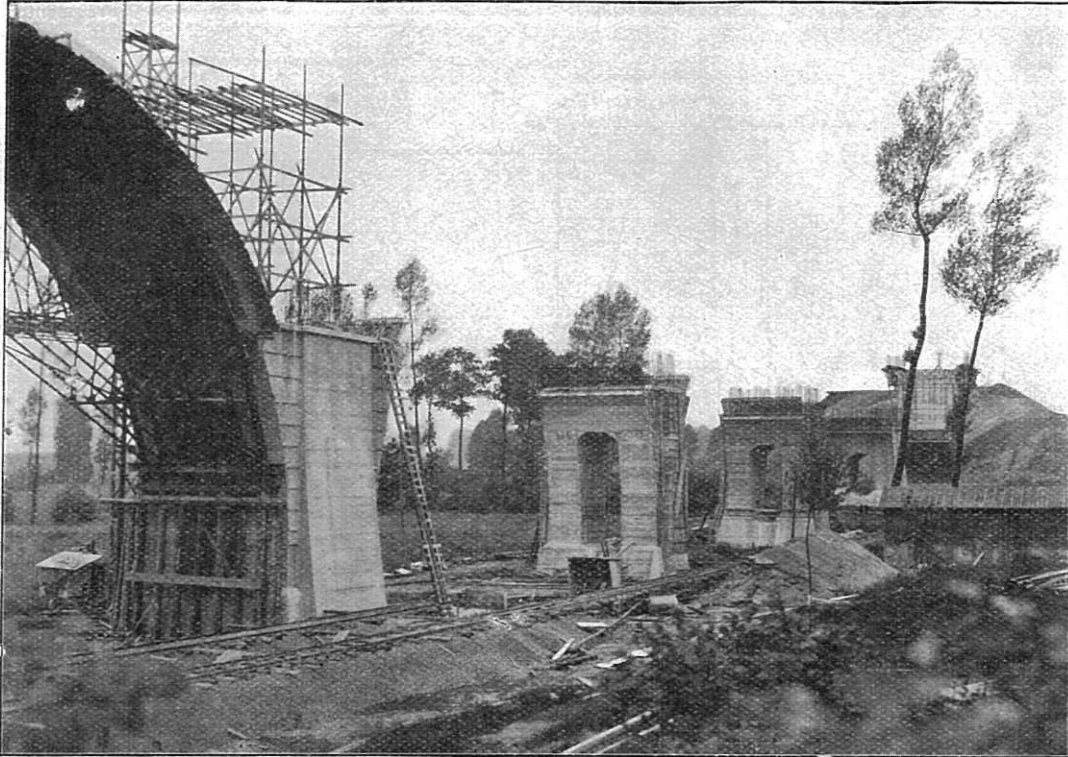


Photo 5. — Viaduc de la Pède. — Piles bétonnées.

Nationale des Chemins de fer belges (S. N. C. F. B.), dans la construction des culées du viaduc métallique du Horloz sur la ligne de Fexhe à Kinkempois.

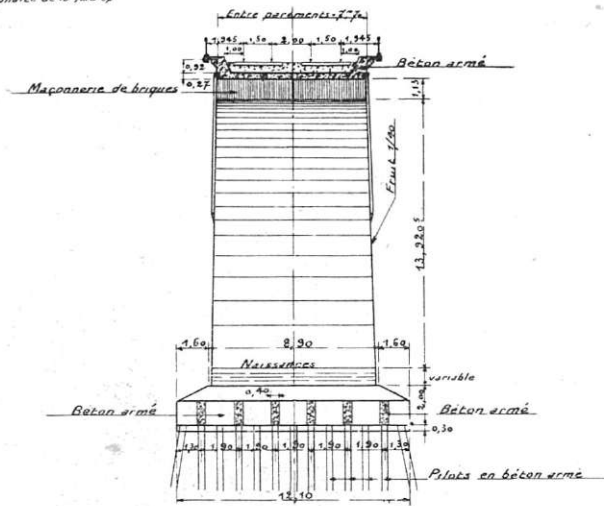
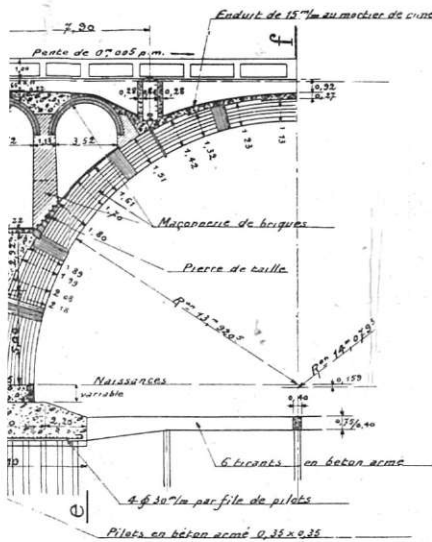
Voûtes. — Avec la préoccupation d'alléger la construction en poids tout en s'efforçant de la rendre aussi économique que possible, on réduisit la largeur des voûtes et en conséquence la largeur de l'ouvrage au minimum compatible avec une pose sûre de la voie (photo 7). La largeur des voûtes fut déterminée de manière à asseoir complètement la voie sur la voûte jusqu'aux extrémités des traverses. Aucune partie de la voie n'est donc

en porte-à-faux et latéralement l'ouvrage est complété par des encuvements avec passerelles pour enfermer le ballast et compléter l'assise de la voie.

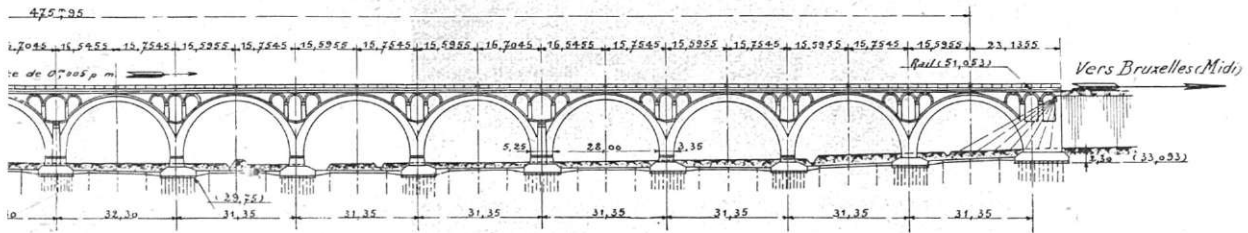
Articulations. — Comme il fut déjà indiqué ci-avant, les voûtes sont du type « articulé ». Eu égard à la nature du terrain, il était nécessaire de prévoir des mouvements possibles dans la construction; il fallait donc établir des joints articulés. Ces joints sont prévus à la clef et aux naissances théoriques, soit environ à 30° sur l'horizontale. Nous estimons en effet — suivant la pratique allemande — qu'il est plus rationnel et plus économi-

pe longitudinale.

Coupe e-f.



ion générale —



Viaduc de la Pède. Ouvrage en maçonnerie de briques (Non exécuté).

Chaque demi-voûte en béton est armée d'un réseau orthogonal de barres à l'extrados et à l'intrados (4 directrices de 35 mm, diamètre par mètre). Son épaisseur est de 1 m. 10 à la clef et aux retombees; elle est légèrement renflée à 1 m. 30 vers les reins. Les articulations sont réalisées en demi-voussoirs de 1 m. de profondeur à la clef et aux naissances.

Les barres d'articulation sont disposées

en deux nappes parallèles de 8 barres/m. symétriques par rapport au centre et distantes de 20 cm. Les diamètres sont de 35 mm. à la clef et 38 mm. aux naissances.

Pour assurer toute sécurité les sections des barres d'articulations ont été calculées pour pouvoir absorber complètement les réactions.

Exécution des voûtes. — Les voûtes ont

été exécutées par tronçons séparés et clavées. (Photo 10.)

Elles ont été moulées sur voligeage en bois fixé sur cintres métalliques. Le jeu de cintres pour 4 arches a servi pour

l'exécution successive des 4 séries de voûtes.

Le ferrailage étant d'abord complètement établi avec barres directrices (sans joints), le bétonnage était commencé par

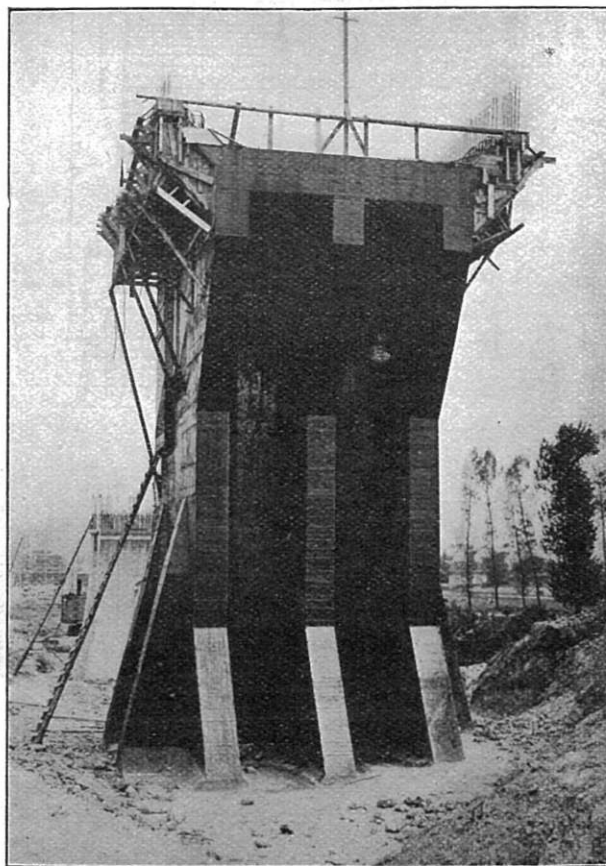


Photo 6. — Viaduc de la Pède. — Culée.

les sommiers d'articulation des retombées et de la clef. Chaque demi-voûte restante était ensuite divisée en 3 voussoirs séparés par joints de clavage. Ces voussoirs numérotés 1, 2, 3 à partir de la naissance furent bétonnés dans l'ordre 1, 3, 2. Après durcissement suffisant les 2 joints vides

restant entre 1 et 3 et entre 3 et 2 étaient clavés au mortier sec. (Photo 11.)

Ce programme a été suivi complètement et a assuré une exécution parfaite des travaux.

Une série de voûtes ayant été bétonnées et ayant durci suffisamment, les cintres

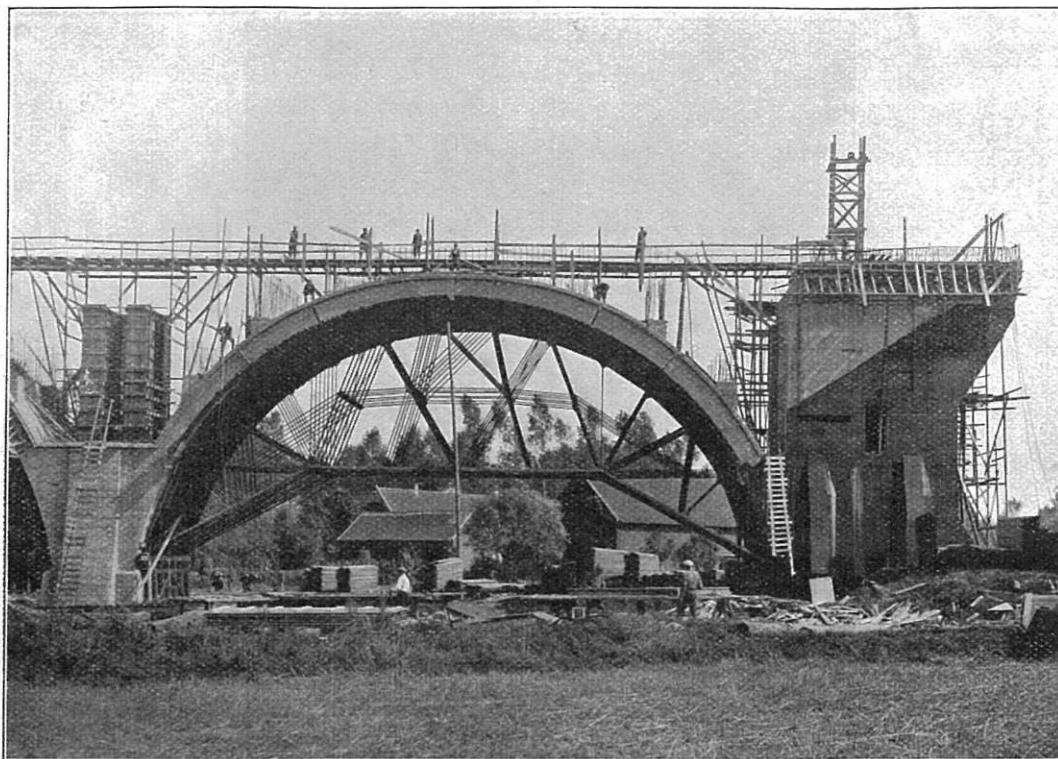


Photo 7. — Viaduc de la Pède. — Voûte et culée.

devaient être enlevés et remis en place pour la série suivante. Le démontage et le remontage des cintres légers aurait été difficile et aléatoire; on préféra de les transporter d'une pièce sur wagons au moyen d'une voie de service, la traction étant assurée par câbles (photo 12). Le déplacement et la remise en place des cintres se firent sans aucun mécompte.

Superstructure. — Après décintrement des voûtes, le travail se poursuivait par l'édification de la superstructure. (Photo 13.)

Les voies en ballast reposent dans un encuvement qui débordé latéralement de part et d'autre les voûtes de support. Cet

encuvement est limité par des dalles en béton armé nervées pour l'assise sous la voie et portant latéralement les encorbellements. Il repose sur des piliers isolés ou des murs transversaux non articulés s'appuyant et reportant les charges sur les voûtes. Ces supports sont armés.

Couronnement. — L'ouvrage est couronné par un garde-corps métallique simple interrompu par des niches en béton armé au droit des piles.

Chapes. — La dalle de fond de l'encuvement en béton armé est protégée contre les infiltrations d'eau et contre les dégradations possibles au cours de l'entretien

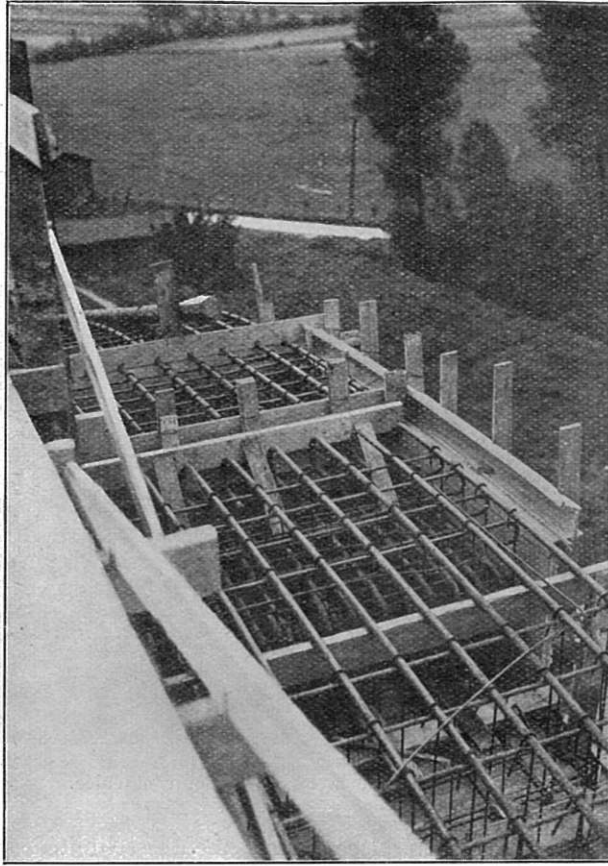


Photo 8. — Viaduc de la Pède. — Ferrailage d'une articulation de clef.

de la voie par une double chape au mortier de ciment recouverte d'une couche de mastic bitumineux de 2 cm. d'épaisseur protégée à son tour par une couche de béton maigre de 4 à 5 cm. d'épaisseur lissé à la surface.

De plus, l'encuvement est largement muni de barbacanes pour l'écoulement des eaux.

Composition des bétons. — Dans le dosage des bétons on utilisa exclusivement

la pierraille de porphyre de différents calibrages et le sable bruxellien de Sart-Moulins.

Après différents essais de résistance et de rendement, le dosage du béton de voûte fut fixé comme suit :

250 kgr. de ciment,
 300 l. sable,
 300 l. grenaille 2/5,
 100 l. grenaille 5/20,
 800 l. pierrailles 10/50.

Viaduc de la Pède.

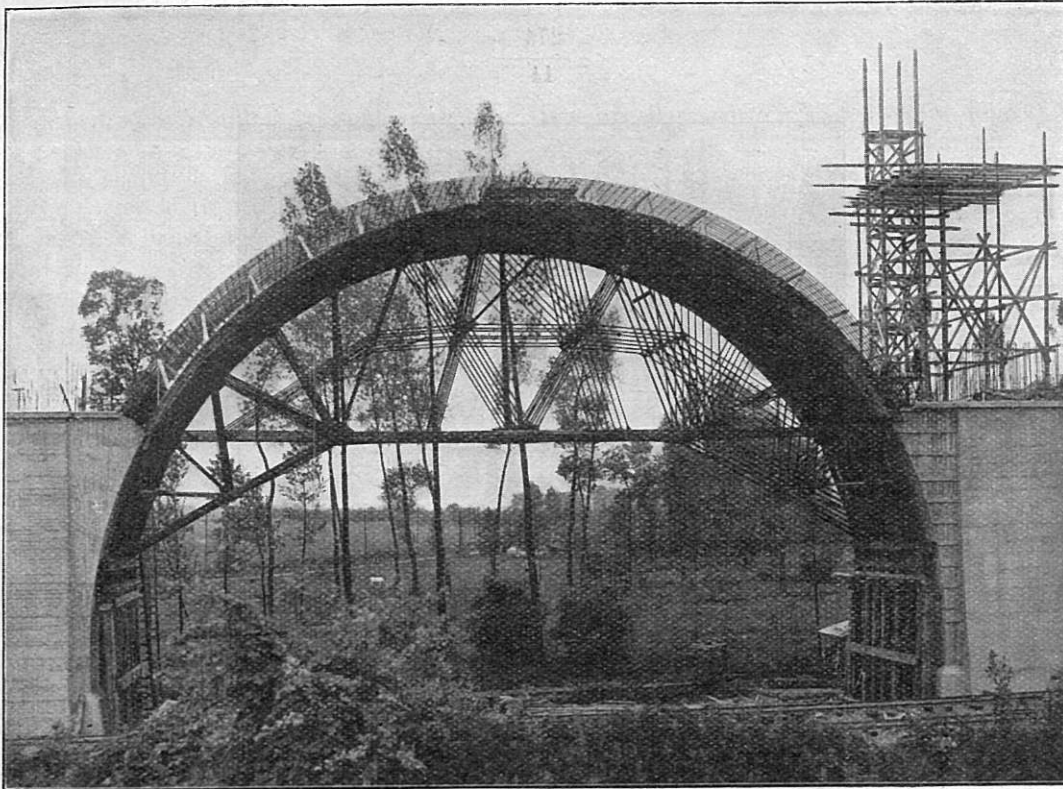


Photo 9. — Ferrailage d'une voûte sur cintre.

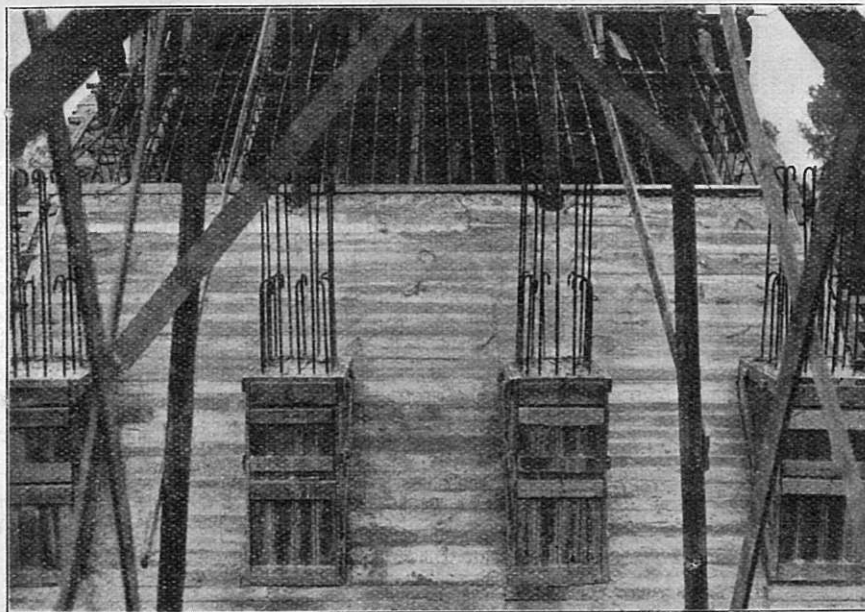


Photo 10. — Amorces des piliers. Bétonnage d'une voûte.

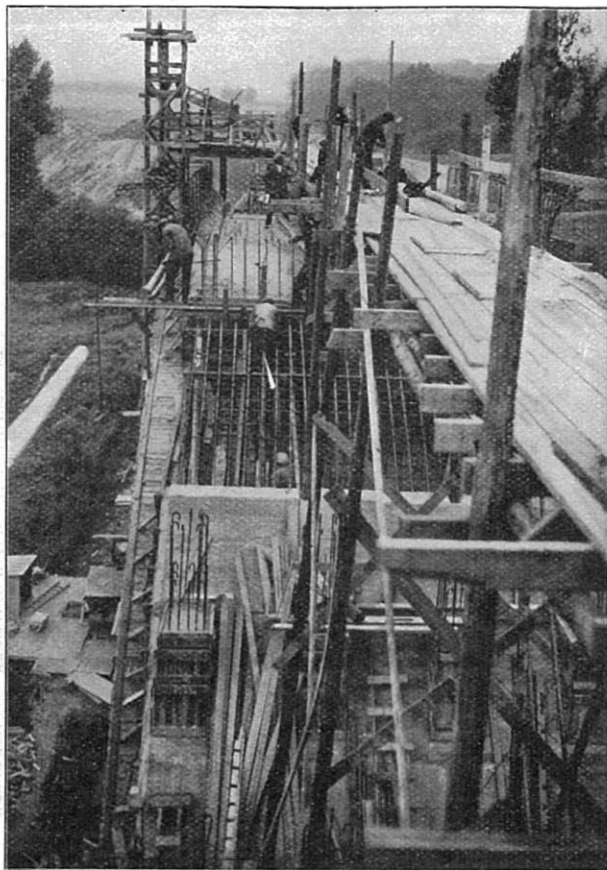


Photo 11. — Viaduc de la Pède. — Installation de chantier.

Cette composition correspond à peu près au dosage type de la courbe Fuller Bolomey et a en fait assuré un béton exceptionnellement compact. Ce béton fut mis en œuvre tant pour la construction des voûtes que pour les piles et culées.

La superstructure et les sommiers d'articulation furent réalisés avec le dosage du béton armé ordinaire :

350 kgr. ciment,
800 l. grenaille 5/20,
400 l. sable.

Le béton fin de matage des clavages avait la composition suivante :

500 kgr. ciment,
350 l. sable,
700 l. grenaille 2/5.

On avait prévu des essais au cône d'Abrams qui ne donnèrent aucun résultat positif étant donné la mise en œuvre de béton peu mouillé.

Des essais de compression de bétons sur cubes de 20 cm. furent exécutés réguliè-

rement. Les résultats en sont assez dispersés.

Le viaduc de la Pède a été établi pour supporter le train-type le plus lourd de la S. N. C. F. B., le poids des essieux

moteurs étant porté à 25 t. Il offre donc une large marge de sécurité pour l'avenir.

Les plans de cet ouvrage ont été complètement dressés par le Service d'études de la S. N. C. F. B.

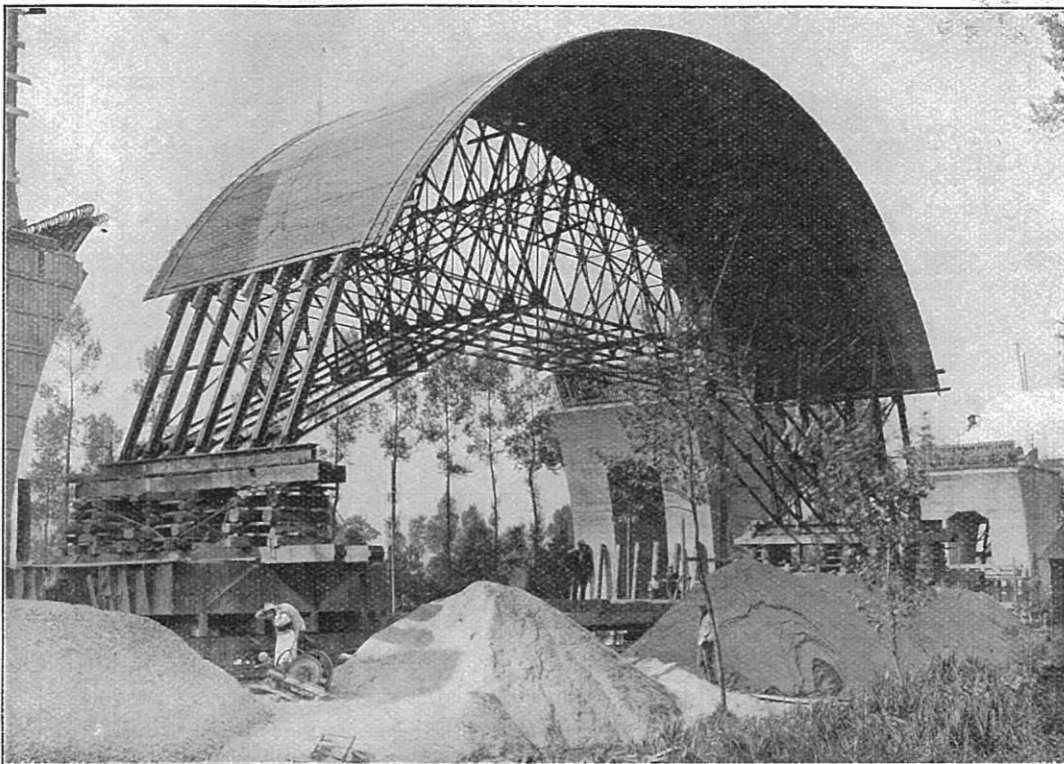


Photo 12. — Viaduc de la Pède. — Déplacement du cintre.

Les travaux ont été exécutés de manière impeccable par la Société d'entreprises Charels et Abras, dirigée par M. Abras.

Ligne de Bruxelles-Midi à Charleroi.

Pont de Luttre à Forest.

Le pont dit de « Luttre », sur la ligne de Bruxelles à Charleroi, à la sortie de

la gare de Bruxelles-Midi, à Forest-Bruxelles, a été reconstruit entièrement en béton à l'occasion des travaux de transformation de la gare de Bruxelles-Midi. (Photos 14 et 14bis.)

Il est constitué par une voûte en béton à 3 articulations ancrages — du type du viaduc de la Pède — retombant sur 2 culées en béton fondées sur pilots en bois.

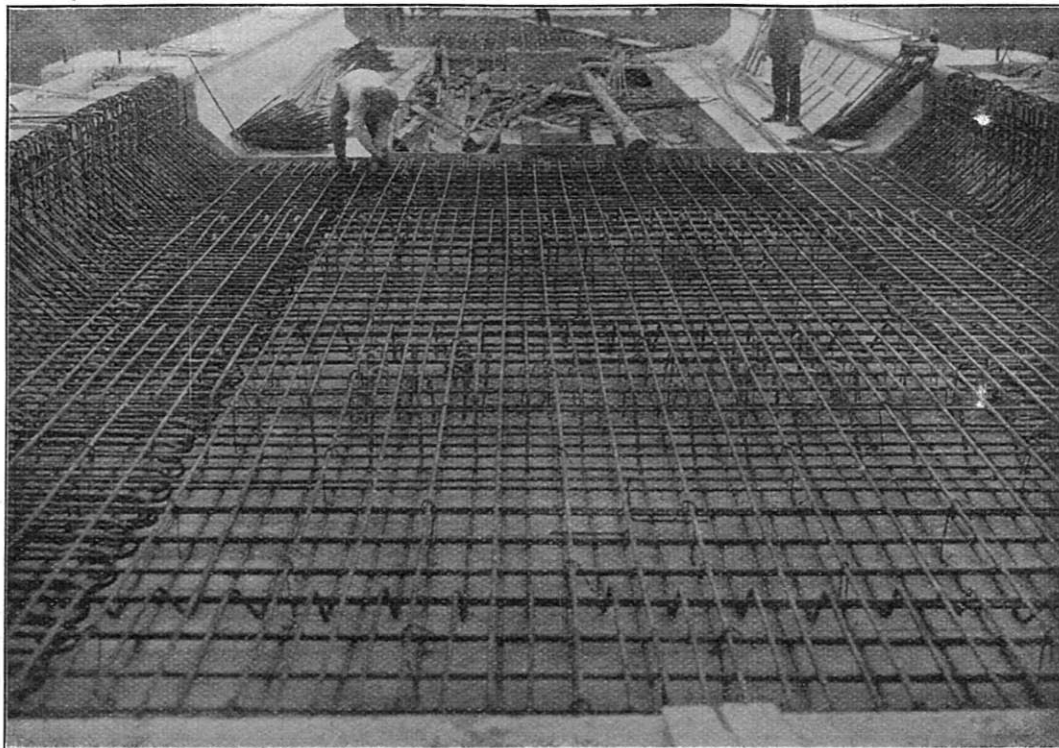


Photo 13. — Viaduc de la Pède. — Ferrailage de l'encuvement.

L'ouvrage a 30 m. d'ouverture normale entre parements de culée et l'intrados est tracé suivant une anse de panier surbaissée au 1/4.

La voûte a 0 m. 95 d'épaisseur à la clef et 1 m. 40 d'épaisseur aux naissances. Elle se limite aux joints de rupture supposés à la demi-montée de l'intrados. Elle est munie d'articulations en nappes de barres parallèles comme celles du viaduc de la Pède et est armée d'un réseau large de barres d'armatures à l'intrados. Les joints de clef et de naissances restent apparents en élévation.

Le tracé des culées a été déterminé par l'idée de donner aux massifs de retombée

un épanouissement progressif jusqu'aux fondations.

Les murs en retour ont été réunis et entretoisés par des poutres en béton armé ancrées dans ces murs.

Les compositions de bétons à base de pierrailles sont les suivantes :

Béton V (voûte) :

250 kgr. ciment,

400 l. sable de Mont-St-Guibert ou similaire,

800 l. pierrailles 10/50.

Béton F (fondations) :

175 kgr. ciment,

400 l. sable,

800 l. pierrailles 10/50.

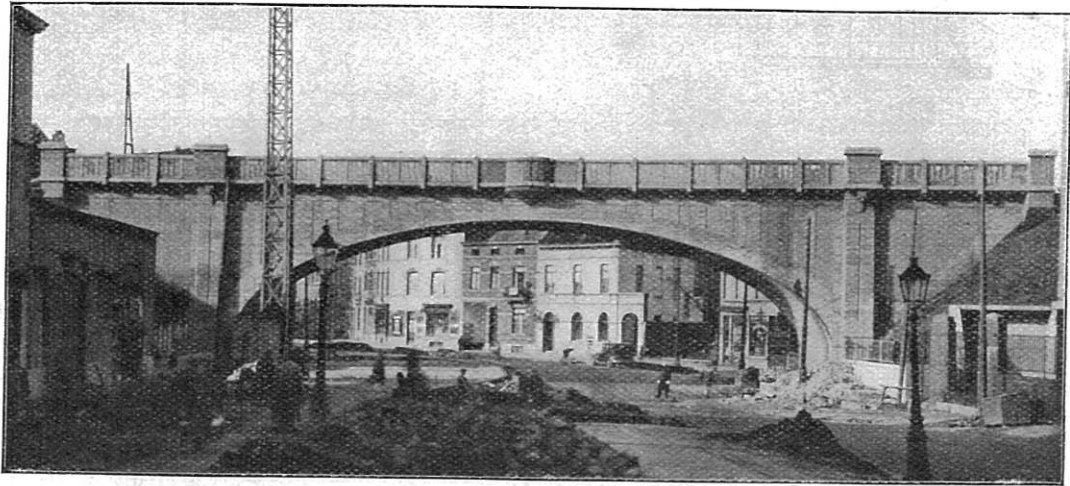


Photo 14. — Pont de « Luttre », à Forest.

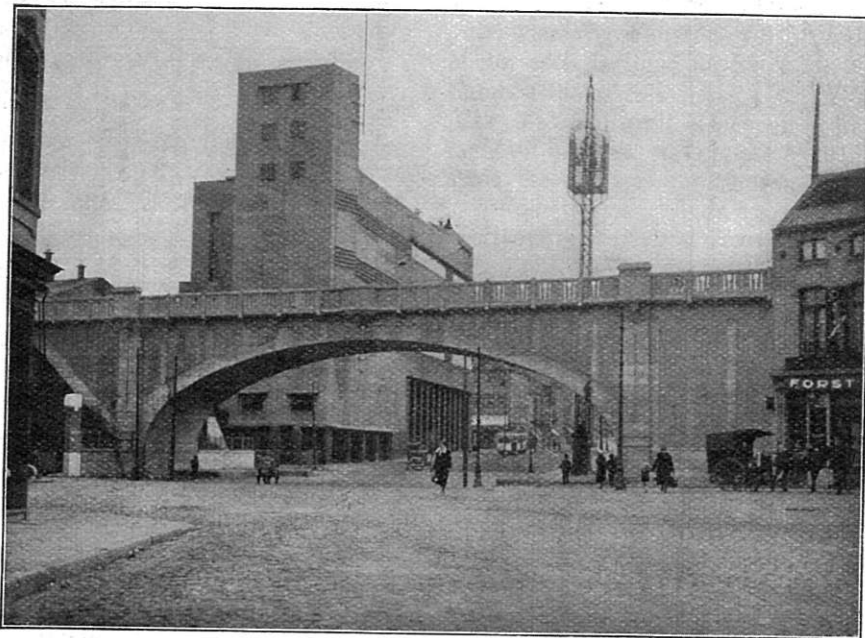
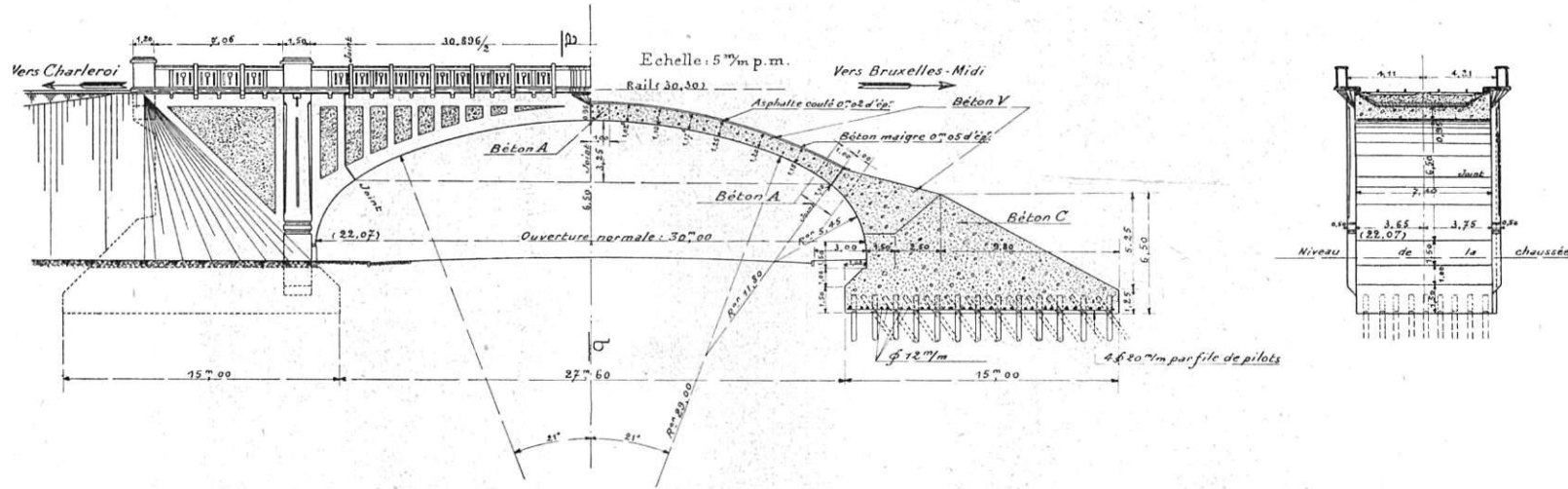


Photo 14bis. — Pont de « Luttre », à Forest.

Demi-élévation.

Demi-coupe longitudinale.

Coupe a-b.



Détails des joints de la voûte.

A l'axe de la voûte.

Aux naissances.

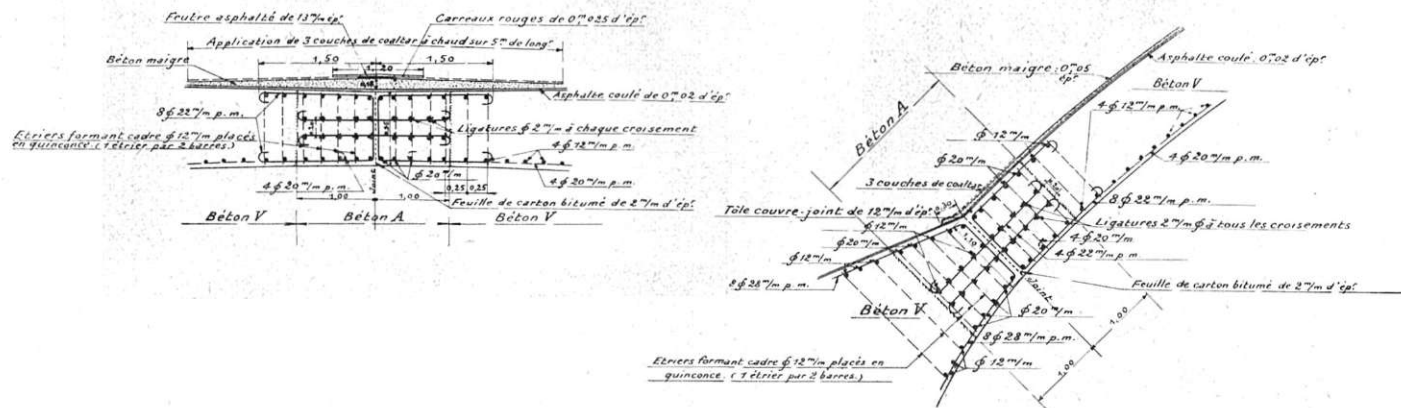


Fig. III. — Ligne de Charleroi à Bruxelles (Midi). Pont de Luttre.



Photo 15. — Ligne de Bruxelles (Midi) à Mons. Pont de la rue du Charroi, à Forest.

Béton C (culées) :

200 kgr. ciment,
400 l. sable,
800 l. pierrailles 10/50.

Béton A (armé) :

300 ou 350 kgr. ciment,
400 l. sable,
800 l. pierrailles 5/20.

Béton P (parapets) :

350 kgr. ciment,
400 l. sable,
800 l. grenaille 2/5.

La pierraille peut être remplacée par du gravier sous condition d'obtenir des dosages de même teneur finale en ciment. (Fig. III.)

Pont de la rue du Charroi à Forest.

Le pont de la rue du Charroi, à Forest, sous la ligne de Bruxelles à Mons, est un ouvrage en béton avec voûte légèrement armée. (Photo 15.)

Cet ouvrage a 26 m. d'ouverture nor-

male entre parements de culées, la voûte ayant un intrados en arc de cercle pour s'accorder avec l'ouvrage voisin de même portée sous la ligne de Bruxelles-Midi à Gand-St-Pierre.

Cet ouvrage avait été conçu primitivement en briques, les fondations et tirants ayant été exécutés antérieurement.

L'étude du nouvel ouvrage s'est donc limitée aux massifs d'élévation.

Les culées sont en béton; la voûte est en béton légèrement armé de deux réseaux orthogonaux à l'extrados et à l'intrados avec 3 articulations ancrages du type de La Pède.

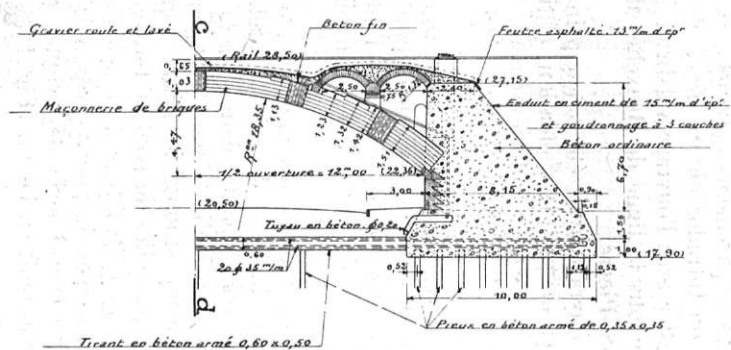
Les têtes sont construites en moellons de pierre bleue et de grès appareillé en accord avec le pont voisin sous la ligne de Bruxelles-Midi à Gand-St-Pierre.

Les compositions de béton sont les mêmes que celles du pont de Luttre.

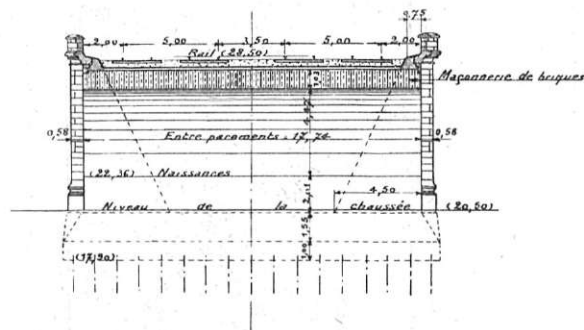
Nous donnons à titre documentaire des vues et coupes du pont prévu antérieurement en maçonnerie de briques et du pont construit en béton. (Fig. IV.)

I. Ouvrage prévu primitivement (non exécuté).

Demi-coupe transversale normale.

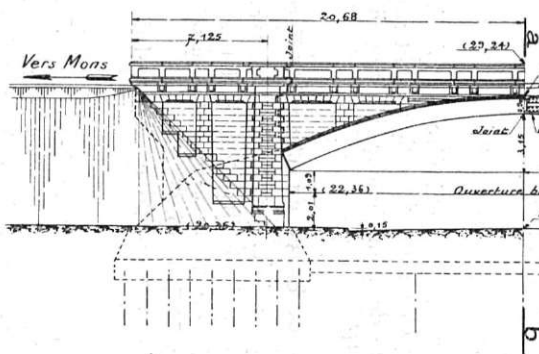


Coupe c-d.

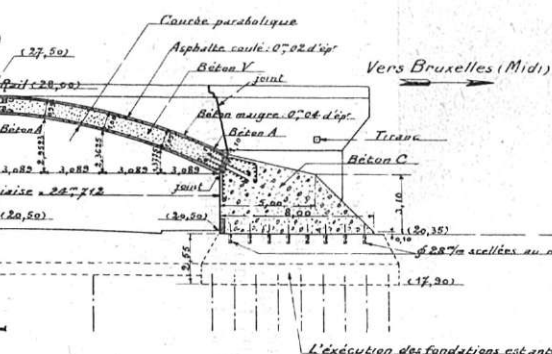


II. Ouvrage exécuté.

Demi-élévation.



Demi-coupe transversale biaisée.



Coupe a-b.

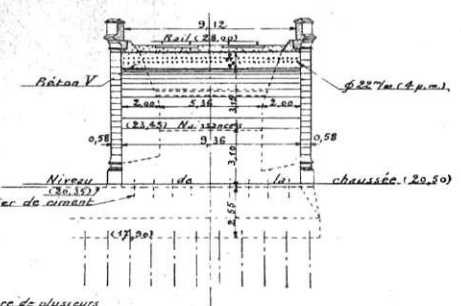


Fig. IV. — Ligne de Bruxelles (Midi) à Mons surélevée. Passage inférieur de 24 m. 00 d'ouverture normale pour la rue du Charroi (Forest).

Passages supérieurs en béton.

Dans la construction des nouvelles lignes de chemin de fer pendant ces dernières années, on a prévu dans certains cas de tranchée profonde en terrain ferme un type de passage supérieur caractérisé par une voûte en béton sur massifs de fondation en béton avec reins et culées élégis.

La voûte inarticulée est peu armée aux retombées et à la clef pour absorber les tensions de température et de retrait. Les reins et culées sont élégis par voûtes secondaires en plein cintre sur piles minces. Ce type d'ouvrage a été construit notamment sur la ligne de Schaerbeek-Hal à Beersel et à Tourneffe, sur la tranchée du détournement Braine-le-Comte - Hennuyères et également sous la route de Tournai au-dessus du détournement Hal-Brages. (Photo 16 et Fig. V.)

Ligne de Bruxelles-Midi à Gand-Saint-Pierre.

Ouvrages sur le Molenbeek et le Cauterbroekbeek.

Nous pouvons citer comme offrant un certain intérêt, non pour la portée mais pour le dispositif de construction, deux ouvrages construits sur la nouvelle ligne de Bruxelles-Midi à Denderleeuw sur le Molenbeek et le Cauterbroekbeek.

Ces ouvrages sont des viaducs courts à 3 arches sur piles et culées hautes, minces et évidées portant des voûtes en béton non armées.

Les piles sont fondées sur pilotis, les semelles de fondation étant réunies au milieu par un cadre servant de cunette au ruisseau et latéralement par des entretoises en béton armé.

Les murs en retour sont des ailerons réduits au minimum.

Ces ouvrages sont légers et économiques. (Photo 17 et Fig. VI.)

Passages inférieurs voûtés en béton.

Dans la réalisation des nouvelles lignes ferrées, il faut prévoir dans de nombreux cas l'exécution de passages inférieurs pour routes, la différence de niveau entre le rail et la route étant assez réduite. Quand c'est possible, la société de chemin de fer donne toujours la préférence à un ouvrage voûté en maçonnerie sur un pont à tablier métallique.

Les raisons principales de ce choix sont une plus grande marge de surcharge pour l'avenir et un moindre entretien en faveur du pont voûté en maçonnerie.

Dans ces dernières années, on s'est résolu à utiliser le béton sur une large échelle dans l'exécution de ces ouvrages. Les voûtes en béton sont généralement non armées, sauf le cas des ouvrages biaisés dans lesquels les têtes seules sont armées. (Voir Photo 18.)

Les petits ouvrages sont inarticulés. A partir des ouvertures de 12 à 15 m. environ et au delà avec fondations en terrain meuble assez compressible les voûtes sont articulées. Les articulations sont réalisées simplement par une coupure du joint avec interposition d'une plaque de carton bitumineux; quelques barres centrales traversent le joint pour servir d'ancrages et éventuellement absorber l'effort tranchant. Les joints de naissance coïncident toujours avec les joints de rupture. Les culées sont exécutées jusqu'aux naissances inclinées, la voûte venant se poser après coup sur ses retombées. Ce procédé entraîne une économie dans les matériaux et dans les cintres. (Fig. VII.)

Les culées sont tracées de manière à constituer l'épanouissement logique de la voûte jusqu'aux fondations. Dans certains cas les piédroits ont été évidés par cham-

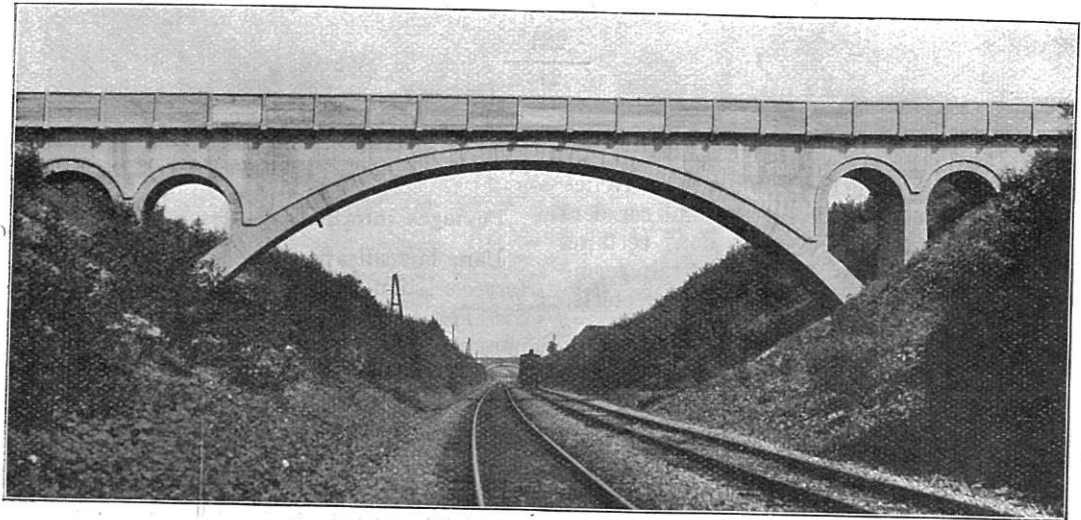


Photo 16. — Ligne Schaerbeek-Hal. Passage supérieur de Beersel.

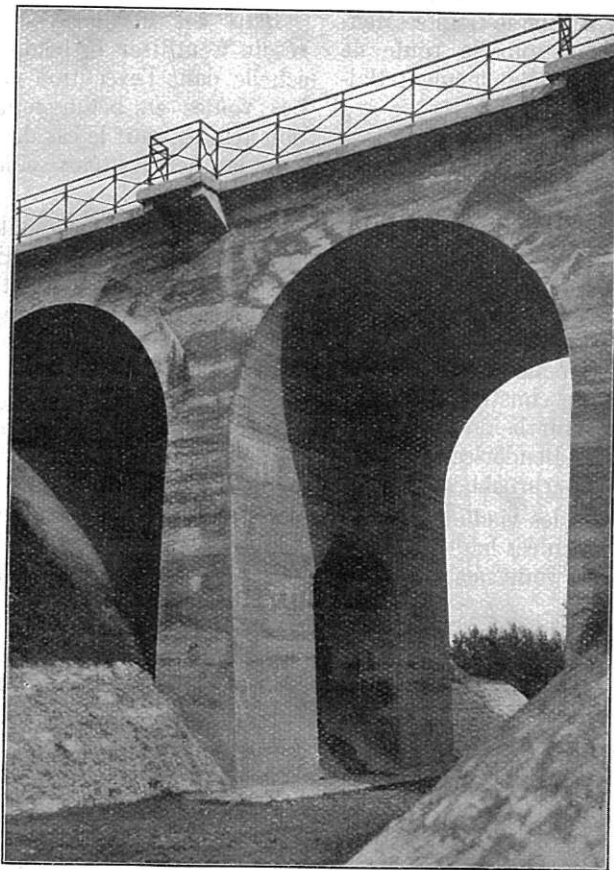


Photo 17. — Ligne de Bruxelles (Midi) à Gand-St-Pierre. Ouvrage sur le « Molenbeek ».

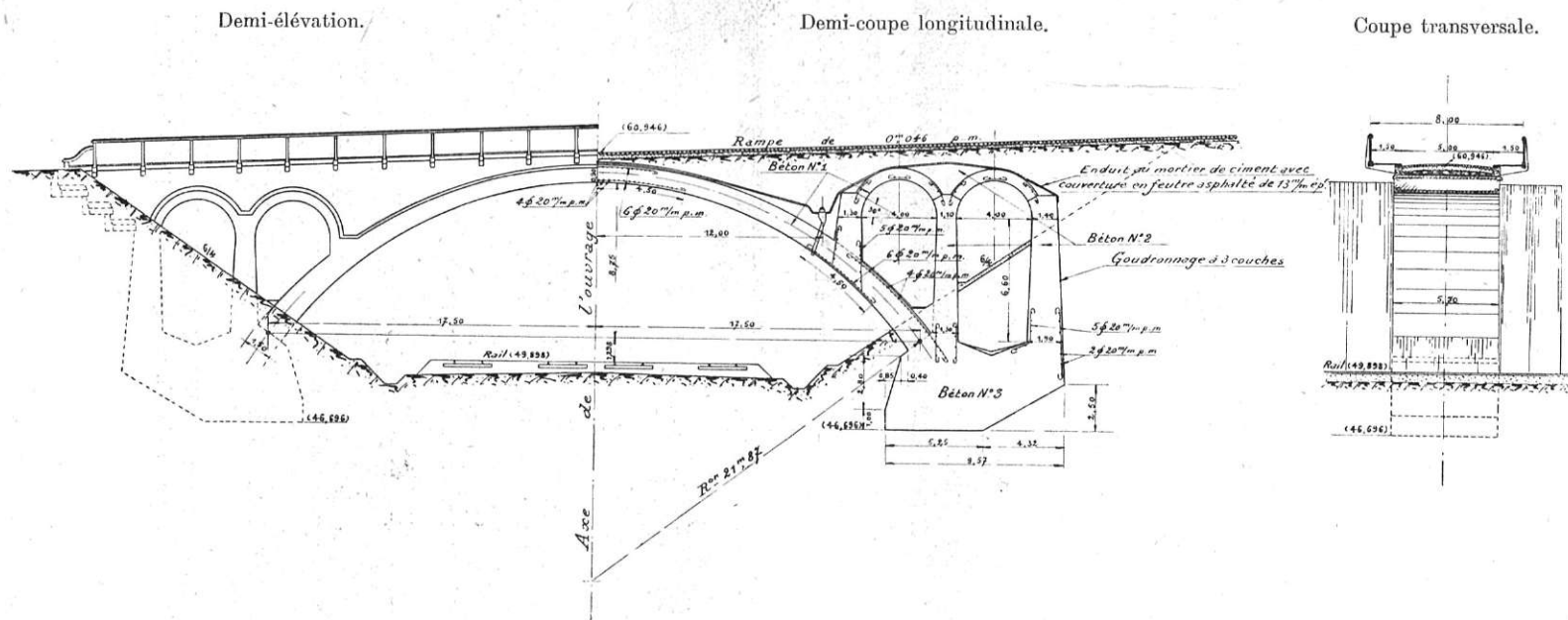
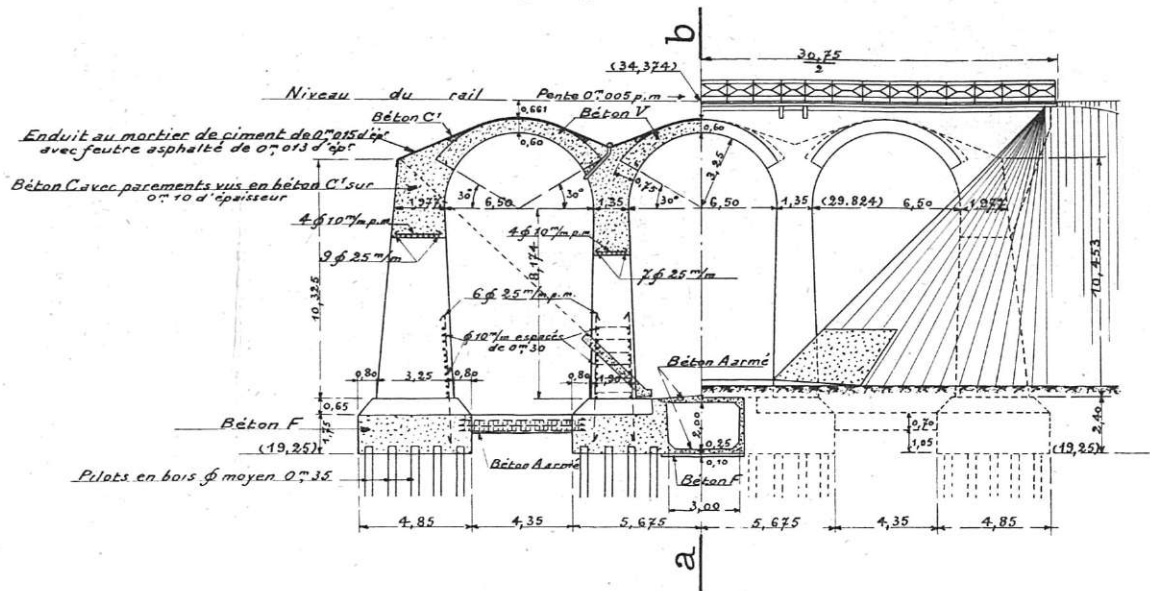


Fig. V. — Ligne de Schaerbeek-Hal. Passage supérieur du chemin du cimetière (Tournepe).

Coupe longitudinale.



Coupe a-b.

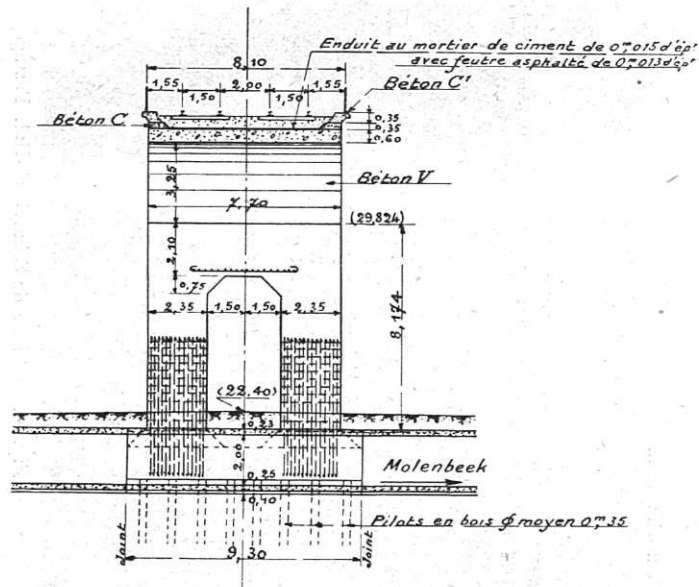


Fig. VI. — Ligne de Bruxelles (Midi) à Gand-St-Pierre. Passage inférieur établi pour le détournement du chemin n° 11 et du « Molenbeek » (Wambeek).

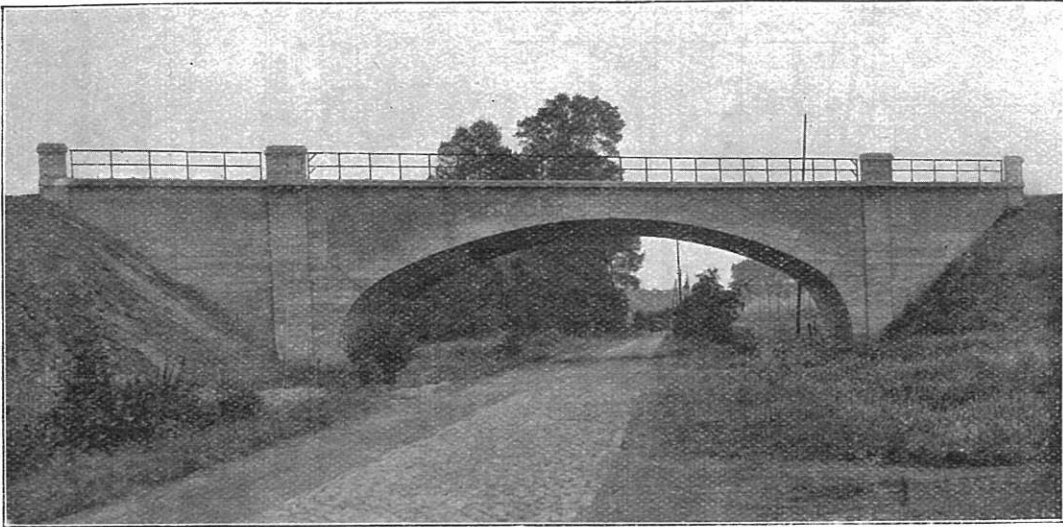


Photo 18. — Pont de la Hooge Bistbaan, Anvers-Eeckeren.

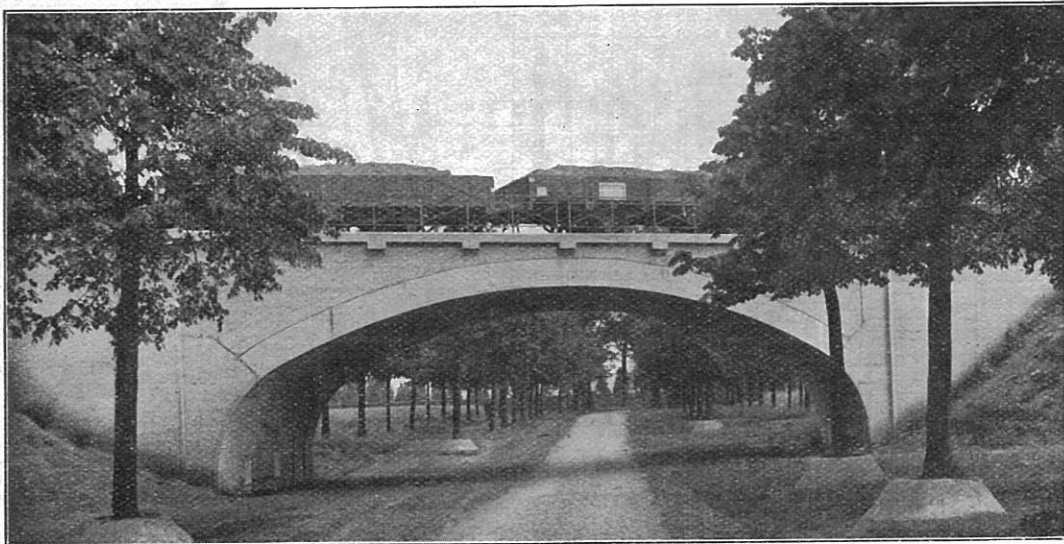
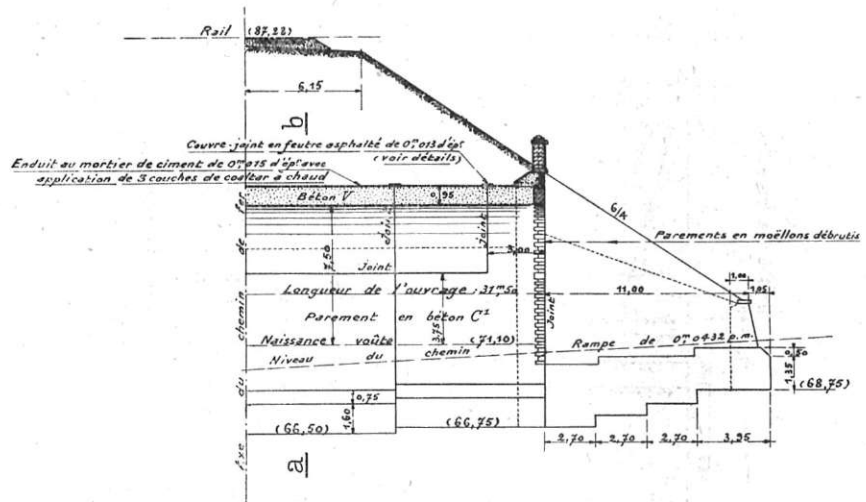
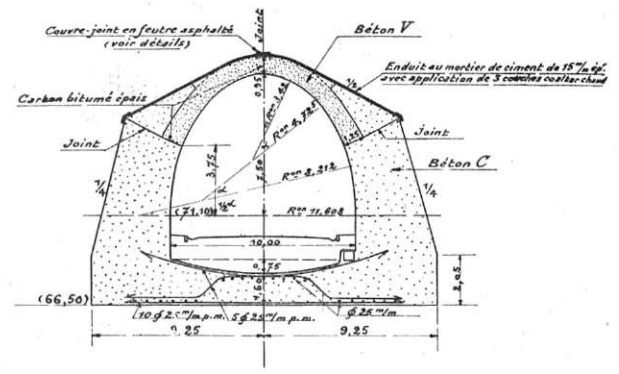


Photo 19. — Pont de la Driehoekstraat, Anvers-Eeckeren.

Demi-coupe longitudinale.



Coupe transversale a-b.



Couvre-joint type en feutre asphalté à réaliser sur les reins de la voûte, au droit des joints.

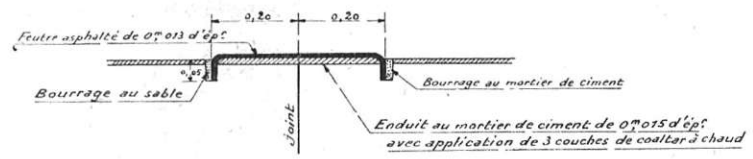


Fig. VIII. — Ligne de Fexhe-le-Haut Clocher à Kinkempois. Passage inférieur de la rue du Perron à la Cée 9631.92 (Ougrée).

bres. La forme d'intrados de la voûte est généralement une anse de panier à surbaissement de $1/3$ ou de $1/4$.

Nous donnons ci-annexée une série de coupes d'ouvrages de portées diverses indiquant assez clairement le dispositif de construction. (Fig. VIII.)

Nous donnons également ci-annexée la coupe d'un P. I. construit sur la nouvelle ligne de Fexhe à Kinkempois à Ougrée. Ce P. I. a une voûte surhaussée pour atténuer la charge du haut remblai; d'autre part, pour éviter des fissures défavorables à la mise en charge, les voûtes sont coupées aux joints de naissance et de clef et le corps de l'ouvrage est lui-même sectionné dans le sens longitudinal pour obvier aux tassements irréguliers possibles.

Dans les cas de fondations en terrains compressibles, les coupes aux joints de voûte se justifient par la préoccupation de soustraire l'ouvrage à des fissures malencontreuses lors de la mise en charge.

Le pont est construit nu sans surcharge de terre d'aucune sorte; dans cet état, il se comporte parfaitement sans laisser apparaître la moindre trace de fissure.

L'épreuve redoutable est celle des rem-

blais derrière les culées. Le pont peut être construit avec des dimensions suffisantes pour résister d'une part aux poussées de la voûte, d'autre part à la poussée des terres. Au remblai le terrain sous-jacent est chargé. Comme il est compressible, il se comprime verticalement et gonfle latéralement suivant un certain coefficient de Poisson. Cette poussée latérale s'exerce sur le terrain sous-jacent des fondations et sauf précautions spéciales des fissures apparaissent en élévation. Le phénomène indiqué est classique et l'expérience montre qu'il faut prendre des précautions préalables.

L'une d'elles est de couper les voûtes aux joints, de façon à localiser les mouvements en leur ôtant de cette façon tout caractère préjudiciable à la stabilité et à l'esthétique de l'ouvrage.

* * *

Les plans de ces ouvrages ont été dressés par le Service central d'études d'ouvrages d'art de la Société Nationale des Chemins de fer belges avec la collaboration de MM. Wasterlain, Clément, Degreef et Deryckere, ingénieurs.