

Les Viaducs Nord et les murs de soutènement dans les travaux de la Jonction Nord-Midi

PAR

M. DE SAEGHER

Ingénieur principal à l'O. N. J.

35926

Les ouvrages de la Jonction Nord-Midi exécutés jusqu'à ce jour sous la direction de l'« Office National pour l'Achèvement de la Jonction Nord-Midi », désigné plus loin sous l'abréviation O.N.J., comprennent ceux situés entre la nouvelle gare du Nord et la tête Nord du tunnel et environ 1.400 mètres du tunnel de la Jonction (longueur totale : 2.000 mètres).

Nous examinerons ci-après, sous leurs aspects techniques, les ouvrages d'art de la rue des Plantes et de la rue de Brabant et les murs de soutènement faisant partie des travaux de la Jonction.

Le plan général de la Jonction Nord-Midi, publié en hors texte dans le numéro 11 de la présente revue, situe les différents ouvrages étudiés ci-dessous.

Entre le viaduc de la rue des Plantes et celui de la rue de Brabant, il fut décidé, lors de l'étude de ces ouvrages, de prévoir l'exécution d'une construction sous voies à deux étages, pouvant être utilisée comme garage.

Ce fut le garage double comprenant, rue de Brabant, une entrée et une sortie correspondant à l'étage inférieur et, rue des Plantes, une entrée et une sortie correspondant à l'étage supérieur.

Ces trois ouvrages sont réalisés au moyen d'assemblages de poutrelles d'acier à larges ailes du type Grey, enrobées de béton après rivetage et réglage.

Le garage double est situé sous la zone d'épanouissement des voies comprenant des liaisons, bifurcations, branchements, traversées-jonction, etc., comprise entre les six voies du tunnel de la Jonction et les douze voies prévues au droit des quais de la nouvelle gare du Nord surélevée. Il présente de ce fait un contour extérieur irrégulier.

Cependant, les colonnes intérieures du garage ont pu être alignées suivant deux directions orthogonales. Aussi, les deux hourdis du garage sont-ils formés de panneaux rectangulaires de 9 m 25 X 8 m 25.

Les dalles intermédiaires (plafond du garage inférieur) sont armées de barres rondes, tandis que les dalles supérieures (plafond du garage supérieur) directement sous voies sont armées de poutrelles généralement à travées continues et de portées égales. Des joints de dilatation, orientés suivant les deux directions orthogonales des colonnes, coupent la continuité des poutrelles. L'étanchéité de ces joints est réalisée au moyen de feuilles de cuivre de 3/10 mm d'épaisseur. Ces dernières sont interrompues au croisement de deux joints orthogonaux, où elles sont remplacées par des couvre-joints spéciaux en acier coulé, combinés avec une disposition spéciale de la conformation de la partie supérieure des dalles sous-jacentes.

Deux hypothèses ont été envisagées pour le calcul de la dalle intermédiaire non sollicitée par le passage des trains :

1. Surcharge fixe de 1500 kg/m² sur toutes les dalles en même temps;
2. Surcharge fixe uniformément répartie de 750 kg/m² et surcharge mobile de 750 kg/m².

Cette dalle a été calculée dans l'hypothèse de la sollicitation la plus défavorable.

La dalle supérieure, par contre, porte comme poids mort, en plus de son poids propre, le poids d'une chape d'étanchéité, du béton de protection de cette chape, du ballast, des voies et traverses, soit au total 3250 kg/m².

La charge mobile correspondant à celle du train-type de la S. N. C. B. a été estimée à 3580 kg/m².

Les colonnes sont armées, comme les hourdis supérieurs, de poutrelles Grey enrobées de béton après réglage définitif. Elles prennent appui sur des semelles en béton armé répartissant les réactions sur un certain nombre de pieux Franki du type à base élargie, travaillant à raison de 70 tonnes par élément dans le cas de pieux verticaux et de 50 tonnes par élément dans le cas de pieux inclinés.

Le pont de la rue des Plantes présente un passage libre total de 20 m 50 divisé en deux parties égales par une pile médiane, et comprend deux travées continues, obliques par rapport à l'axe de la rue.

Le platelage du pont est formé de poutrelles Grey DIR 55 placées suivant la direction des voies, c'est-à-dire de biais par rapport à l'axe de la rue et à raison de deux par mètre courant.

Chaque élément du tablier comprend deux poutrelles de longueurs inégales, assemblées par plats et rivets aux environs de l'appui médian, dans la zone des moments nuls.

L'extrémité du tablier du pont, du côté de la tête Nord du tunnel, prend appui sur une culée en béton armé faisant également office de mur de soutènement retenant les terres sous voies du côté du tunnel. La culée repose sur une file de pieux verticaux et deux files de pieux inclinés à 25°.

La pile médiane du pont, formée d'une série de colonnes équidistantes et reliées par une poutre portante supérieure, prend également appui sur le terrain par l'intermédiaire de semelles et de pieux.

L'autre extrémité (côté gare du Nord) du tablier pose sur le mur en béton armé limitant le garage double.

Les deux culées de ce passage inférieur sont allégées de manière à pouvoir installer des vitrines publiques dans les évidements.

Le pont de la rue de Brabant a une ouverture orthogonale de 32 m 65 (y compris les deux galeries couvertes).

Le tablier de cet ouvrage comprend six travées. La continuité du platelage est interrompue au droit de la pile médiane située dans l'axe de la rue, de façon à permettre la dilatation normale du pont.

La pile médiane se compose de colonnes en béton armé de poutrelles Grey, écartées de 6 m d'axe en axe et s'appuyant sur des semelles en béton armé reposant elles-mêmes sur des pieux moulés dans le sol. Ces pieux présentent un refus, tel que la charge normale admissible atteint 70 tonnes.

Les colonnes de la pile médiane sont reliées à leur sommet par une poutre longitudinale composée de deux poutrelles Grey DIE 90 étrépillonnées haut et bas au moyen de plats et reliées entre elles par des boulons de dia 30 mm. Les âmes sont raidies au moyen de fers cornières.

Après enrobage de béton, cette poutre est parachevée par la mise en place à sa surface supérieure d'un plat en acier de 300 mm de largeur et de 30 mm d'épaisseur formant semelle de répartition d'un rail d'appui unique pour les deux demi-parties du pont, rail pesant 57 kg/mcrt.

Le premier projet du pont de la rue de Brabant comportait deux rails d'appui écartés de 80 cm, reposant sur la poutre de la pile médiane. La partie du pont côté gare du Nord prenait appui sur l'un des rails, l'autre rail portant la partie du pont côté garage double. Cette hypothèse permettait de prévoir un joint rectiligne dans la dalle du pont, joint orienté suivant l'axe de la pile médiane. La réalisation de ce joint, tant au point de vue bétonnage qu'au point de vue étanchéité, était simple et aisée.

La nécessité de devoir envisager l'une des deux grandes travées du pont fortement surchargée par rapport à la grande travée voisine conduisait à une sollicitation dissymétrique de la pile médiane du fait de réactions inégales sur chacun des rails d'appui.

Les colonnes de la pile médiane étaient sollicitées d'une part par les réaction verticales, d'autre part par les moments de flexion dus à l'inégalité des charges.

Comme l'épaisseur relativement faible des colonnes et leur raideur transversale réduite ne pouvaient

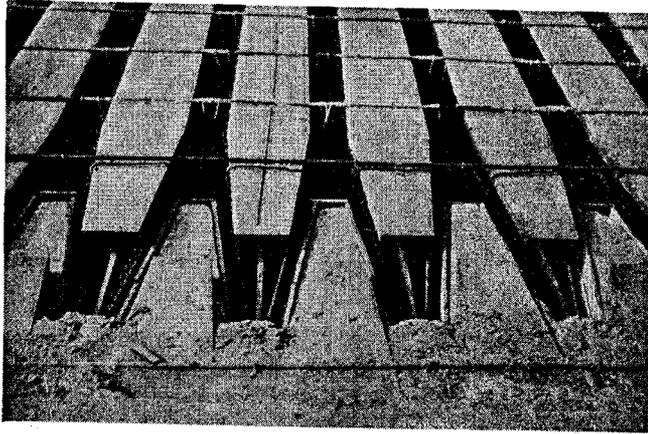


Fig. 1. Joint de dilatation du pont de la rue de Brabant.

(Cliché Science & Technique)

admettre une sollicitation par flexion élevée, l'hypothèse primitive des deux rails d'appui dut être remplacée par celle d'un rail unique.

Le nouveau projet, malgré qu'il compliquait la réalisation du joint de dilatation à prévoir suivant l'axe de la pile médiane, a pu être réalisé dans des conditions parfaites, conformément à ce qui sera exposé ci-après.

Le passage inférieur comprend de chaque côté de la pile médiane trois travées inégales dont la plus grande couvre la demi-largeur de la rue, la plus petite le trottoir couvert et la troisième les magasins futurs sous voies.

Le platelage des six travées du pont est formé de poutrelles Grey DIN 55 écartées de 45 cm, mais les axes des poutrelles des trois premières travées sont décalés de 22,5 cm par rapport aux axes des poutrelles des trois autres travées. (Fig. 2.)

Les extrémités des poutrelles au droit de l'appui médian sont découpées en sifflet, ce qui permet d'alterner l'appui des deux longues travées sur le rail médian. (Fig. 1.)

Le joint de dilatation qui était primitivement rectiligne devient dentelé et prend la forme de deux peignes s'emboîtant mutuellement. Ce joint en zigzag sur la hauteur des poutrelles se transforme dans la partie supérieure du béton en un joint rectiligne dans l'axe de la pile médiane par l'intermédiaire d'une succession de joints horizontaux alternativement à gauche et à droite de l'axe.

L'étanchéité du joint peut être réalisée sans difficulté au moyen de feuilles de cuivre de 0,3 mm d'épaisseur pliées en deux et enduites de bitume lors de la pose. Le pli est introduit dans le joint et permet la déformation de ce dernier.

Après avoir régulièrement lissé la surface entière du pont par un cimentage de 20 mm d'épaisseur, les deux extrémités de la feuille de cuivre sont rabattues sur les dalles en béton et accrochées à celles-ci au moyen de doguets. Les feuilles de cuivre sont recouvertes d'une double bande d'étoupe imprégnée et comprimée n'adhérant pas à celles-ci et leur permettant de se dilater librement.

L'étanchéité générale est réalisée au moyen d'une chape en feutre asphaltique recouverte par un béton protecteur.

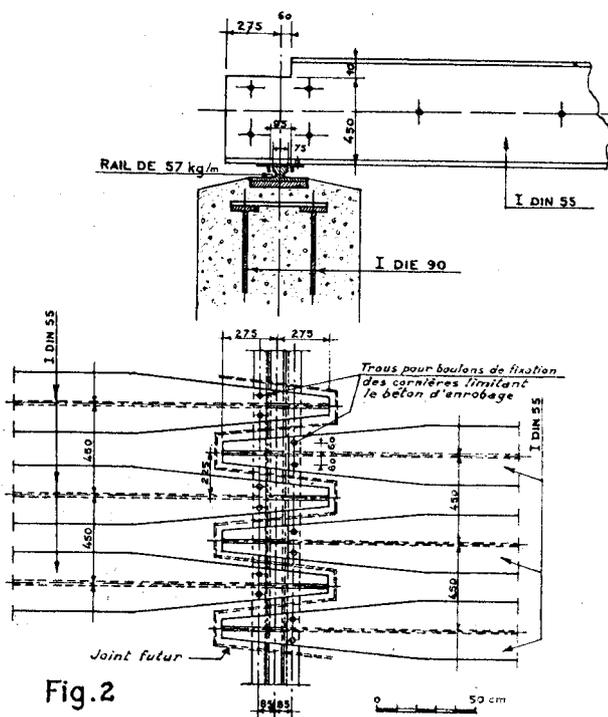


Fig. 2

(Cliché Science & Technique)

Le pont comporte donc deux tabliers indépendants à poutrelles enrobées s'emboîtant au-dessus de la pile médiane, située dans l'axe de la rue de Brabant déviée. La déviation de la rue a été nécessitée par le fait que les voies de la Jonction et particulièrement celles du côté de Schaerbeek coupaient l'alignement de la rue ancienne suivant un angle très aigu.

La non modification du tracé de la rue aurait nécessitée la réalisation de poutres de très grandes portées, pratiquement irréalisables, les niveaux des rails et les hauteurs libres sous tabliers étant fixés et inchangeables.

Les trois travées continues du pont pour la moitié côté gare du Nord ont successivement 8 m 50, 4 m 25 et 12 mètres de portée.

Les appuis centraux reposent sur les colonnes limitant les trottoirs couverts. Ces colonnes sont reliées entre elles par des traverses supérieures, de façon à constituer des portiques capables de résister aux efforts horizontaux de freinage, lacet, etc., auxquels la circulation des trains soumettra le tablier du pont.

Les travaux exécutés à ce jour comprennent toute une variété de murs de soutènement, depuis les murs de masse non armés, les murs en béton armé, les piédroits du tunnel jusqu'au mur à voiles minces formant culée du viaduc de la rue de Brabant.

Nous examinerons ci-dessous ces différents types de murs.

La suppression des contingents d'acier, vers 1941, a conduit la direction de l'O. N. J. à réduire, dans toute la mesure du possible, les quantités d'acier nécessaires à la réalisation de ses travaux, tout en permettant aux entrepreneurs adjudicataires d'éviter un arrêt complet dans leurs chantiers.

Aussi fut-il décidé que les deux murs de soutènement clôturant la partie à ciel ouvert de la Jonction, entre la tête Nord du tunnel et la culée du viaduc de la rue des Plantes qui devaient normalement être exécutés en béton armé, seraient remplacés par des murs en béton non armé.

Les deux murs est et ouest présentent des sections et des hauteurs variables suivant le niveau du bon sol. Les largeurs des bases de ces murs varient de 3 à 6 m 60. Les formes des sections transversales des murs et leur largeur à la base ont été déterminées de façon à réduire au minimum l'excentricité des efforts résultants dus aux charges verticales et aux poussées par rapport à l'axe de la base ainsi que les tensions maxima de compression du terrain. (Fig. 3.)

Dans l'alignement des murs est et ouest, il a été prévu trois massifs de fondation pour pylônes de caténaires.

Pour des motifs d'esthétique et de résistance, les pylônes ont une section en croix et présentent un fruit. Des précautions tout à fait spéciales devant être prises pour assurer une stabilité parfaite à ces pylônes, la Direction de l'O. N. J. prit la décision de faire exécuter par l'Institut Géotechnique de l'Etat, sous les auspices de son directeur M. G. De Beer, ingénieur, des essais de pénétration dans le terrain.

Les résultats de ces essais furent commentés par M. de Verdeyen, ingénieur-conseil de l'entrepreneur.

La lecture des diagrammes de M. De Béer permet de déduire qu'au niveau inférieur des fondations la résistance minimum moyenne était d'environ 20 kg/cm², ce qui, pour un coefficient de sécurité de 6, indiquait que l'on pouvait faire travailler le sol à une tension de compression de 3,33 kg/cm², c'est-à-dire largement supérieure à la tension maximum du sol sous les murs de masse et supérieure à la tension maximum du sol sous les massifs de fondation des pylônes.

Le murs de masse dont question ci-dessus présentent comme unique armature les barres d'ancrage des consoles portant d'un côté des caniveaux à câbles pour la ligne électrique future et de l'autre les murs limitant l'espace occupé par les voies de la Jonction Nord-Midi.

Les parois latérales du tunnel ont servi de murs de soutènement pendant la période d'achèvement de ce tunnel dans le cinquième tronçon, c'est-à-dire entre la tête Nord et le boulevard Botanique.

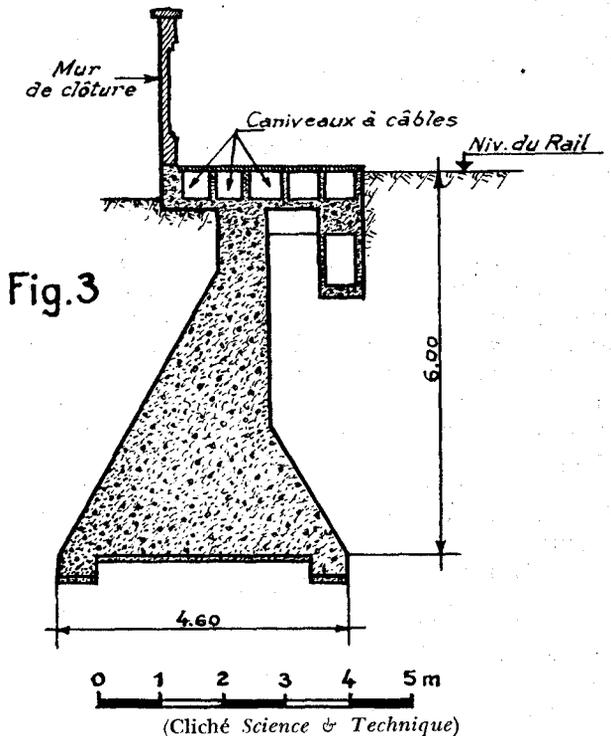


Fig. 3. (Caption for the cross-section of the retaining wall.)

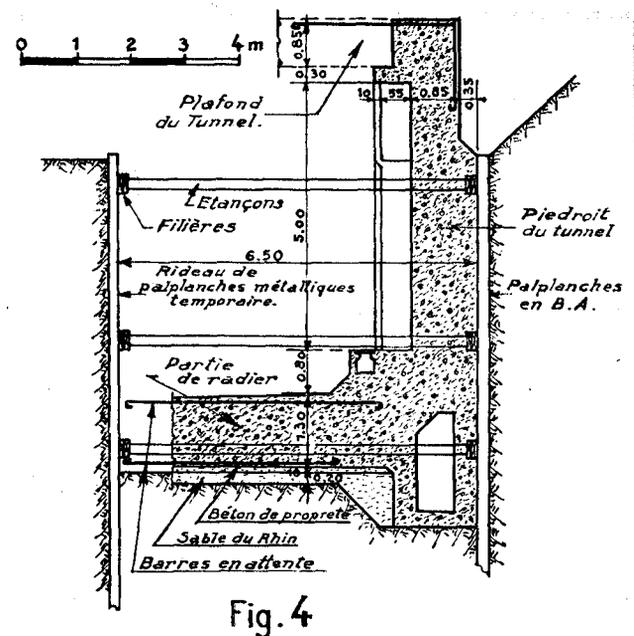
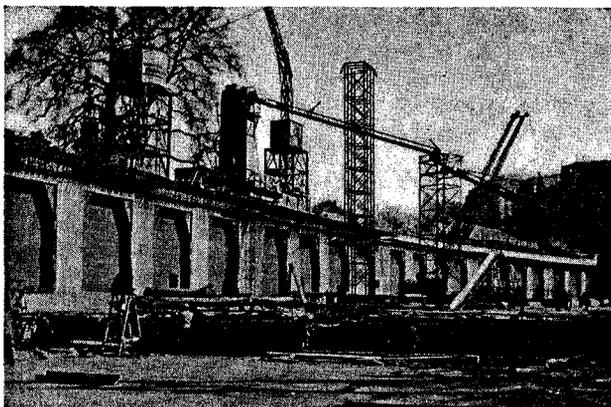


Fig. 4. (Caption for the detailed cross-section of the tunnel structure.)



Mars 1946.

Fig. 5. — Mur Est du cinquième tronçon du tunnel.
(Cliché *Science & Technique*)

ment les terres comprises entre ces murs jusqu'au niveau inférieur du radier futur.

Pour stabiliser ces murs, on a été conduit à faire exécuter, en même temps que les piédroits, une partie du radier du tunnel sur une largeur d'environ 3 m 50, des barres horizontales supérieures et inférieures étant laissées en attente à l'extrémité de la partie de radier réalisée pour permettre une liaison parfaite lors de la reprise ultérieure du bétonnage.

Une tranchée d'environ 6 m 50 de largeur fut exécutée (fig. 4). Elle était limitée d'un côté par un rideau de palplanches en béton armé qui devaient être abandonnées dans le sol. Ces palplanches en béton armé, qui furent exécutées sur chantier, remplacèrent les palplanches métalliques que les usines métallurgiques ne pouvaient plus nous livrer à cette époque. Leur étanchéité était évidemment nulle, mais ce défaut, qui aurait été inacceptable pour tous travaux à réaliser à proximité immédiate de bâtiments présentait beaucoup moins d'inconvénients dans le Jardin Botanique. Il fut d'ailleurs atténué en grande partie par l'exécution contre les palplanches de puits extérieurs à la tranchée remplis, après leur creusement, de sable et de gravier. Ces puits facilitaient de plus le rabattement de la nappe aquifère.

Si la tranchée était limitée d'un côté par un rideau de palplanches en béton armé contre lequel devaient être bétonnées les parois latérales du tunnel, elle fut limitée de l'autre par un rideau temporaire de palplanches métalliques faisant partie du matériel de chantier de l'entrepreneur.

Au fur et à mesure de l'enlèvement des terres de la tranchée, on étançonait les deux rideaux de palplanches par l'emploi de filières et de madriers. Suivant la profondeur de la tranchée, on utilisa deux ou trois étages d'étaçons. C'est à l'abri de cet étaçonnement qu'ont été réalisées les parois latérales du tunnel qui firent office de murs de soutènement pendant de longs mois.

Les deux parois latérales est et ouest du tunnel furent ainsi exécutées. Tout le travail complémentaire, soit l'enlèvement des terres, l'exécution du radier et du hourdis supérieur a été réalisé à l'abri de ces parois retenant les terres extérieures. (Fig. 5.)

Les premières sections du tunnel (côté Nord) comprennent deux pertuis, prévus chacun pour la pose de deux voies.

Dans les deux cas, le tunnel est calculé comme un cadre continu comprenant un hourdis supérieur sollicité par son poids propre et par celui des terres, un hourdis inférieur formant radier du tunnel, sollicité par les réactions du sol, les murs latéraux subissant les poussées des terres et une ou deux béquilles centrales discontinues et de moments d'inertie faibles par rapport à ceux des autres parties du cadre.

En plus de la sollicitation spécifiée plus haut, les parois latérales ont dû être calculées comme murs de soutènement.

En effet, en 1941-42, le manque d'acier pour l'achèvement des travaux dans le Jardin Botanique a conduit à ne réaliser tout d'abord que les murs latéraux du tunnel, afin d'utiliser ceux-ci comme murs de soutènement permettant de déblayer ultérieurement

Cette Revue

sort
des presses de l'

Imprimerie Solédi

Rue de la Province, 37

LIÈGE