

Photo Ed. Kutter jr.

Le Pont Grande-Duchesse Charlotte à Luxembourg

Construction

du Pont Grande-Duchesse Charlotte à Luxembourg

par Ferd. KINNEN,
Directeur des Ponts et Chaussées, Luxembourg

La ville de Luxembourg compte sur son réseau routier une soixantaine de ponts parmi lesquels tous les procédés et types ainsi que tous les matériaux de construction sont représentés. A côté des ouvrages datant du temps où la ville était une des forteresses les plus redoutables de l'Europe occidentale, on trouve plusieurs ponts de conception moderne. Le plus représentatif parmi ces derniers, quoiqu'ouvert à la circulation déjà au début du XX^e siècle, est le grand pont voûté conçu par le maître incontesté de cette époque, Paul Séjourné, le pont Grand-Duc Adolphe.

La construction du nouveau pont Grande-Duchesse Charlotte offrait aux responsables l'occasion d'ajouter à cet ensemble prestigieux un ouvrage présentant toutes les caractéristiques des temps modernes. Un concours international, lancé par le Gouvernement luxembourgeois en 1957, permettait le choix entre 68 projets différents. De ce très grand nombre de propositions un jury, dans lequel siégeaient aussi des spécialistes étrangers, a retenu plusieurs projets entre lesquels le Gouvernement a choisi finalement le pont en acier qui vient d'être mis en service en octobre 1966. (Les résultats du concours avec tous les détails y relatifs ont été publiés dans cette revue en 1964, N° 4).

Généralités

Le système choisi est un pont à béquilles dont tous les éléments portatifs sont constitués par des caissons en acier. La longueur totale de l'ouvrage est de 355 m et la distance entre les points d'appui

des béquilles est de 234,10 m. Les béquilles obliques divisent le tablier en trois longueurs de respectivement 95,42 m, 152,56 m et 107,02 m.

La plus grande hauteur au-dessus de la vallée est de 75,00 m et la largeur hors-tout du tablier de 25,07 m. Ce tablier, qui est formé par une dalle métallique du type orthotrope, est supporté par deux caissons de 6,0 m de largeur chacun et écartés d'axe en axe de 12,0 m. Les caissons ont des hauteurs variant entre 2,30 m et 6,386 m avec une hauteur au milieu du pont de 2,80 m. Les deux béquilles sont également formées de caissons qui ont une section de 2,00 x 2,00 m à la base. La béquille côté ville, qui a une longueur de 40,595 m, a une section de 6,09 x 6,00 m au point de rencontre avec le caisson du tablier contre 38,705 m et 6,84 x 6,00 m pour la béquille côté Kirchberg. Les épaisseurs des tôles varient entre 12 et 14 mm pour la dalle orthotrope, entre 10 et 14 mm pour les âmes des caissons et entre 10 et 34 mm pour les semelles des caissons. Le poids total de la construction métallique, y compris la superstructure, est de 4 785 t.

Fondation des culées et béquilles

Du point de vue géologique, la vallée de l'Alzette traversée par le pont est creusée dans une formation de grès calcaireux appelé «Grès de Luxembourg». Le fond de cette vallée se trouve en-dessous de cette formation et est constitué de marnes peu résistantes. Les deux versants ont donc subi les effets combinés de la poussée vers le vide et de l'érosion à la base ce qui a comme conséquence que la roche

pour chacune des deux béquilles du côté Ville, sont inclinés de resp. $21^{\circ}33'$ et $43^{\circ}49'$ sur l'horizontale. Un quatrième pieu vertical a été ajouté à chaque groupe pour assurer la stabilité en cours de montage. Les pieux ont un diamètre de 2,20 m et ont été bétonnés dans des puits creusés à la main. L'étiayage de ces puits a été réalisé par des cerces métalliques entre lesquelles des madriers en bois ont complété le coffrage. Les puits ont été évadés à leur base pour créer une chambre de travail permettant d'y installer l'équipement nécessaire au forage servant à l'injection du massif rocheux. Cette chambre, en forme de tronc de cône, avait à sa base un diamètre de 5,40 m. Pour pouvoir résister aux efforts transmis par les béquilles, toutes les crevasses et fissures de la roche ont dû être colmatées à l'aide de mortier. La partie à colmater fut délimitée par un voile d'injection afin d'éviter que le mortier ne s'écoule trop au delà du bloc nécessaire à une résistance suffisante aux efforts des appuis.

Ce bloc, qui était encore traversé par deux couches de limon dont l'une avait une puissance de 1,50 m et l'autre de 0,40 m, a été ensuite rendu entièrement compact par des injections en éventail à partir des chambres à la base des puits et à partir de la surface du sol. Après achèvement de ces injections, qui ont nécessité au total une quantité de 2302 m de forages remplis de 2904 t de ciment et 1665 t de sable, des forages de contrôle ont permis de vérifier le remplissage effectif des vides du rocher et l'emprisonnement des bancs limoneux pour en empêcher tout mouvement. Ces forages de contrôle ont une longueur totale de 372 m nécessitant des injections supplémentaires de 200 t de ciment et de 10 t de sable.

Les béquilles côté Kirchberg prennent appui sur le versant du fort Olizy dont la pente est moins prononcée que celle du côté Ville. En outre, la ligne de chemin de fer qui longe la vallée de l'Alzette, passe à

une distance assez grande du point d'appui ce qui rendait possible des excavations à ciel ouvert pour les assises des massifs de fondation. Toutefois le sous-sol rocheux étant formé du même grès que celui du côté opposé de la vallée, il était nécessaire de remplir les crevasses au moyen d'injections, avec la différence que ces injections ont pu se faire à partir de la surface rocheuse de laquelle on avait déblayé la couche de terre superficielle. En premier lieu on procéda à la mise en place de voiles latéraux pour empêcher une dispersion trop grande des injections. Ensuite, la masse rocheuse entre ces voiles fut rendue compacte à l'aide d'injections, dont les résultats furent également contrôlés par des forages supplémentaires.

La longueur totale des forages sur le versant Olizy a atteint 1132 m avec une quantité de 1440 t de ciment et 2550 t de sable pour les injections.

Ce n'est qu'après l'achèvement de tous ces travaux de consolidation, travaux qui essentiellement ont été réalisés sous terre, donc sans résultat visible pour toute personne non initiée, que les travaux de construction proprement dits ont pu démarrer.

Les deux culées sont des parties d'ouvrages assez importantes, réalisées en béton armé et revêtues de moellons de parement en grès du pays de couleurs différentes. La culée côté Ville a été dimensionnée de façon à pouvoir résister, en dehors des réactions d'appui du tablier, à des efforts de montage de 160 t vers le haut et de 100 t en direction inclinée à $28^{\circ}47'$ sur l'horizontale. Cette culée a une hauteur totale de 14,15 m. La culée côté Kirchberg atteint une hauteur de 17,30 m. A sa partie supérieure elle est évidée pour servir de garage au chariot de visite du pont. En-dessous de la fondation de cette culée passent des casemates de l'ancien fort Olizy qui ont été remplies de béton pour assurer une répartition uniforme des pressions.

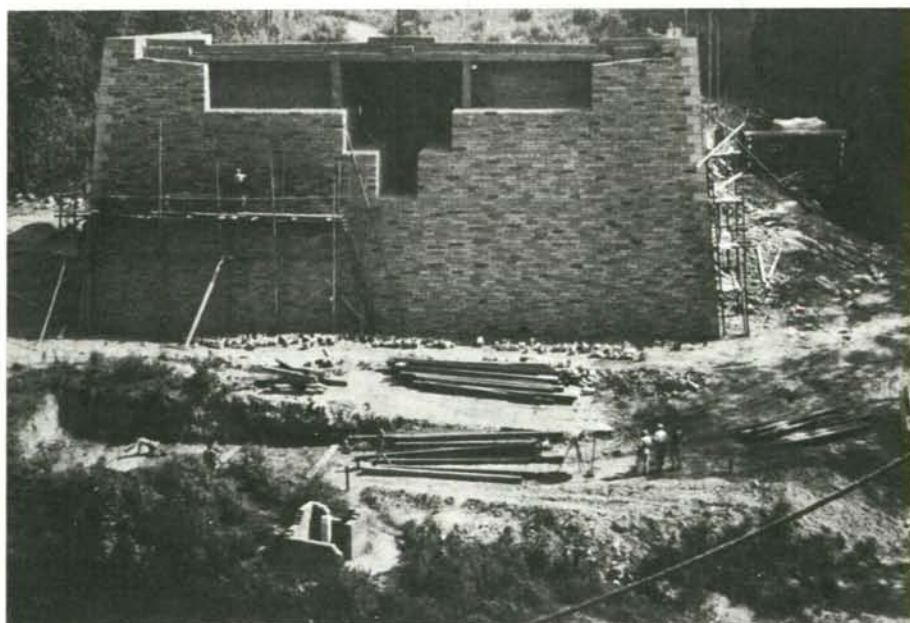


Fig. 3. Culée côté Kirchberg avec garage pour le wagon de visite

La quantité de béton armé mis en oeuvre pour la culée côté Ville est de 1510 m³ et pour celle du côté Kirchberg de 3354 m³.

Les socles pour les appuis des béquilles ont une forme en tronc de pyramide. Ils sont au nombre de quatre, à hauteurs inégales pour compenser les dénivellations du terrain. Les quantités de béton armé sont de resp. 194 m³ et 63 m³ côté Ville contre 222 m³ et 236 m³ du côté Kirchberg.

Afin de pouvoir parer, le cas échéant, à des dénivellations ultérieures pouvant provenir de tassements des fondations, les socles ont été coiffés de plateaux métalliques permettant un réglage des appuis. Ce réglage peut comporter des déplacements allant jusqu'à 20 cm en direction horizontale, 11 cm en direction verticale et 16,3 cm dans la direction des béquilles. Ces déplacements seraient réalisés à l'aide de vérins à placer en-dessous des plateaux métalliques. La position des appuis par rapport à des repères fixes est contrôlée périodiquement pour pouvoir dépister ces mouvements éventuels.

Construction métallique

Comme indiqué plus haut, le pont proprement dit est une construction métallique. Le tablier est porté par deux caissons parallèles prenant appui chacun sur les deux culées et deux béquilles. Chaque caisson a une largeur de 6,0 m et leur distance d'axe en axe est de 12,0 m. La hauteur des parois verticales est variable et atteint au maximum 6,386 m au droit des béquilles et au minimum 2,30 m sur les culées. Les parois verticales des caissons sont constituées de tôles ayant des épaisseurs variant de 10 à 14 mm, la paroi inférieure de tôles variant entre 10 et 34 mm. Toutes ces parois sont raidies par un grillage de raidisseurs transversaux et longitudinaux. Les raidisseurs transversaux sont formés de profils en T et les nervures longitudinales de profils à bulbes. En

outre, les caissons sont renforcés par des entretoisements distants de 10 à 12,50 m. Au point de rencontre des caissons avec les béquilles, un entretoisement rigide assure la transmission des efforts sur tous les éléments portants.

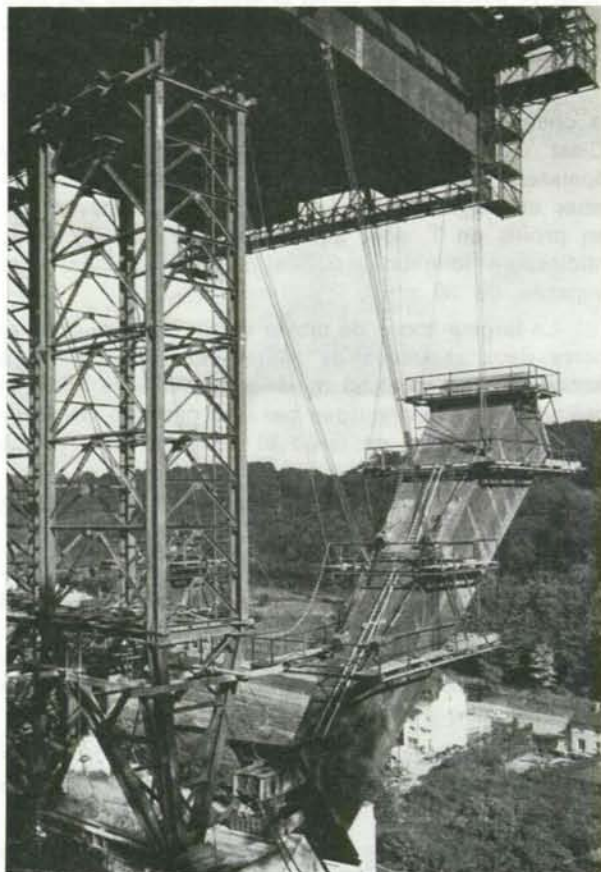


Fig. 4. Béquilles côté Ville

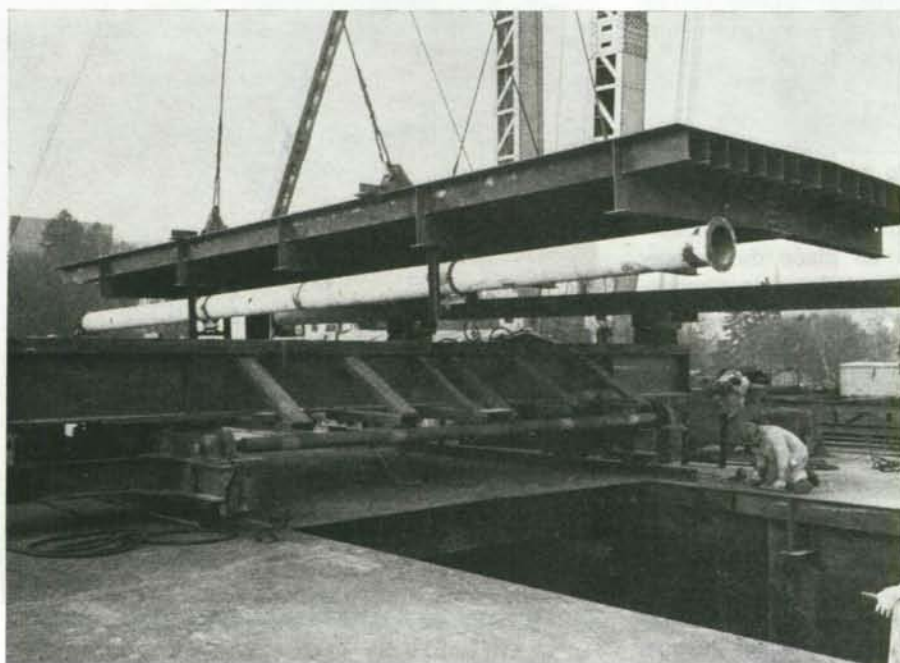


Fig. 5. Partie centrale du tablier avec conduites d'eau et de gaz

Les 4 béquilles sont aussi constituées de caissons, en forme de troncs de pyramide avec une section de 2,00 x 2,00 m aux points d'appui sur les fondations et resp. 6,09 x 6,00 m du côté Ville et 6,84 x 6,00 m du côté Kirchberg au point de rencontre avec les caissons supérieurs. L'épaisseur des tôles varie entre 10 et 14 mm pour les âmes et entre 10 et 26 mm pour les semelles. Le raidissement de ces tôles est identique à celui des caissons.

Le platelage forme à la fois le soubassement de la chaussée et les parois supérieures des caissons. C'est une dalle métallique, dite orthotrope, d'une épaisseur de 12 à 14 mm avec raidisseurs transversaux et longitudinaux. Les raidisseurs transversaux, en profils en T, sont équidistants de 2,50 m et les raidisseurs longitudinaux, en profils à bulbes, sont espacés de 30 cm.

La largeur totale du tablier est de 25,07 m et comporte deux chaussées de 9,00 m séparées par une bande centrale de 1,50 m, deux trottoirs de 1,965 m délimités vers la chaussée par une glissière de sécurité ayant 0,65 m de large et deux garde-corps de 0,17 m.

Le poids total de la construction métallique atteint un tonnage de 4785 t.

Aux deux extrémités, le tablier métallique transmet les efforts sur les culées par l'intermédiaire de 4 appuis à rouleaux dont chacun peut supporter 285 t. Les 4 béquilles reposent sur leurs fondations par l'intermédiaire de rotules sphériques capables chacune de transmettre une charge de 3860 t.

La dilatation du pont peut atteindre des deux côtés une longueur de 45 cm pour des températures variant entre -20° et $+40^{\circ}$.

Les aciers mis en oeuvre sont pour les parties principales de l'ouvrage de qualité St 52-3. Au point de rencontre des béquilles avec les caissons supérieurs on a évité une surabondance de soudures par l'emploi de pièces en acier forgé de qualité correspondant à l'acier St 52-3. De même les parties inférieures des béquilles sont en acier forgé.

Travaux de montage

Les travaux de montage du pont ont évidemment fourni les phases les plus spectaculaires de tout l'ouvrage. Ils ont démarré officiellement à la date du 20 juin 1963, par la mise en place du premier élément de caisson par S. A. R. Madame la Grande-Duchesse Charlotte en présence des membres du Gouvernement luxembourgeois et d'un grand nombre de représentants diplomatiques étrangers et de personnalités du monde technique luxembourgeois.

Les caissons ont été assemblés au chantier. Des éléments de caisson, de dimensions allant jusqu'à 3 x 13 m, ont été préparés en usine, en Allemagne, avec soudure de tous les raidisseurs. Ces panneaux ont été transportés par chemin de fer jusqu'en gare de Luxembourg d'où ils ont été amenés au chantier sur camions. Au chantier ces panneaux ont été soudés ensemble pour former des caissons ayant jusqu'à

13,0 m de longueur. Ces caissons ont ensuite été transportés par un chariot sur rails en-dessous de la grue de montage pour la mise en place définitive. Avant montage, chaque caisson entièrement soudé, a été ajusté au chantier d'assemblage aux deux caissons suivants pour faciliter au maximum le montage définitif.

Pour cette opération, les joints sur les faces verticales et le plan horizontal inférieur ont été boulonnés par des boulons à haute résistance tandis que le joint dans le plan horizontal supérieur a été soudé. Pendant ces travaux d'assemblage, le caisson était suspendu à la grue de montage qui pouvait supporter une charge de 60 t.

Le soudage des caissons ainsi que leur montage ont été réalisés à partir d'un seul côté seulement. Un montage simultané avançant des deux côtés aurait accéléré l'avancement des travaux, mais aurait par contre nécessité l'installation de deux chantiers avec ses conséquences financières. La culée côté Ville étant le mieux accessible, c'est à partir de celle-ci que tout le montage a été réalisé. Des piliers provisoires en charpente métallique ont servi d'appui en cours de montage. Ces piliers, au nombre total de 9, ont reposé sur des fondations provisoires ou sur les supports des béquilles. Ils ont été déplacés en cours de montage, c'est-à-dire que ceux d'entre eux qui, après un certain avancement, n'avaient plus de charge à sup-

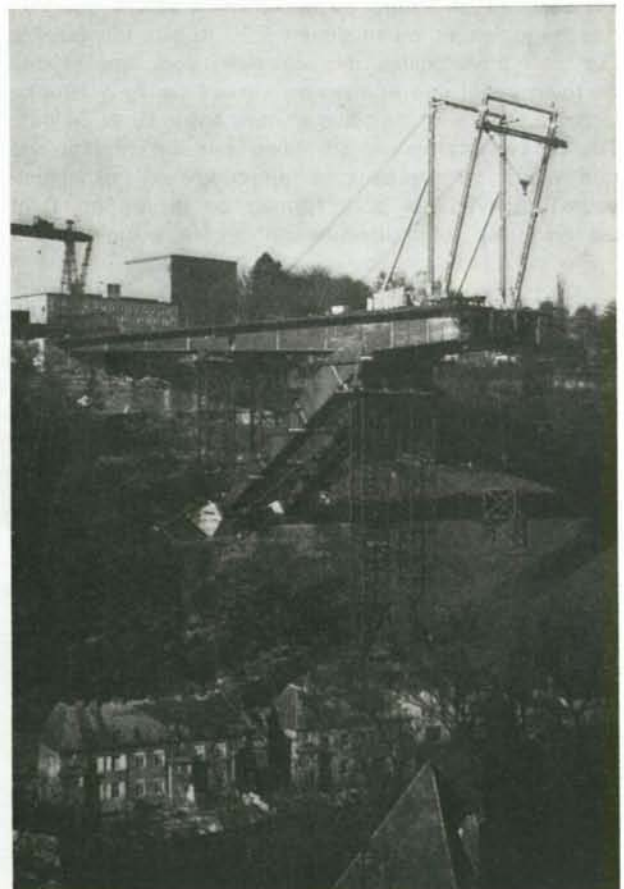


Fig. 6. Assemblage des piliers provisoires



Fig. 7. Ajustage des caissons au chantier

porter, ont été réutilisés à un autre endroit. Le pilier le plus grand avait une hauteur de 65 m. Les distances entre les piliers, qui étaient variables, ont été franchies en porte-à-faux. Cette distance était la plus grande au milieu de la vallée où elle atteignait 67,50 m avec une hauteur au-dessus de l'Alzette de 75 m. Cinq caissons successifs ont dû y être assemblés en porte-à-faux pour atteindre le pilier suivant.

Les béquilles ont aussi été assemblées en plusieurs tronçons. Pour celles du côté Ville l'assemblage a commencé en bas tandis que les béquilles du côté Kirchberg ont été assemblées en descendant à partir

des caissons supérieurs, les différentes pièces étant mises en place à l'aide de la grue de montage au-dessus du tablier et attachées au pont à l'aide de câbles. Les travaux préparatoires très minutieux ont rendu possible l'achèvement de toutes ces phases très délicates du montage sans courir des risques imprévus.

Pendant tous les travaux de montage, la superstructure entière du pont était ancrée dans la culée côté Ville qui à cet effet avait été dimensionnée spécialement comme il a été décrit plus haut. Les piliers provisoires, bien qu'étant hautbannés, n'avaient donc

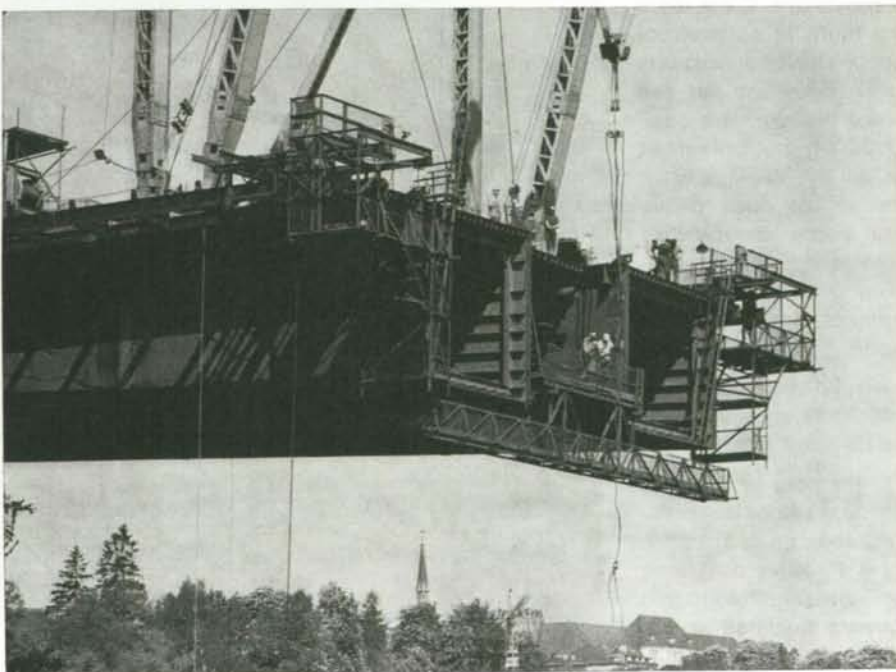


Fig. 8. Echafaudage auxiliaire pour le montage



Fig. 9. Phase de montage au-dessus de la vallée de l'Alzette

à supporter que des efforts verticaux. Pour le réglage du pont, chaque tête de pilier était munie de vérins hydrauliques.

Les béquilles ont été maintenues en suspension au tablier du pont jusqu'au moment où le montage avait atteint l'avant-dernier pilier provisoire. C'est alors seulement qu'à l'aide des vérins toute la superstructure fut abaissée pour donner appui sur les fondations des béquilles et pour faire reposer l'ouvrage sur ses propres éléments. La mise en place des derniers caissons jusqu'à la culée côté Kirchberg ne présentait plus aucune difficulté. Après un dernier réglage pour donner au pont sa forme définitive les deux piliers provisoires, qui étaient restés en place, ont pu être enlevés. Les travaux de démontage des piliers provisoires ont été réalisés par une grue spéciale qui permettait d'évacuer les différents éléments constituant les piliers par le tablier du pont.

Le montage était terminé le 28 octobre 1964, sans que l'entreprise ait eu à déplorer un seul accident grave ni la perte d'une seule vie humaine.

Tous les aciers, électrodes et fils pour le soudage mis en oeuvre ont été réceptionnés selon les prescriptions de la Deutsche Bundesbahn. En outre, des essais spéciaux ont été réalisés à l'Institut de Génie Civil de l'Université de Liège. Toutes les soudures ont été exécutées par des soudeurs qualifiés et vérifiées par un contrôle radiographique.

Travaux de conservation et de peinture

Tout ouvrage métallique destiné à une longue vie doit être protégé minutieusement contre les intempéries et les agents destructeurs atmosphériques. Cette protection est absolument indispensable non seulement pour les parties exposées à l'air libre, mais également pour les parties intérieures des caissons ainsi que des tôles qui se recouvrent après l'assemblage aux boulons.

En ce qui concerne ces dernières parties, qui auraient été inaccessibles après le boulonnage, elles ont été sablées à blanc juste avant le montage, c'est-à-dire avant l'exécution des joints.

Les faces intérieures des caissons ont également été traitées avant leur montage. Comme il avait été décidé de n'appliquer les différentes couches de peinture qu'après sablage à blanc de toutes les surfaces, il aurait été très difficile de procéder à ces travaux à l'intérieur d'un caisson de 355 m de longueur. Le développement de poussière dans ce tunnel aurait rendu presque impossible les travaux de sablage. C'est la raison pour laquelle les faces intérieures de chaque tronçon de caisson furent soumises au sablage au chantier d'assemblage.

On y appliqua également 1 couche de peinture antirouille, avec une épaisseur minimum de 40 mi-



Fig. 10. Montage d'un caisson de béquille côté Kirchberg

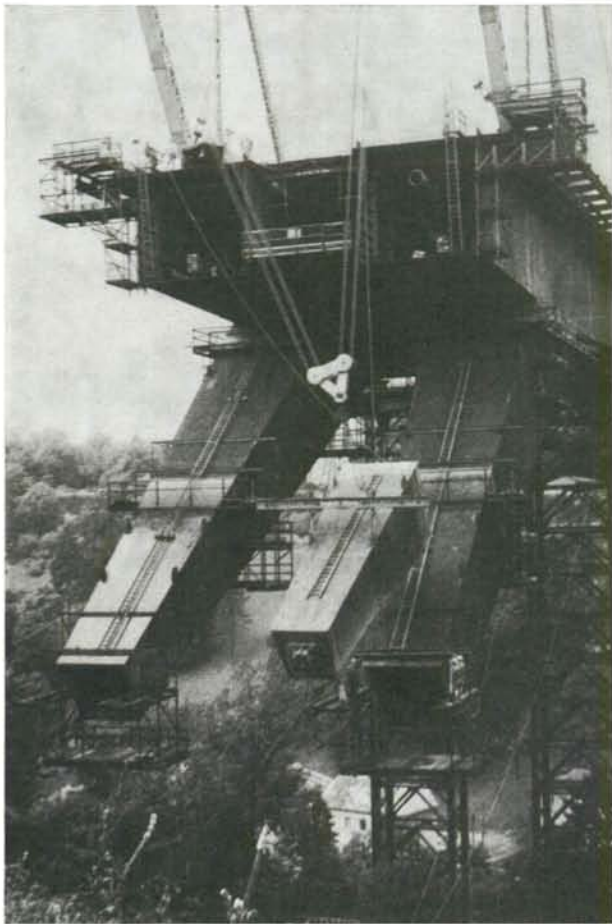


Fig. 11. Montage d'un pied de béquille côté Kirchberg

crons. Après l'achèvement complet du montage, deux couches complémentaires furent encore appliquées à l'intérieur des caissons. Ces deux couches ont des épaisseurs minima de resp. 30 et 20 microns.

Les quantités totales de peinture mises en oeuvre pour les faces intérieures sont de 29 t pour une surface totale de 47200 m².

La mise en peinture des faces extérieures du pont était beaucoup plus difficile à réaliser tout en nécessitant une attention particulière. D'un côté toutes les opérations ne pouvaient se faire qu'après achèvement complet des travaux de montage, ceci dans le but d'exposer les tôles nues assez longtemps à l'atmosphère pour faciliter le nettoyage de la rouille et de la calamine. De l'autre côté les travaux ont nécessité la construction d'échafaudages et la mise en service de plateformes mobiles. Les quatre béquilles ont été entourées chacune d'un échafaudage tubulaire permettant d'accéder à tous les points. Pour les caissons en-dessous du tablier, l'entreprise de peinture a fait usage d'un chariot pour chaque travée. Les trois chariots, d'une construction spéciale pour ce cas particulier, se déplaçaient sur les rails fixés sous le tablier et destinés au wagon de visite du pont. Les chariots portaient des cabines à l'intérieur desquelles les ouvriers avaient accès aux faces inférieures du tablier et des caissons ainsi qu'aux faces latérales de ces derniers. Les cabines étaient complètement fermées pour protéger les ouvriers et surtout pour éviter la chute du sable dans la vallée.

La production d'air comprimé se faisait à partir du tablier à l'aide de compresseurs de grande puissance.

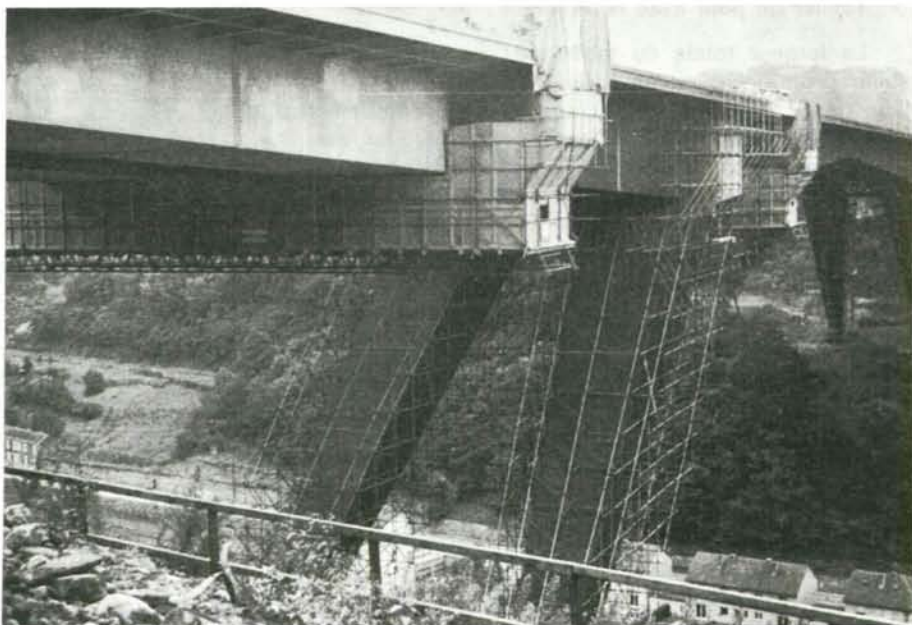


Fig. 12. Echafaudage pour la mise en peinture extérieure

Le sablage très minutieux a été suivi sans délai de la métallisation au zinc pur d'une épaisseur de 100 microns. Ensuite il a été appliqué quatre couches de peinture dont l'épaisseur totale atteint aussi 100 microns. La première peinture est une couche d'accrochage au chromate de zinc, les deux suivantes des couches de peinture intermédiaire et la quatrième une couche de finition spécialement fabriquée pour les besoins. Chacune des quatre couches de peinture avait une couleur différente afin de permettre un contrôle efficace de son application. La couleur de la dernière couche, le rouge, a été retenue pour faire ressortir au mieux les lignes harmonieuses de l'ouvrage même en période de temps maussade. Par temps ensoleillé, le contraste de la couleur rouge avec le paysage verdâtre entourant le pont anime heureusement la vue.

Le sablage des faces extérieures du pont a nécessité la mise en oeuvre de 650 t de sable. Pour la métallisation on a appliqué 52 t de zinc et pour les quatre couches de peinture 16,4 t de couleur, le tout pour une surface totale de 34 000 m².

Toutes les autres parties métalliques du pont, c'est-à-dire les garde-corps et les glissières de sécurité ont été traitées de façon similaire. Après sablage et métallisation elles ont été peintes en quatre couches dont les deux dernières sont des couleurs extra-dures et anti-choc.

Pendant les travaux de peinture, une attention toute particulière a dû être portée aux conditions atmosphériques. Le délai de garantie imposé, qui est de dix ans, obligeait les entreprises de sablage, de métallisation et de peinture à arrêter les travaux en période de temps humide et de gel. Quoique ces périodes aient été relativement abondantes, et les brumes matinales très fréquentes, ces travaux n'ont pas dépassé la durée prévue et n'ont pas retardé l'achèvement complet de l'ouvrage.

Tablier du pont avec revêtement

La largeur totale du tablier est de 25,07 m. Le tablier proprement dit en dalle orthotrope a une largeur de 21,50 m. Cette dalle repose sur les deux caissons qui ont 6,0 m de largeur chacun avec une distance entre les caissons de 6,0 m. L'encorbellement de la dalle au-delà des caissons est donc de chaque côté de 1,75 m. Afin de réaliser la largeur totale nécessaire, le tablier a été élargi des deux côtés par soudure de poutrelles aux entretoises d'une longueur de 1,785 m. Ces poutrelles supportent la plateforme du trottoir qui est constituée lui aussi par une dalle orthotrope. Le garde-corps est fixé à l'extrémité de ces poutrelles. Entre les trottoirs et les voies carrossables ainsi qu'entre les deux chaussées des glissières en acier séparent les différentes catégories d'usagers. La glissière le long du trottoir fait fonction de bordure et la glissière du milieu remplace la bande médiane surélevée. Les poteaux d'éclairage sont fixés dans l'axe du pont et supportent deux foyers lumineux chacun, dont un pour chaque chaussée.

Les candelabres sont distants de 32,50 m et équipés de lampes fluorescentes de 400 watts. Le garde-

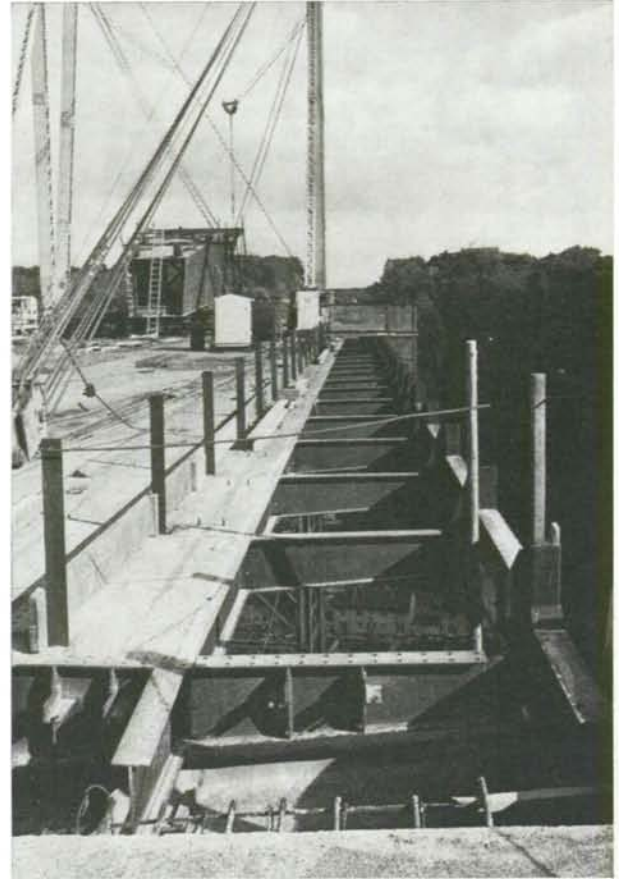


Fig. 13. Encorbellement pour trottoirs

corps est d'une exécution solide pour créer une impression de sécurité pour les piétons.

Le revêtement du tablier pour la couche de roulement a été l'objet d'études très minutieuses. La dalle orthotrope présente en effet une surface lisse sans aucun moyen d'accrochage pour le revêtement. Afin d'éviter un glissement de la couche de roulement, beaucoup de ponts en service ont été munis de barres en acier, soudées en forme d'arêtes de poissons. Ceci n'a toutefois pas toujours suffi pour empêcher de légers déplacements du revêtement sous l'influence du trafic. Comme il existe aujourd'hui des produits d'accrochage pouvant être appliqués directement sur la dalle pour former intermédiaire entre celle-ci et le revêtement définitif, il a été décidé de prendre recours à ce procédé moderne. L'application de ce produit a nécessité un sablage à blanc de toute la surface avant sa mise en place par peinture. Il fait fonction à la fois de couche anti-corrosive et de couche d'accrochage. La deuxième couche, constituée de mastic renfermant 18 % de bitume, sert comme isolation et a été mise en oeuvre à la main à une température de 220° - 250°. La couche de roulement proprement dite est en asphalte de 5 cm d'épaisseur et a été mise en oeuvre à une température de 250°. Elle a été appliquée en deux couches à l'aide d'une machine spéciale pouvant répartir les matériaux sur toute la largeur d'une chaussée.

L'asphalte coulé a été chauffé dans une installation de fabrication d'enrobés existant à proximité de la Ville et amené sur chantier par des remorques spéciales chauffées pendant la durée du transport et jusqu'au moment de la mise en oeuvre.

Après la mise en oeuvre de l'asphalte et avant son refroidissement complet, il a été recouvert de grenailles de laitier de hauts fourneaux du calibre 2/4 qui a été enfoncé dans la couche de roulement par cylindrage pour créer une surface rugueuse et antidérapante.

Les trottoirs ont été revêtus d'une façon identique sans nécessiter toutefois de répandage de grenailles de laitier.

Equipement complémentaire

Chaque construction en acier et notamment sa peinture, doit être soumise à un contrôle sérieux à des intervalles réguliers. La majeure partie du pont n'étant pas accessible, il fallait prévoir un wagon de visite permettant d'accéder en tout point de la construction. Les critères déterminant son choix étaient multiples parce qu'en dehors du profil des caissons il faut aussi pouvoir accéder aux béquilles. En outre, il n'était pas question de se servir de trois wagons isolés pour les ouvertures, mais un seul devait pouvoir passer d'une culée à l'autre en passant entre les béquilles. Cette obligation nécessitait un chemin de roulement entre les deux caissons du tablier. Finalement il devait être démontable pour pouvoir être logé dans un garage aménagé à cet effet dans la culée côté Kirchberg.

La partie centrale du wagon de visite est constituée d'un chariot qui peut se déplacer sur 2 rails fixés chacun à la base des deux caissons. Il est équipé d'un moteur à essence actionnant une génératrice de courant électrique qui commande tous les mouvements. Un axe central vertical porte la construction servant à la visite du pont. C'est une passerelle en treillis pouvant pivoter de 360° autour de l'axe. En position de travail, cette passerelle a une position perpendiculaire à l'axe du pont et permet de visiter même les parties extrêmes c'est-à-dire la face verticale extérieure des caissons et la face inférieure du tablier en-dessous du trottoir. Pour pouvoir passer entre les béquilles, la passerelle est tournée d'un angle de 90°. L'inspection des béquilles se fait à l'aide d'une cage, également en treillis, qui est suspendue à des cordes en acier et peut descendre jusqu'au niveau du sol. Le personnel commande tous les mouvements de cette cage à partir de celle-ci, ce qui fait qu'il peut s'arrêter en chaque point pour permettre un contrôle minutieux de toute la surface.

En cas de non-utilisation, le wagon de visite est garé dans une chambre de la culée. Pour entrer dans la chambre il prend la position parallèle à l'axe du pont, ce qui permet de démonter une moitié de la passerelle. Après une rotation de 180°, la deuxième moitié de la passerelle est démontée à son tour et le chariot peut être garé au-dessus de ces deux parties. Ceci a permis de réduire la chambre de garage à une profondeur de 9,00 m.

Les eaux de surface sont évacuées par une conduite suspendue dans chacun des caissons. Le pont ayant une pente descendante vers le côté Kirchberg, c'est derrière cette culée que les eaux sont collectées pour être amenées dans la conduite des eaux de pluie descendant du plateau du Kirchberg pour se déverser dans l'Alzette. A l'intérieur des caissons, la conduite a des diamètres variant en fonction du débit de 0,30 à 0,60 m. Les grilles-avaloirs situées dans la glissière longeant les trottoirs, sont reliées à la conduite d'évacuation par l'intermédiaire d'un syphon pour retenir les matériaux solides et d'une conduite de 0,15 m de diamètre.



Fig. 14. Renforcement des caissons au droit des béquilles

En-dessous du tablier du pont sont suspendues en outre une conduite d'eau et une conduite de gaz. Les dernières ne passent pas par les caissons, mais dans la partie médiane pour ne pas courir le risque qu'en cas d'avarie l'intérieur des caissons ne se remplisse d'eau ou de gaz. Les deux conduites sont en acier et ont un diamètre de 300 mm. La conduite d'eau est protégée contre le gel par un chauffage électrique fonctionnant automatiquement au thermostat et par une isolation thermique.

L'intérieur des caissons sert également de passage à des câbles électriques et téléphoniques et est muni d'un éclairage pour la visite.

Essais de mise en charge

Le pont a été construit pour supporter des surcharges de 500 kg/m^2 sur les trottoirs et, sur la chaussée, une charge roulante de 300 kg/m^2 avec, à l'endroit le plus défavorable, un convoi lourd de 60 t. Les charges dues au vent ont été mises en compte avec 125 kg/m^2 pour le pont chargé et avec 250 kg/m^2 pour le pont non chargé. En outre, la construction est soumise aux sollicitations additionnelles de température et de freinage conformément aux prescriptions des DIN allemandes 1072 et 1073.

Après achèvement du montage, il était nécessaire de vérifier si le comportement de la construction est conforme aux calculs théoriques c'est-à-dire si les flèches réelles sous les surcharges roulantes correspondent aux flèches calculées. A cet effet, il fallait trouver des convois assez lourds pouvant atteindre le tonnage total nécessaire.

C'est l'administration militaire belge qui pouvait mettre à disposition 12 chars blindés du type Patton avec un poids unitaire de 42 t.

Ces chars ont été disposés dans toutes les positions les plus défavorables pour lesquelles on a mesuré chaque fois la flèche résultante en différents endroits de l'ouvrage. Les résultats ont été très sa-

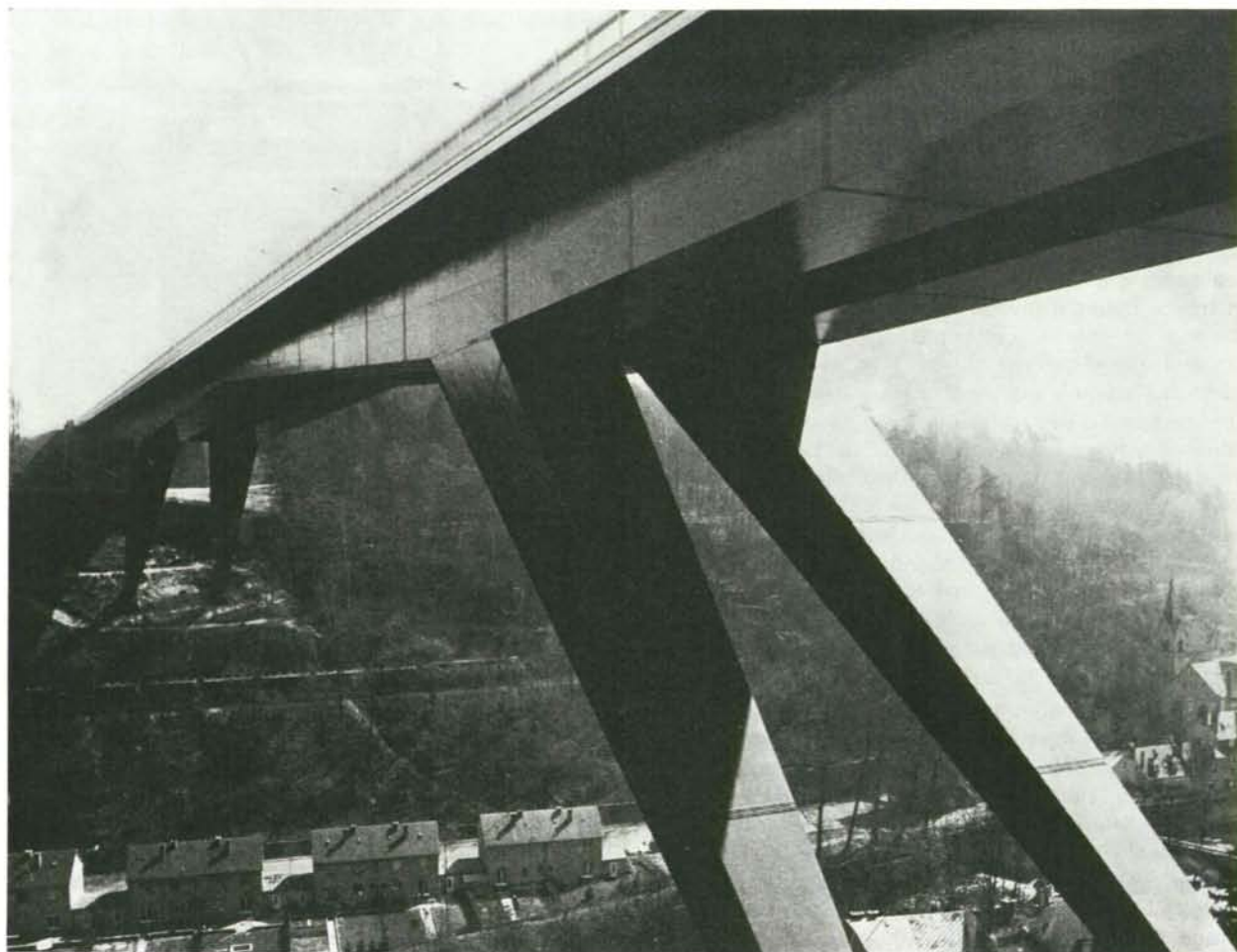
tisfaisants puisque les effets de la surcharge n'ont jamais dépassé les valeurs calculées. A titre d'exemple, la flèche maximum calculée était de 256,4 mm et la flèche maximum atteinte sous une surcharge de 500 t a été de 196,0 mm.

Considérations finales

La Ville de Luxembourg a été pendant de longues années le siège provisoire de la Communauté Européenne du Charbon et de l'Acier. Ce fut en prévision de l'installation définitive éventuelle des Institutions Européennes que le Gouvernement luxembourgeois a décidé en 1957 de lancer le concours international pour la construction du pont et créé en 1961 le Fonds pour l'Aménagement et l'Urbanisation du plateau de Kirchberg.

Aujourd'hui la Commission unique de la Communauté Economique Européenne s'est installée définitivement à Bruxelles, mais la construction du pont n'a pas été vaine. Il nous reste un grand nombre de services dépendants de la CEE sur le territoire de notre Capitale. Le bâtiment administratif construit au Kirchberg est à leur disposition. La Cour de Justice pour ces institutions internationales y est en cours de construction. En plus un certain nombre

Fig. 15. Vue générale de l'ouvrage terminé



d'emplacements pour d'autres services à caractère international seront réservés au même plateau. La Foire Internationale de Luxembourg a également l'intention d'aménager des halls plus spacieux et plus modernes au Kirchberg pour ses manifestations tant nationales qu'internationales.

Finalement l'étendue du terrain disponible permettra encore de projeter la construction d'un centre d'écoles ainsi que de plusieurs quartiers d'habitation pour un total de 10 à 12 000 personnes.

Le plateau du Kirchberg ne servira donc pas seulement à l'implantation de centres administratifs, mais permettra une extension de la Ville de Luxembourg en direction de la forêt domaniale du Grünewald, c'est-à-dire dans une région où ses habitants pourront bénéficier au maximum des bienfaits de la nature.

Un dernier avantage découlant de la construction du pont Grande-Duchesse Charlotte, et qui de la perspective de l'administration des Ponts et Chaussées pourrait être le plus grand, est qu'il a créé une communication routière facile du centre de la Ville aux régions est du pays. Les routes existantes pour ces régions ont toutes dû descendre dans la vallée de l'Alzette pour remonter plus tard sur les hauteurs. La route nouvelle passant par le pont enjambe la vallée d'un seul bond pour rester sur le plateau ce qui permet des liaisons routières très faciles en direction de Grevenmacher et Echternach et, au delà des frontières, de Trèves-Coblence et Bitbourg-Cologne. C'est grâce à la décision du Gouvernement luxembourgeois concernant la construction du pont que les plans pour ces liaisons routières, préparés depuis de longues années, ont pu devenir réalité. Ces nouvelles routes constituent le premier maillon de la chaîne du grand réseau routier décidé par la création du Fonds des Routes.

Finalement nous pouvons nous prévaloir d'avoir réalisé dans notre pays un pont métallique d'envergure exceptionnelle, de construction hardie et de

forme moderne dessinant dans le paysage luxembourgeois ses lignes d'une architecture harmonieuse, de tous les points de vue digne d'être appelé : «Pont Grande-Duchesse Charlotte».

Entreprises et bureaux ayant participé à la construction

Projet: *Rheinstahl Union Brückenbau de Dortmund*, présenté en communauté avec la *S. A. Socol de Bruxelles* et *Jean Think de Differdange*.

Construction métallique: *Rheinstahl Union Brückenbau de Dortmund* avec le concours de *MAN, Gustavsburg*.

Travaux de fondation et construction des culées: *S. A. Socol, Bruxelles*, avec la participation des entreprises *Sertra de Bruxelles* pour l'excavation des puits de fondation des béquilles et *Bachy de Nancy* pour les injections.

Peinture des surfaces intérieures: entreprise de peinture industrielle *W. Doerner d'Esch-sur-Alzette*.

Peinture des surfaces extérieures: *Communauté W. Doerner d'Esch-sur-Alzette, Métal de Differdange* et *S. A. Iris de Bruxelles*. Fourniture des différentes peintures: *Société Vieille Montagne de Liège* pour le zinc et *Jules Doisy de Luxembourg* pour les couleurs provenant des *Usines Georges Levis de Vilvorde (Belgique)*.

Contrôle des travaux de peinture: *APAC de Bruxelles*.

Revêtement du tablier en asphalte: *Deutsche Asphalt und Tiefbau G.m.b.H. de Francfort* avec, comme entreprise générale, *Jean Think de Differdange*.

Contrôle des travaux et des calculs statiques: bureau *SECO de Bruxelles*.

Direction générale: *administration des Ponts et Chaussées*.

Financement: *Fonds d'Aménagement et d'Urbanisation du plateau de Kirchberg*.

Les travaux de construction ont démarré avec les fondations à la date du 20 avril 1962. Le premier caisson a été lancé le 20 juin 1963 et le montage du dernier caisson a eu lieu le 28 octobre 1964.

Le pont a été ouvert à la circulation par S.A.R. Madame la Grande-Duchesse Charlotte à la date du 24 octobre 1966.

Photographies:

Ed. Kutter jr, N° 4, 5, 7, 8, 13, 14, et 15.

Ernest Loosé, Luxembourg N° 3, 6, 9, 10, 11 et 12.