

Le Pont Adolphe à Luxembourg

I. HISTORIQUE

Dès le démantèlement de la forteresse de Luxembourg en 1867, la Ville de Luxembourg commençait à s'étendre sur le plateau Bourbon situé de l'autre côté de la vallée de la Pétrusse où se trouvait déjà la gare ferroviaire. La seule liaison entre la Haute Ville et les nouveaux quartiers était l'ancien viaduc datant du temps de la forteresse. Avec sa largeur de 5,50 m, il ne suffisait plus aux besoins du trafic.

En 1896 le Gouvernement Grand-Ducal a demandé à l'administration des Travaux Publics de dresser des plans pour un nouveau viaduc sur la Pétrusse. Un premier projet fut réalisé sous la direction de l'ingénieur en chef Albert Rodange. Ce projet avait déjà comme emplacement l'axe du boulevard Royal.

Suite à sa présentation au Gouvernement, celui-ci jugeait utile de s'assurer pour un ouvrage de cette taille la collaboration d'un ingénieur étranger expert en matière de grandes voûtes. Le Gouvernement français consulté à cet effet a proposé de confier cette mission d'expert à Monsieur Paul *Séjourné*.

En dehors d'autres modifications faites par *Séjourné* par rapport au projet initial, il a surtout divisé la voûte en deux anneaux jumelés.

Du point de vue constructif ce procédé présentait de multiples avantages :

- 1) Diminution appréciable du cube de maçonnerie pour la voûte et pour les culées ;
- 2) Réduction très importante du cube de bois nécessaire pour le cintre, qui p.ex. au pont Adolphe fut ripé sans le démonter à l'emplacement de la seconde voûte ;
- 3) Possibilité de disposer de l'espace vide entre les 2 anneaux pour y loger les canalisations.

Le projet *Séjourné* se présentait finalement sous forme de deux grandes arches jumelles de 84,65 mètres d'ouverture qui portent huit petites voûtes d'élévation de 5,40 m. La grande arche est encadrée par deux piles-culées et par deux arches latérales de 21,60 mètres d'ouverture chacune. Les deux arches centrales distantes l'une de l'autre de 6,00 mètres ont une largeur variant de 5,32 m en clé de voûte à 6,12 m à la culée et une épaisseur variant de 1,44 m en clé de voûte à 2,16 m aux

retombées. Les deux arches sont reliées par un tablier en béton armé, matériau employé dans les ponts à cette époque depuis une dizaine d'années. Le pont est surmonté d'un parapet à balustres au-dessus de l'arche centrale et d'un parapet plein au-dessus des voûtes latérales de 21,60 m. La longueur totale de l'ouvrage s'étend sur 153 mètres.

Les pierres employées à la construction venaient toutes de carrières luxembourgeoises, en particulier des carrières de Gilsdorf, d'Ernzen, de Dillingen et de Verlorenkost. C'est ainsi que les pierres de la grande voûte ainsi que des sommiers d'appui proviennent des carrières de Gilsdorf. Les parties pleines des parapets, le couronnement des parapets de tout l'ouvrage et les corniches, le revêtement des grands pilastres, les bandeaux des petites voûtes d'évidement et des voûtes de 21,60 m proviennent des carrières d'Ernzen. Les douelles des petites voûtes, les parements des pilastres sous les voûtes de 21,60 m et de 5,40 m, les faces transversales et faces intérieures des petites piles proviennent des carrières de Dillingen. Les carrières de Verlorenkost ont fourni les pierres pour le fût des parapets des murs de soutènement, pour la maçonnerie des culées de la grande voûte au-dessous de la maçonnerie en pierre de Gilsdorf et pour des maçonneries de moindre importance.

Le pont Adolphe a été construit dans les années 1900 à 1903 sous le régime du Grand-Duc Adolphe. Ce pont, à arches maçonnées en pierre de taille, a été réalisé par l'entreprise Fourgerolles Frères pour la maçonnerie et par l'entreprise Coignet pour la dalle en béton armé.

La première pierre fut posée à la date symbolique du 14 juillet 1900 et la mise en service a eu lieu le 24 juillet 1903 en présence du ministre d'Etat Paul Eyschen et du directeur général des Travaux Publics Charles Rischard. A l'époque de sa construction, le pont Adolphe tenait, avec une ouverture de 84,65 m de l'arche centrale, le record mondial de pont en arche en maçonnerie.

Dès sa première mise en service, le pont Adolphe supportait les voies ferrées de la ligne à voie étroite « Charly » dénommée d'après Charles Rischard, directeur général des Travaux Publics.

Une première réhabilitation du pont Adolphe à eu lieu en 1961/62 avec le remplacement intégral du tablier d'origine en béton armé par une nouvelle dalle coulée sur les prédalles enjambant le vide entre les deux arcs jumelés. A cette occasion, le tablier a été élargi des deux côtés de 0,50 m, les balustrades et les garde-corps ont été remplacés et le profil en long a été corrigé.

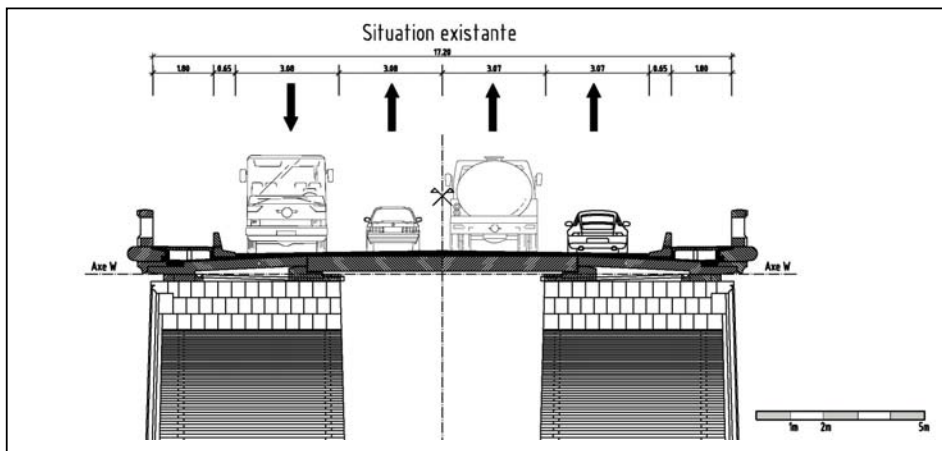
En 1976 des travaux de réfection mineurs ont été entrepris avec la réfection de la couche de roulement et le remplacement des joints de dilatation. Les trottoirs ont été rehaussés et protégés de la chaussée par des chasse-roues.

II. LES VOCATIONS DU PONT ADOLPHE

Le pont Adolphe enjambe la vallée de la Pétrusse pour assurer la liaison entre la haute ville et le plateau de Bourbon.

- Sa vocation primaire est bien sûr de satisfaire aux besoins de communication entre ces deux quartiers de la capitale. Ceci vaut pour toutes les catégories de mobilité : trafic individuel, transport en commun, piétons et cyclistes.

Le pont Adolphe a un gabarit de 17,20 m entre parapets qui est utilisé de la façon suivante : 4 voies de circulation à 3,08 m chacune, dont 1 en direction de la Ville Haute réservée aux transports en commun et trois pour le trafic individuel en direction de la gare centrale. Des deux côtés de l'ouvrage se trouve un trottoir de 1,80 m de largeur séparé des voies de circulation par un chasse-roues de 0,65 m.



- Mais le pont Adolphe est aussi monument historique. Avec son double arc majestueux de 85 m de portée, il surplombe la vallée de la Pétrusse et sa silhouette marque le paysage de la ville.
- Finalement le pont Adolphe est une attraction touristique de tout premier ordre.

III. LA PATHOLOGIE DU PONT ADOLPHE

Au début des années 1990, l'administration des Ponts et Chaussées a soumis le pont Adolphe à une investigation approfondie.

Les désordres visuels constatés se présentent sous forme d'un décollement des rouleaux de la maçonnerie formant les arcs principaux accompagné de fissures traversantes dans les deux sens. D'autres désordres de délavement et de disloquement des pierres ont mis en évidence des défauts de l'étanchéité du tablier.

Les investigations complémentaires suivantes ont été entreprises :

- Des forages carottés de grande longueur ont été réalisés à travers les fondations dans le but de détecter d'éventuels mouvements du sol. Ces essais ont montré qu'il n'y a pas de déficience au niveau des fondations de l'ouvrage.
- Un contrôle de la géométrie de l'ouvrage a révélé une déformation anormale des arcs amont et aval. Des contrôles de stabilité par calcul en trois directions n'ont pas pu élucider les raisons de ces déformations. Une vérification des contraintes in situ par la méthode de vérins de mesure plats a confirmé l'hypothèse que ces déformations doivent remonter à l'époque de la construction du pont Adolphe et résulter d'arcs construits sur des cintres déformés.

- Les notes de calcul n'ont pas pu éclaircir de façon suffisante l'origine des fissures. Ces fissures ne datent certainement pas de la construction du pont, mais sont plus récentes.

L'observation de ces fissures fait penser qu'elles sont relativement récentes (quelques décennies). Cette observation a conduit à réexaminer les travaux entrepris en 1961. Ces travaux avaient pour objet d'élargir le tablier de *Séjourné* de manière à multiplier les bandes de circulation.

Le nouveau tablier qui a, dès sa construction semble-t-il, malmené les arcs, souffre en plus d'un vice de conception majeur. En effet, le tablier de 1961 sollicite chaque arc de manière tout à fait excentrée introduisant de ce fait des sollicitations indésirables.

L'examen des photographies prises à l'époque montre clairement que la totalité de l'ancien tablier de *Séjourné* a été retirée et qu'ensuite les nouvelles dalles préfabriquées de 50 cm d'épaisseur reposant sur chaque arc, ont été amenées sur un portique de travail sur rail. La conception de ce portique paraît donner peu de raideur de telle sorte que chargés, les pieds ont tendance à exercer un effort d'écartement sur les rails.

On peut dès lors imaginer que la pose de chaque dalle a été accompagnée d'un effort vers l'extérieur pour chaque arc, effort non réversible parce que bloqué par la dalle une fois posée. Ce serait donc l'effet cumulatif de ces efforts, agissant toujours dans le même sens, qui aurait écarté les arcs jusqu'à occasionner des fissures d'effort rasant.

Comme la pose des dalles s'est opérée dans le sens du côté Ville vers le côté Gare, il est logique de constater que ces fissures sont plus nombreuses du côté Gare.

- De plus, la conception de l'étanchéité est insuffisante pour mettre les arcs hors d'atteinte des saumures hivernales.

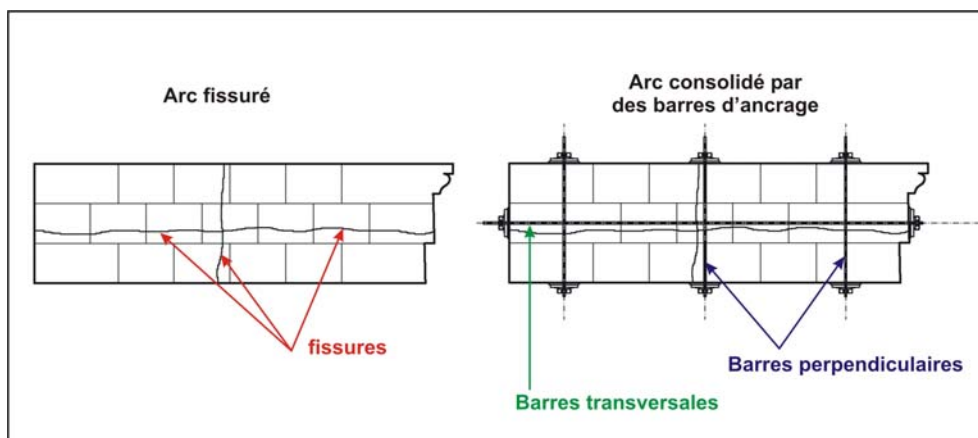
Cette insuffisance a facilité la pénétration des saumures hivernales dans la maçonnerie qui s'est saturée en sels avec tous les inconvénients qui en résultent du point de vue aspect et du comportement à la corrosion de tout élément métallique se trouvant dans la maçonnerie.

IV. LES MESURES DE STABILISATION PROVISOIRES

De septembre 2003 à août 2004, la Division des Ouvrages d'Art des Ponts et Chaussées a réalisé une stabilisation provisoire des deux arcs principaux du pont Adolphe à l'aide d'un couturage des zones fissurées par des barres précontraintes. Pour chaque tronçon de 1 m d'arc fissuré, 6 barres de précontrainte DYWIDAG de Ø 36 mm ont été mises en place en trois rangées parallèles dans le sens perpendiculaire aux arcs et 2 barres de précontrainte DYWIDAG de Ø 36 mm dans le sens transversal.

Des barres d'ancrage perpendiculaires, chacune d'une longueur approximative de 2,40 mètres, ainsi que les barres transversales, chacune d'une longueur 6,40 mètres, ont été précontraintes avec une force de 100 tonnes par barre.

En tout 258 barres avec une force totale de 25.600 tonnes ont été mises en place.



En février 2005, une barre s'est rompue et est tombée dans la vallée. Cet incident a amené les Ponts et Chaussées à barrer la vallée de la Pétrusse dans les parages directs du pont Adolphe à la circulation piétonne et à en avertir le public par voie de communiqué de presse.

L'examen de la barre défectueuse a montré que la rupture a été nette et sans rétrécissement du diamètre de la barre. Elle n'est donc pas due à une force excessive exercée sur cette barre. Les capteurs n'ont pas bougé, de sorte que la stabilité du pont n'est pas affectée par cet incident.

L'analyse détaillée de la barre cassée au laboratoire de l'Université de Liège a révélé que les causes de cette rupture sont à voir dans un défaut du matériau et dans le début d'effets de corrosion. Ce constat a été confirmé par une 2^{ème} analyse réalisée par la firme DYWIDAG dans le laboratoire d'essai des matériaux de l'Université de Munich.

Pour permettre une réouverture partielle de la circulation piétonne dans la vallée de la Pétrusse, les barres du côté de la Haute Ville (43 barres par arc, soit en tout 86 barres) ont été partiellement relâchées et desserrées à environ 15 tonnes par barre. L'état de l'ouvrage exige cependant de maintenir la précontrainte totale du côté de la gare, partie du pont la plus affectée, de sorte que ce versant de la vallée devra rester barré jusqu'à la réhabilitation définitive du pont Adolphe.

- Annexes :**
- 1 Les projets de Albert Rodange et de Paul Séjourné
 - 2 Album de photos