

11 juin 2013

Le pont Tram T1 Raymond Barre



Vue 3D du pont (Alain Spielmann)

Le mardi 11 juin 2013 la délégation AFGC Rhône Alpes a organisé une journée technique consacrée au pont Raymond Barre, un nouvel ouvrage mode doux qui sera inauguré en décembre 2013, en aval du pont Pasteur existant, élément clef de l'opération de prolongation du tram T1 qui joindra désormais deux quartiers dynamiques de Lyon, la Confluence et Gerland. Des intervenants de SYTRAL et QUADRIC (Maitrise d'ouvrage), de SETEC et Alain Spielman (Maitrise d'œuvre et Architecte), de Bouygues TP, COGECI, MATIERE, et le CTICM (exécution) étaient présents et ont participé aux différentes conférences présentées dans la matinée.

Rappel du programme de la journée

8h45 : Accueil café et croissant dans les locaux de SANOFI PASTEUR, situés au pied du pont Pasteur du côté Gerland.

9h00 : Accueil des participants et présentation de la journée

Jacques MARTIN, EGIS JMI et Président de l'AGFC délégation Rhône-Alpes.

9h15 : Présentation générale de l'opération T1 Debourg par le Maître d'ouvrage

A. Sabouret (SYTRAL) et J. Lawnicki (QUADRIC/AMO)

9h35 : Le concept architectural et technique de l'ouvrage Raymond Barre

A.Spielmann (Architecte) et S.Ezran (Setec)

10h25 : Les études d'exécution du Génie Civil
Bouygues TP et COGECI

10h50 : Les études d'exécution de la charpente métallique

Matière et Zwhalen & Mayr

Daniel Bitar (CTICM)

11h15 : Pause

11h30 : L'avancement des travaux

M.Campoy (BYTP), F.Vabre (Matière) et Jean-Yves Sablon (Setec)

12h15 : Questions, débat, échanges

12h45 : Déjeuner au DO-MO, restaurant situé dans le nouveau quartier des Confluences à quelques minutes à pied du lieu des conférences.

14h15 : Transfert au chantier de montage, en bus. (Séparation du groupe en deux). Le chantier est situé à une dizaine de minutes de transport en aval de la position finale du pont.

14h30 : Début de la visite du chantier

16h30 : Fin de la visite

16h45 : Fin de la journée

1. Présentation de la journée

La journée organisée par l'AFGC sur le thème du Pont Raymond Barre avait pour objectif de faire partager à tous les passionnés de Génie Civil des informations pertinentes apportées par les divers intervenants de ce fabuleux projet.

L'accueil d'une centaine de participants s'est effectué autour d'un petit déjeuner dans les locaux de SANOFI PASTEUR, et les présentations de la matinée ont eu lieu dans la salle de conférence. En plus des nombreux intervenants du projet, et des passionnés de Génie Civil présents, un groupe d'étudiant Architecture/ingénierie venu d'Italie pour l'évènement était présent.



Figure 1 : Petit déjeuner et accueil des participants

La première conférence a démarré légèrement en retard, à 9h15. A l'image de celui du pont Raymond Barre, le planning de la journée était très serré à cause du grand nombre d'intervenants, tous autant passionnants et passionnés les uns que les autres. Le retard a été augmenté à l'issue des quelques premières conférences, mais rattrapé par la suite par les dernières conférences qui ont du être légèrement restreintes pour que nous déjeunions à temps. Seules 10 questions/réponses ont été accordées au public. Tous les intervenants ont cependant pu prendre la parole ce qui est une réussite étant donné le programme chargé. Après un agréable déjeuner au DO-MO, dans le quartier des Confluences, le groupe a été séparé en deux et nous sommes montés en bus jusqu'au chantier de montage des travées 1 et 2 de l'ouvrage (port Edouard Herriot), situé à quelques minutes en voiture en aval des Confluences. Cette

Les manifestations régionales

visite a été l'occasion de réaliser l'ampleur de l'ouvrage et la technicité du chantier, tout en éclaircissant les quelques questions grâce aux intervenants accompagnateurs.

Suite à cette visite, le groupe s'est retrouvé sur le lieu définitif de l'ouvrage afin d'apprécier, sur la rive côté Gerland, la pile P2 et la travée 3 montées, ainsi que la pile P1 en construction et aisément observable depuis le pont Pasteur.

La journée s'est bien achevée à 16h30.



Figure 2 : Visite du chantier de montage

2. Fiche d'identité : Pont Raymond Barre



Figure 3 : Vue 3D du pont Raymond Barre

Données techniques :

- Structure Acier – 3 travées dont une travée centrale en bow-string encastrée côté rive droite par une structure triangulée et simplement supportée côté rive gauche. Epaisseurs des arcs varient entre 20 et 70mm.
- Arcs inclinés de 10° et suspentes rayonnantes.
- Travées d'accès courbes en plan.
- Tablier en caisson à dalle orthotrope.
- Arcs, béquilles et contre-béquilles en acier S460.

Quelques chiffres :

- Longueur totale du pont : 260m
- Largeur utile du tablier : 17,5m
- Longueur des arcs : 150m
- Hauteur des arcs 17,5m
- Poids total charpente : 3300 tonnes
- 3 travées 72m, 150m, 38m
- Budget du pont 19M€

Principaux acteurs du projet :

- Maitrise d'Ouvrage : SYTRAL. AMO : QUADRIC
- Concepteur Maitrise d'œuvre : SETEC
- Architecte : Alain Spielman
- Groupement d'entreprises : Bouygues TP, Matière, ZM (Mandataire), COGECI, CTICM (études d'exécution respectivement pour le GC et pour la charpente métallique).

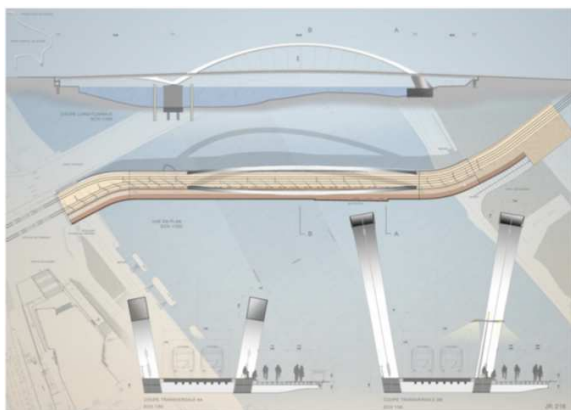


Figure 4 : Planche de rendu concours

3. Présentation générale de l'opération : Prolongement du Tramway T1

La construction du pont Raymond Barre s'inscrit dans une opération de plus grande envergure à l'échelle Lyonnaise : le prolongement sur 2,3 km du tramway T1, entre Montrochet et Debourg, sous la Maitrise d'Ouvrage du Syndicat Mixte des Transports pour le Rhône et l'Agglomération

Les manifestations régionales

Lyonnaise (Sytral). Cette opération représente un budget total de 64M€ HT.

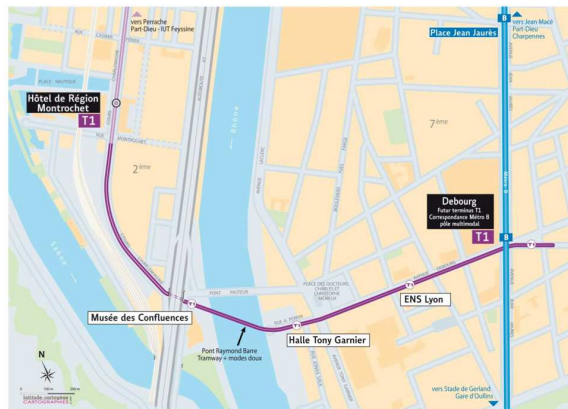


Figure 5 : Prolongement du T1, nouveau tracé

L'opération de prolongement du T1 a été présentée par A. Sabouret, de TCL-SYTRAL.

Le T1 actuel va de l'IUT Feyssine au Nord-Est de l'agglomération, sur le campus de la Doua, à Montrochet au Sud de la Presqu'île Lyonnaise, en dessous de Perrache. L'objectif de cette opération est de prolonger le tracé du T1 en traversant le Rhône au niveau des Confluences pour rejoindre le quartier Perrache à Debourg. Elle a pour rôle majeur d'améliorer le niveau de service du réseau en maillant celui-ci, et en reliant deux nouveaux pôles majeurs de l'agglomération. Les 4 nouvelles stations prévues sont Halles Tony Garnier, Ecole Normale Supérieure, Musée des Confluences, Hôtel de Région. Une future station supplémentaire appelée «Le champ» pourra être aménagée entre Hotel de région et Musée des Confluences. Cette station n'est pour le moment pas nécessaire mais pourra être justifiée à terme d'où le choix de laisser cette possibilité. Le projet de prolongement du tram T1 s'inscrit parfaitement dans la volonté de réduire l'usage de la voiture en privilégiant les modes doux. Le passage du tram entraîne en effet la réduction du nombre de voies de circulation routière (de 2 fois 2 voies à 2 fois 1 voie) sur le cours Charlemagne (Côté Presqu'île) et l'avenue Debourg (Perrache).

Quelques données clef de l'opération :

- Distance de prolongement : 3,8 km
- 4 nouvelles stations
- 1 prédisposition de station «Le Champ »
- 1 ouvrage de franchissement sur le Rhône
- Aménagement des cheminements cyclables sur l'ensemble du tracé et requalification des espaces publics.
- 131 000 voyageurs/jour attendus

- 7 minutes de temps de parcours entre Montrochet et Debourg
- 64 M€ de Budget total HT.
- Mise en service prévisionnelle : Février 2014
- Maitrise d'Ouvrage : SYTRAL
- Maitrise d'oeuvre : Egis Rail
- Futur exploitant : KEOLIS
- Particularités du projet : planning très serré étant donné la date de mise en service fixée. Projet situé dans l'hyper centre urbain : forte complexification.



Figure 6 : Construction de la voie ferrée

4. Le parti architectural et la conception

4.1 : Le concours

Le pont Raymond Barre étant situé sur un site emblématique de la ville de Lyon, les Confluences, il représente un signal architectural fort et un nouveau symbole pour la ville. Il a donc été fait le choix de lancer un concours architectural spécifique de Maitrise d'Oeuvre (AAPC) pour la conception de cet ouvrage, le 26 août 2009. Cinq projets ont d'abord été retenus, puis un seul a été choisi sur 7 critères d'analyse :

- C1 : respect du programme
- C2 : Aspect architectural et insertion dans le site
- C3 : Qualité technique
- C4 : Maintenance (facilité d'entretien et d'exploitation) et durabilité des matériaux
- C5 : Délais, organisation, études et travaux
- C6 : Coût prévisionnel des travaux
- C7 : Coût de maintenance

Les manifestations régionales

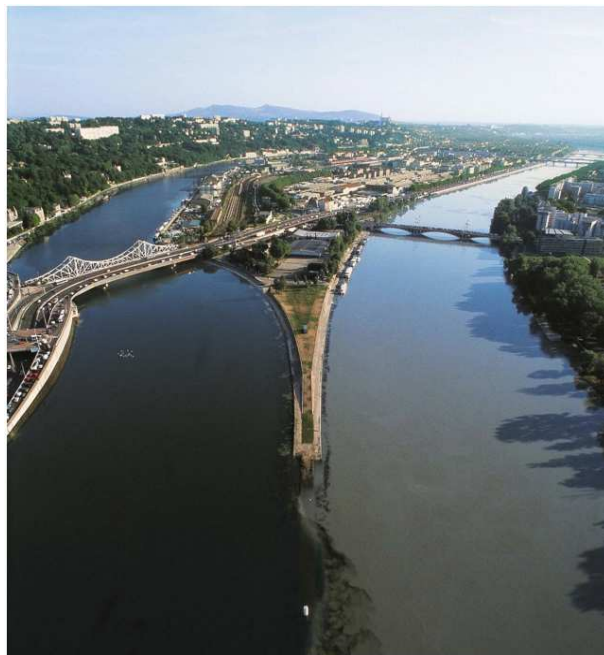


Figure 7 : Vue aérienne de la Confluence

Remarque : Il est à noter que le tracé en plan du pont n'était pas donné. Seules les positions des 2 culées sur les rives étaient imposées ce qui laissait une grande liberté architecturale du point de vue de la géométrie.

4.2 : Le projet retenu - Contraintes et choix de la solution

C'est le groupe mandataire Setec TPI - Setec ALS - A. Spielman qui a été retenu pour la conception architecturale et technique de l'ouvrage.

Sylvie Ezran (Setec) et Alain Spielman (Architecte) ont présenté dans un premier temps les contraintes qui ont amené à la solution proposée. Ces contraintes ont été classées en contraintes «naturelles et environnementales» ; «fonctionnelles» puis «paysagères et architecturales».

4.2.1 : Les contraintes naturelles et environnementales

La topographie et la bathymétrie sont dissymétriques entre les berges. La berge la plus haute en rive gauche (+168 m NGF IGN69) est 3m au dessus de la berge la plus basse ce qui implique un tablier avec une pente douce.

Le niveau du lit du Rhône est à la cote +150 NGF au point le plus bas. Le niveau du Rhône est relativement stable dans la mesure où la crue centennale est au niveau +164,4 m alors que le niveau des PHEN est à 163,15 m, et le niveau de la RN est à +162,25 m NGF IGN69. Il a cependant été nécessaire de prendre en compte le fait que les crues sont régulières et violentes.

En ce qui concerne la géotechnique, elle est assez régulière et peu problématique dans la conception

de l'ouvrage. (Alluvions modernes fluviales recouvrant des alluvions glaciaires qui reposent sur des sables granitiques au niveau +138m NGF IGN69). Le choix assez logique de fondations profondes a été fait pour aller chercher le « bon sol ».

La caractérisation de l'ouvrage soumis au vent a été réalisée au CSTB. L'impact de la présence du pont Pasteur en amont a été quantifiée et c'est finalement le vent du Sud qui apparaît être le plus sévère. La vitesse du vent pour une période de retour de 50 ans est de 27 m/s (bien au dessus des 24 m/s prescrits par l'Eurocode).

L'aléa sismique dans la zone est très faible, donc non contraignant et non dimensionnant.

La prise en compte du Parc des Barges rive droite, et d'une population de castors sur le site a été établie. D'autre part, diverses navigations (croisières, sports nautiques) ainsi que la présence de péniches de logement rive droite ont été ajoutées comme contraintes.

Le pont Pasteur, en amont du futur pont Raymond Barre, et les trois lignes de Haute Tension traversant le Rhône en aérien, en aval, sont de forts obstacles à l'acheminement de l'ouvrage par voie fluviale.

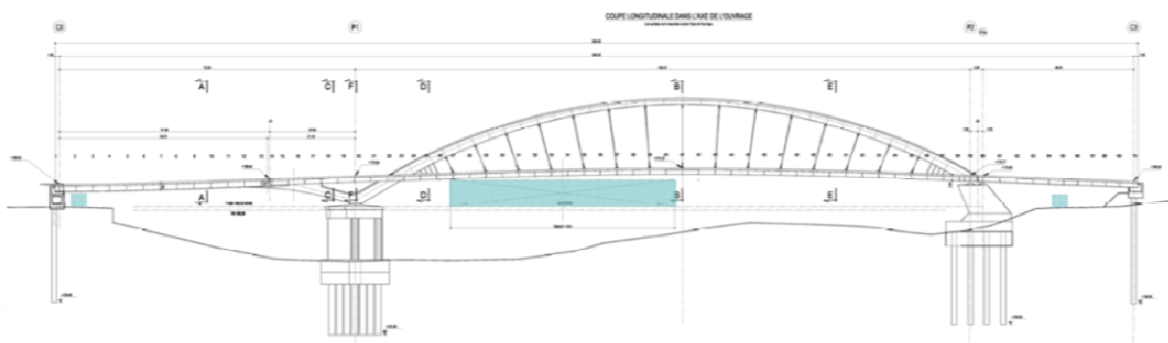


Figure 8 : Coupe longitudinale et gabarit de passage

4.2.2 : Les contraintes fonctionnelles

Le gabarit de passage à respecter sous l'ouvrage est de 48,5 m x 6,5 m au dessus du PHEN. Un choc frontal de 13MN et un choc latéral de 6,8MN ont dû être pris en compte pour le dimensionnement des appuis.

Le gabarit de passage sous les berges est de 5,0m x 3,5m de part et d'autre.

Le passage du tramway représente une contrainte fonctionnelle très forte. Les raccordements du tracé en plan sont imposés ce qui contraint tracé en plan et profil en long. Le poids surfacique d'un tramway pour dimensionnement représente environ 1t/m² ce qui correspond à deux fois le poids d'une foule. Cette valeur est donc très dimensionnante. La largeur minimale de la plateforme tram est de 7,25 m et l'épaisseur de voie est de 37 cm.

Le passage des modes doux (piétons et vélos) a une largeur minimale de 5,5m avec une pente longitudinale limitée à 4% sans palier. Ces passages doivent permettre l'accès aux véhicules d'entretien.

Enfin, dans la mesure où il s'agit d'un ouvrage urbain, la sécurité et le confort doivent être mis en valeur et le mobilier et l'éclairage de l'ouvrage sont primordiaux.

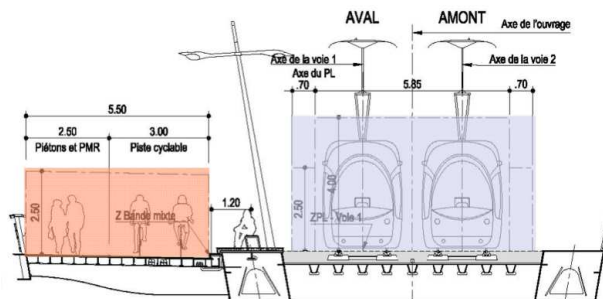


Figure 9 : Vue en coupe transversale et dispositions des voies de circulation

Remarque : Le critère de flèche maximale admissible fixé par Setec est de $L/750$ sous charge fréquente. Il est important de noter que le passage d'un tramway sur un ouvrage d'une telle portée (150m environ) est très rare et complexe. Par comparaison, le critère de flèche pour un TGV est de $L/1000$. L'un des principaux enjeux de la conception de l'ouvrage a donc été de lui donner une très importante raideur pour limiter la flèche.

4.2.3 : Les contraintes paysagères et architecturales

Le site : la Confluence, ou le « bec de Perrache » entre le Rhône et le Saône, représente un symbole fort pour la ville de Lyon. C'est la porte d'entrée

dans Lyon, et l'ouvrage doit être visible et remarquable depuis l'autoroute A6.



Figure 10 : La Confluence

Le pont Raymond Barre : 16ème ouvrage sur le Rhône !



Figure 11 : Les ouvrages sur le Rhône à Lyon

Les manifestations régionales

4.3 : Description de la solution retenue

4.3.1 : En plan

Une réflexion sur plusieurs formes en plan de l'ouvrage a été menée, à partir des contraintes énoncées précédemment. Il a finalement été choisi la disposition ci-dessous qui consiste en un franchissement droit en biais par rapport au Rhône raccordé par une courbe contre-courbe. Les éléments géométriques qui composent le tracé en plan sont : un alignement droit, à la sortie du musée, suivi d'un rayon de 35m sur 7m de long, relié par deux clothoïdes de 10m ; un alignement droit de 185m (principalement sur la travée 2) ; un rayon en plan de 53m sur 21m de long raccordé par deux clothoïdes de 12m (travée 3) ; puis un dernier alignement droit sur la rampe.

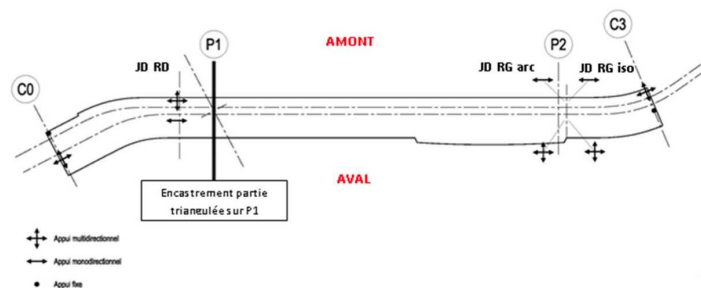


Figure 12 : Schéma statique de l'ouvrage

L'ouvrage a une longueur totale entre axes des culées de 262,60m.

Le travelage dissymétrique à trois travées est le suivant : travée isostatique de 50,8m de portée (T1), zone triangulée de 27,40m de longueur puis tablier à deux arcs inclinés de 145m (T2), travée isostatique de 36,90m de portée (T3).

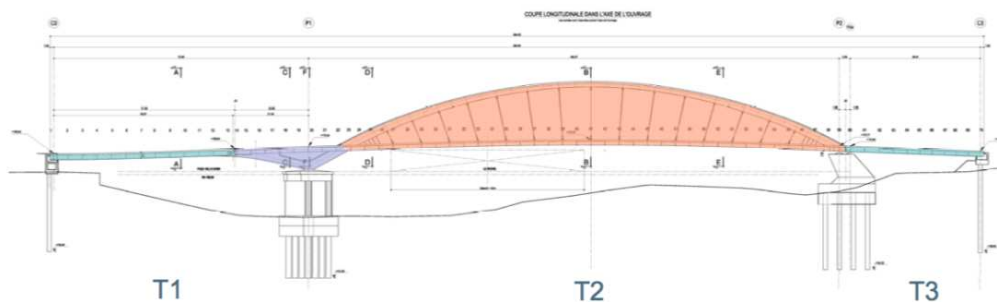


Figure 13 : Coupe longitudinale : définition des travées

Les voies de tramway, centrées sur les arcs, sont séparées des voies de circulation douces qui sont disposées sur un encorbellement aval de largeur variable comportant les voies piétonnes et cycles, et qui joue le rôle de belvédère sur une longueur de 60m, sur lequel sont installés des bancs et des éclairages pour le confort des usagers.



Figure 14 : Vue 3D rendu architectural

4.3.2 : En long

Longitudinalement, il a été choisi de réinterpréter de façon moderne les ondes du pont pasteur. La géométrie finale a été choisie en conservant le rapport hauteur sur largeur des arcs du pont pasteur, sans atteindre une portée centrale dépassant les 150m déjà difficiles à réaliser, ce qui représente la plus grande portée parmi tous les ponts Lyonnais. Le trafic des berges sur le Rhône est facilité par la présence de cette grande travée. La structure en bow-string permet de rappeler cette forme d'arche en associant raideur et élégance à la travée centrale. Les arcs ont une hauteur maximale de 17,5m par rapport à l'axe du tablier.

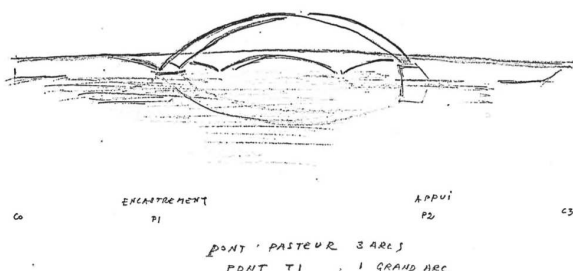


Figure 15 : Croquis pont Raymond Barre devant pont Pasteur

Les éléments géométriques qui définissent le profil en long doivent respecter les contraintes du tramway et les règles d'accessibilité pour les PMR. Ils sont les suivants : une pente constante de 3,4% sur la première travée, une parabole de 1300m de

rayon sur toute la travée 2, et une pente constante de 3,8% sur la travée 3.

Un appui dans le Rhône (P1) et une pile près de la rive gauche (P2) sont nécessaires pour réaliser ce travelage non symétrique. Les deux travées extérieures, fortement courbes, sont isostatiques tandis que la travée centrale est encastree du côté P1 dans la zone triangulée et simplement supportée du côté P2. Afin de bien marquer ce schéma statique, une variation brutale de l'inclinaison entre le pied de l'arche et le fût de la pile a été volontairement dessinée. La travée centrale fonctionne alors bien en bow-string : les arcs sont comprimés tandis que le caisson métallique du tablier fonctionne en tirant.

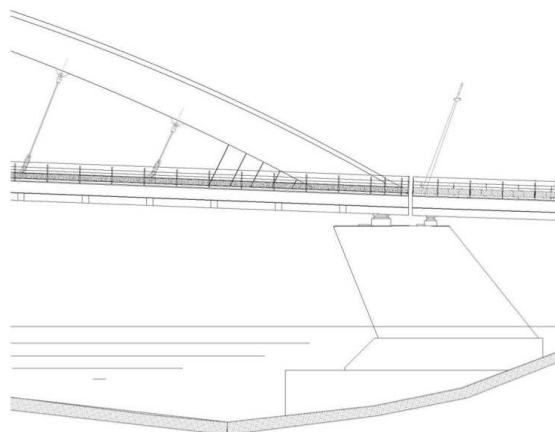


Figure 16 : Appui de l'arc au niveau de P2

Du côté de la pile P1, une structure triangulée réalisée entre le tablier et le bas de l'arche permet d'encastrer le bow-string pour limiter les déformations de la structure. Cet encastrement nécessite l'ajout d'une contre-béquille de l'autre côté de la pile P1, elle aussi fixée au tablier afin de rendre la structure triangulée. Cette contre-béquille en porte-à-faux voit la travée de rive s'appuyer sur elle ce qui engendre de très importants efforts dans cette zone de l'ouvrage.4

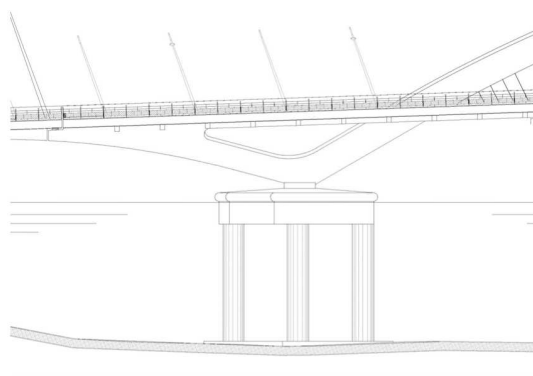


Figure 17 : Encastrement des arcs en P1

Les efforts verticaux sont transmis par les suspentes, des câbles clos galvanisés rayonnants et très fins (55 et 75mm de diamètre) permettant une intégration douce de l'ouvrage dans le paysage. Ces suspentes sont fixées à des douilles à chapes prolongées à l'intérieur des caissons des arcs par des raidisseurs, puis à des oreilles sur le tablier, et sont espacées tous les 8m.



4.3.3 : En coupe transversale

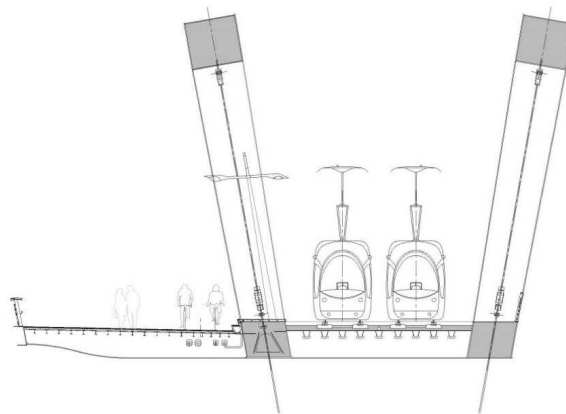
En coupe transversale, le tablier est divisé en deux zones fonctionnelles : la partie centrale destinée aux tramways dont la largeur est constante égale à 7,25m ; la plateforme latérale sur les encorbellements (modes doux) de largeur variable, au minimum 5,5m.

Le belvédère saillant dont la largeur atteint 8m sur une longueur de 60m, situé du côté aval et donnant une vue sur le musée des Confluences, rend l'ouvrage fortement dissymétrique et entraîne de la torsion de part et d'autre des arcs. Le choix d'arcs inclinés de 10° donnant l'impression d'une ouverture vers le ciel, ajoute une difficulté supplémentaire à l'ouvrage. Ces arcs sont de hauteur et largeur variable, et s'élargissent vers le haut de manière à reprendre le flambement. La section la plus large, à la clef, est de 2,5m par 1,15m.

Sur la travée centrale, la structure du tablier est faite de deux caissons métalliques longitudinaux entretoisés qui jouent le rôle de tirants du bow-string, joints transversalement par des entretoises. La section des caissons est trapézoïdale, de largeur constante égale à 1,5m et d'une hauteur variant de 1,5 à 1,8m. Les épaisseurs des caissons varient de 18 à 65mm. Des diaphragmes sont disposés tous les 4m à l'intérieur des caissons et dans le prolongement des entretoises.

Des profilés reconstitués soudés, de 6 à 9m de longueur en encorbellement latéral, et régulièrement espacés, permettent de supporter les voies mode doux.

Les manifestations régionales



Au niveau des travées courbes, de la zone triangulée, et à l'intersection des arcs, le tablier est un seul caisson à trois alvéoles ce qui lui confère une plus grande rigidité.

4.4 : Appuis et fondations

Etant donné la géométrie fortement dissymétrique de l'ouvrage, celui-ci est particulièrement sensible à la torsion ce qui implique de forts efforts dans les appuis.

Le tablier repose sur quatre appuis en béton armé fondés sur pieux.

4.4.1 : Culée C0

La culée C0, en rive droite, est constituée d'un chevêtre reliant un mur garde-grève et un mur de front portés par une semelle sur 4 pieux forés tubés de 1,4m de diamètre et 17,5m de profondeur.

La structure creuse de la culée permet d'intégrer les équipements du pont.

La forte proximité de cette culée avec le pont pasteur (présence de fondations anciennes, de micropieux) et avec le musée des Confluences rend la réalisation de cette culée complexe

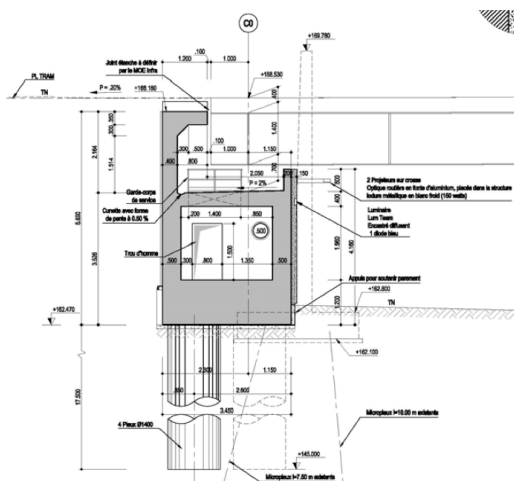


Figure 18 : Culée C0 en coupe

4.4.2 : Culée C3

Plus simple, la culée C3 (rive gauche) est constituée d'une semelle fondée sur 4 pieux forés tubés de 1,2m de diamètre et 17m de longueur, d'un mur garde-grève et d'un mur de fermeture à l'avant. A l'arrière, des murs de soutènement sont prévus le long de la rampe d'accès au pont.

4.4.3 : Pile P1

La pile P1 est sans doute la plus difficile à réaliser puisqu'elle se trouve dans le lit du fleuve. Elle est constituée d'un chevêtre de 4m d'épaisseur porté par deux voiles de 2m d'épaisseur, 14m de longueur et 6m de hauteur. Ces deux voiles reposent sur une semelle elle-même supportée par 16 pieux forés tubés de diamètre 1,6m et de 15m de longueur.

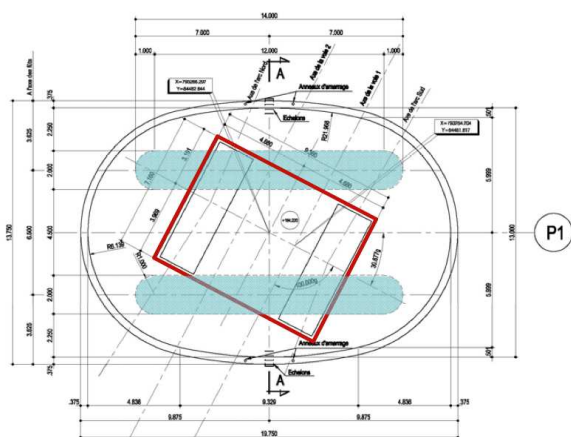


Figure 19 : Pile P1 en plan

Les formes de la pile ont été étudiées pour diminuer les perturbations sur le courant. Le chevêtre est constitué d'un béton à hautes performances C60/75. Cette pile étant située dans le fleuve, elle est dimensionnée pour reprendre les charges dues au choc de bateau.

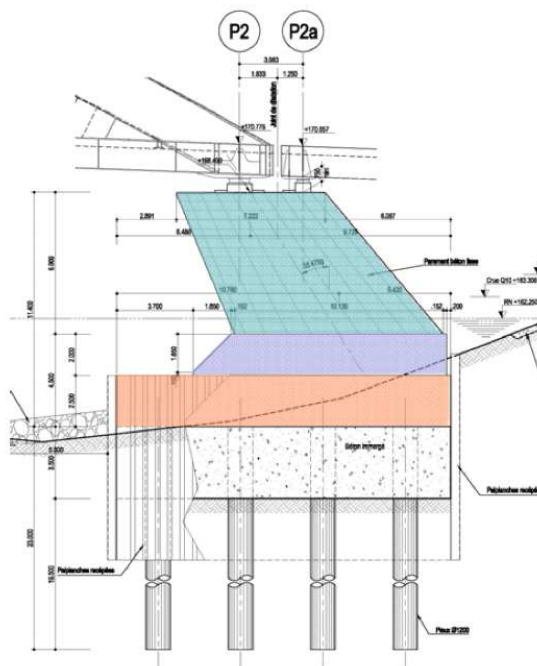


Figure 20 : Pile P2 vue en coupe

4.5 : Equipements

Des équipements spécifiques ont été choisis pour l'ouvrage. Les garde-corps architecturés ont nécessité la fabrication d'un prototype de validation.



Figure 21 : Prototype de garde-corps sur belvédère

Un platelage en bois exotique, et un mobilier adapté (bancs et chaises longues) ont été choisis pour rendre le belvédère agréable.



Figure 22 : Vue du belvédère et mobilier

Les travaux d'éclairage ont fait l'objet d'un marché séparé et permettent une mise en valeur de l'ouvrage.



Figure 23 : Mise en valeur du pont par l'éclairage

5. Les études de conception/d'exécution

Etant donné la complexité de l'ouvrage, plusieurs modèles numériques ont dû être mis en place afin de vérifier, aux différentes étapes du projet, le bon fonctionnement de celui-ci. Les études de conception ont été présentées par S. Ezran pour finir son exposé sur la conception de l'ouvrage, puis les études d'exécution ont été présentées par différents acteurs du projet pour le Génie Civil puis pour la charpente métallique.

5.1 : Les études de conception

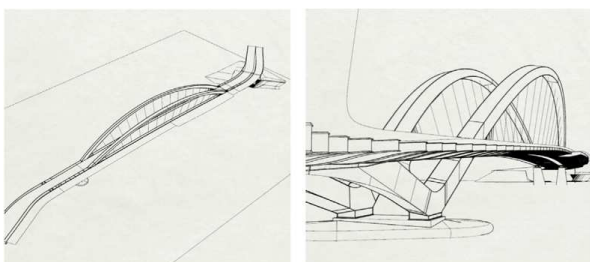


Figure 24 : Maquette 3D du pont (Rhino)

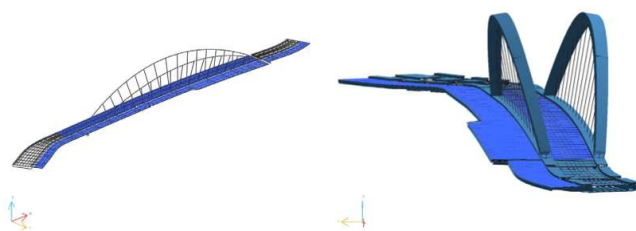


Figure 25 : Modèle de calcul du tablier (Pythagore)

Une maquette numérique 3D (Rhino) et un modèle de calcul ont été créés parallèlement. Les calculs ont été conduits avec le logiciel Pythagore (développé par SETEC TPI), et ont notamment permis d'effectuer les vérifications suivantes à partir des Eurocodes :

- Justification générale de la flexion en service, sous cas accidentel et sous séisme, avec prise en compte du voilement,
- Vérification du tablier sous vent turbulent,
- Vérification au flambement des arcs,
- Vérification à la fatigue,
- Vérification locales dalle orthotrope et encorbellements,
- Vérification du tablier sous charges piétonnes,
- Vérification au montage,
- Etudes de détails (zone triangulée).

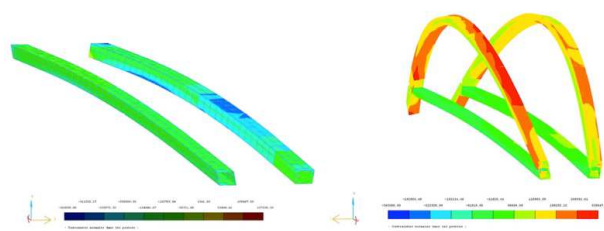


Figure 26 : Contraintes longitudinales à l'ELU modifié

Aux ELU, les contraintes ne dépassent pas 350 MPa dans les arcs et 160 MPa dans les tirants.

Les flèches maximales sous charges fréquentes ne dépassent pas le critère fixé de 1/750ème. Elle atteint 187mm dans la travée centrale de portée 140m. D'autre part le gauchissement de la voie ne dépasse pas 1,5mm/m.

Des vérifications du comportement dynamique global ont été établies à partir des recommandations préconisées par l'AFGC et le SETRA. Le pont a été dimensionné pour être d'un confort maximum, c'est à dire que les accélérations subies par la structure doivent être imperceptibles par les usagers. Une analyse modale du tablier a été réalisée à cet effet et les calculs dynamiques conduisent à des accélérations inférieures à 0,5 m.s⁻².

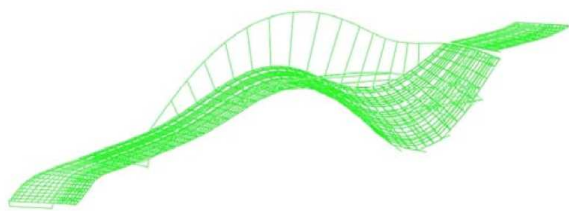


Figure 27 : allure du premier mode propre du tablier

5.2 : Les études d'exécution – quelques détails

Les études d'exécution du génie civil et de la charpente métallique ont été menées séparément. Elles ont respectivement été présentées par S. Guichon (COGECI) pour le GC, puis D. Bitar (CTICM).

5.2.1 : La zone triangulée de T2

Cette zone a fait l'objet d'une modélisation complexe aux éléments finis afin de vérifier par une étude locale, la justesse des modèles filaires effectués en parallèle. Le modèle filaire, à barre, de l'ensemble du tablier a été effectué à l'aide du logiciel PCP, tandis que les analyses locales ont été faites sur ANSYS. Une fois ces deux modèles confrontés, la descente de charge finale a pu être établie.

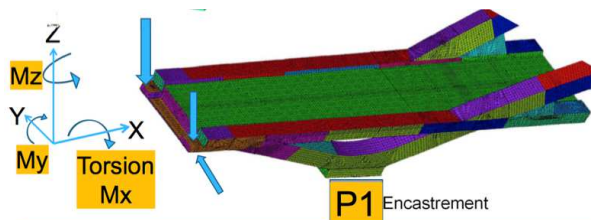


Figure 28 : Analyse locale EF : zone triangulée

5.2.2 : La transmission des efforts dans P1

Les efforts transmis par la zone triangulée à la pile P1 sont très importants étant donnée la géométrie de l'ouvrage. D'importants efforts de torsion sont en particulier transmis à cause de l'inclinaison de 10° des arcs et de l'absence de butons entre les deux arcs. Pour remédier à cela, 56 tiges de précontraintes de 75mm de diamètre permettent de transmettre l'ensemble des efforts, par frottement, à la platine d'assise.

Remarque : Près de 8 000 cas de charge et combinaisons ont du être étudiés par le CTICM pour établir une descente de charge fiable et sûre. Au total, près de 40 000 tonnes de précontrainte sont déployées dans l'ensemble de l'ouvrage, en particulier dans les zones de transmission des charges par frottement.

Les manifestations régionales

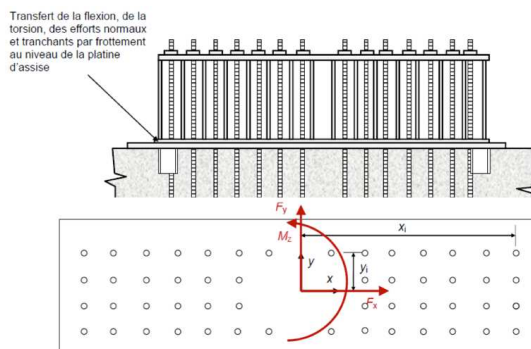


Figure 29 : Transfert des efforts par frottement uniquement

6. Description illustrée des travaux et visite du chantier

En fin de matinée, l'avancée des travaux et la description des méthodes d'exécution ont été présentées par J-Y. Sablon (Setec), C. Campoy (BYTP) pour le GC et C. Vesvres et C. Charpin pour le montage de la charpente ; à l'aide d'un impressionnant diaporama montrant l'évolution du chantier.

6.1 : Le Génie Civil



Figure 30 : Ferrailage de la Culée C0 à proximité immédiate du pont Pasteur



Figure 31 : Construction de la pile P1 à l'aide de batardeaux. Installation des pieux

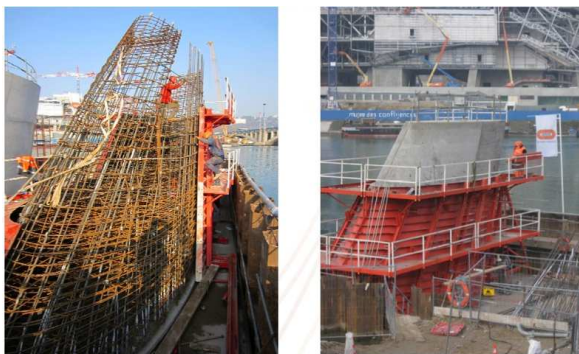


Figure 32 : Construction des fûts obliques de la pile P2



Figure 33 : Culée C3, rampe et accès

6.2 : La charpente métallique

Pour des raisons de capacités d'usines, la charpente métallique a été séparée en deux lots égaux, remportés par les mandataires MATIERE et ZM Construction Métallique (Charpentier Suisse).

La répartition des éléments de la charpente entre ces deux groupes est la suivante, avec en rouge ZM et en vert MATIERE.

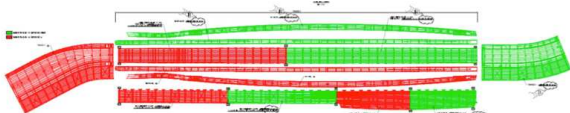


Figure 34 : Répartition des travaux de charpente métallique



Figure 35 : Fabrication en usine d'un caisson. Mise en place d'un diaphragme

Les manifestations régionales



Figure 36 : Transport d'un élément de l'usine (en Suisse) à la zone de montage

6.3 : Visite du chantier d'assemblage

Pour la travée centrale, le montage de la charpente se décompose selon les étapes suivantes :

- Montage du tirant de P2 vers P1
- Montage des arcs
- Montage de la zone triangulée

Parallèlement, la travée 1 est montée indépendamment sur le même site d'assemblage, tandis que la travée 3 a été montée sur le site final de l'ouvrage, puis poussée sur la pile C3.



Figure 37 : Montage des arcs

L'ouvrage a besoin d'être renforcé au moment de son transport par barge (réalisé par l'entreprise SARENS), afin de limiter les efforts. Pour cela, de nombreux renforcements provisoires viennent s'ajouter à la structure comme des butons entre les arcs et les tirants, ou des diagonales de contreventement.



Figure 38 : Butons provisoires avant d'être montés et oreilles de montage des butons



Figure 39 : Image donnant une idée des épaisseurs des caissons métalliques

Remarque : L'un des caractères exceptionnels de ce montage est l'étalement mis en place. L'ensemble de l'ouvrage est monté sur des étais qui ont été vérifiés au préalable pour supporter le poids de la charpente nu (2300t) en plus de ses nombreux renforcements provisoires.

Les manifestations régionales



Crédit

Présentations ppt de différents intervenants.
(Textes et photos)

Autres photos : Eloi Durand

Article rédigé par Eloi Durand (étudiant INSA de Lyon) et relu par Jacques Martin, président de la délégation Rhône Alpes de l'AFGC.