

13 septembre 2007 à Andrézieux Le grand pont sur la Loire

Le 13 septembre 2007, l'AFGC Rhône-Alpes a organisé une conférence-visite autour du chantier de construction du grand pont au dessus de la Loire à Andrézieux (42). Cette journée avait été préparée en partenariat avec l'OTUA (Office Technique pour l'Utilisation de l'Acier) et en collaboration avec le Conseil Général de la Loire, maître d'ouvrage, la délégation aux infrastructures, maître d'œuvre, le cabinet d'architecture STRATES, le bureau d'études Quadric ainsi que le mandataire GFC - DV.

Rappel du programme

10h00 Accueil des participants

Jean Paul DEFRAVE - Conseiller Général de la Loire

10h10 Introduction de la journée

Jacques MARTIN - AFGC Rhône-Alpes

Jean Michel VIGO - OTUA

10h15 Présentation générale de l'ouvrage

Jean Paul SCALLIET - Directeur général adjoint chargé des infrastructures au Conseil Général

10h25 Présentation du montage opérationnel

Jean Luc SUCHET - Maître d'œuvre de projet, délégation aux infrastructures du Conseil Général

10h35 Conception architecturale du projet

Hervé VADON et Jean Vincent BERLOTTIER - Cabinet d'architecture STRATES.

10h50 Conception technique et spécificité de l'ouvrage.

Jean LAWNICKI et Jean Marie CHENOT - Quadric

11h40 Présentation du chantier par le mandataire

Jean Jacques ANDRE - GFC - DV

12h00 Le tablier métallique

Marie Laure GUILLAUME (Baudin Chateauneuf)

12h15 Câbles et suspentes

Christophe MALLE (Baudin Chateauneuf)

13h00 Déjeuner

14h30 Visite du chantier du grand Pont sur la Loire.

Présentation de la journée

L'AFGC Rhône-Alpes

L'AFGC est une association inter-professionnelle qui regroupe tous les acteurs oeuvrant dans le domaine du génie civil. Elle a pour objectif de créer des liens et de favoriser les échanges entre architectes, ingénieurs, entrepreneurs, maîtres d'ouvrages, chercheurs, étudiants..., afin de faire connaître et de valoriser le secteur du génie civil. Dans cette optique, la délégation Rhône-Alpes organise régulièrement des conférences et des visites autour d'un ouvrage ou d'une opération présentant des particularités techniques intéressantes, tel que le Grand Pont sur la Loire.

Jacques Martin, son Président au niveau régional a introduit la journée en nous invitant à ouvrir une œuvre du Laboratoire Central des Ponts et Chaussées : « Les ponts suspendus en France ». Cet ouvrage de référence présente cette spécialité française, avec plus de 200 ouvrages construits.

Il nous a rappelé les deux prochains événements organisés par l'AFGC : une conférence à l'INSA de Lyon le 17 octobre 2007 sur le thème du rayonnement du Génie Civil ainsi que la journée de conférence-visite de la ligne des Carpates avec RFF et la SNCF le 15 novembre 2007.

L'OTUA

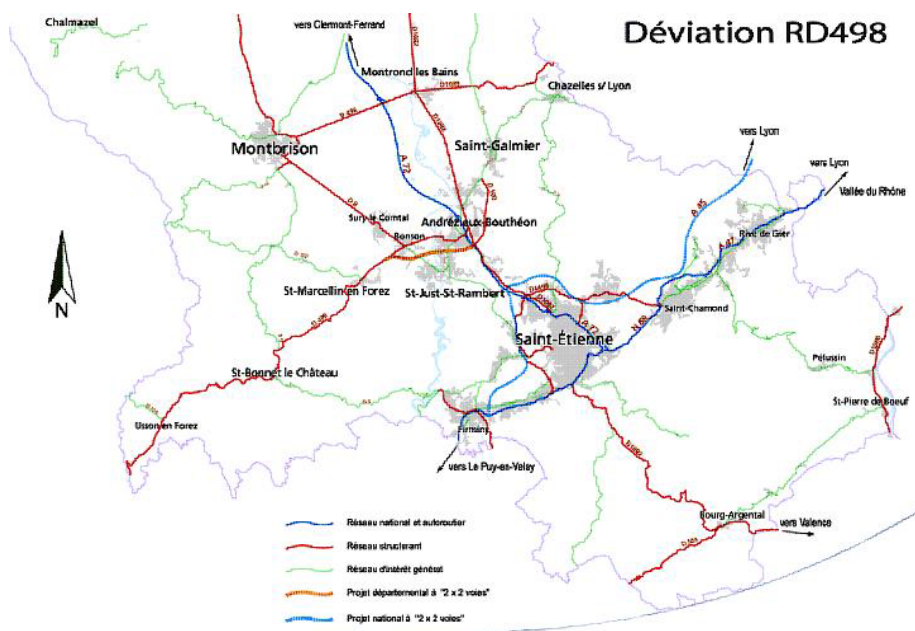
L'Office Technique pour l'Utilisation de l'Acier est un organisme professionnel dont la vocation est de contribuer au développement de l'acier en France et d'élargir toujours d'avantage le champ d'application de ce matériau. Ceci en offrant son appui technique aux utilisateurs du matériau mais aussi en essayant la culture de l'acier, depuis l'école jusqu'à dans les entreprises. Toutes les prochaines manifestations sont présentes sur www.otua.org

Présentation du projet de contournement d'Andrézieux.

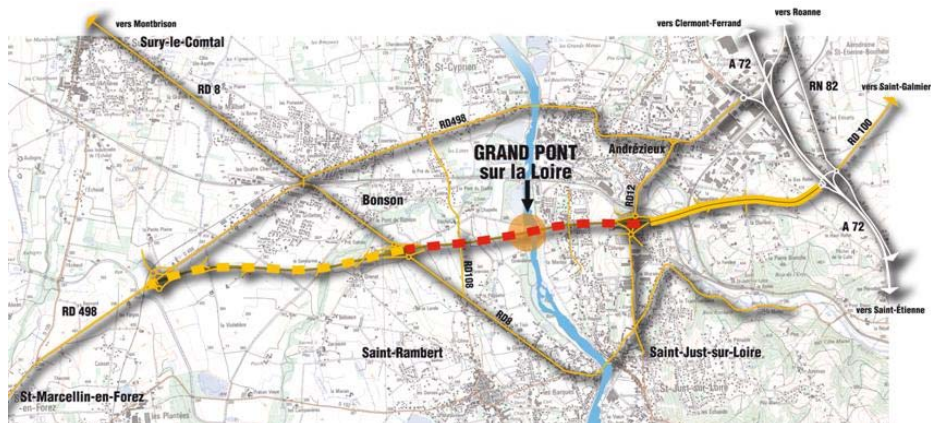
M. Jean Paul DEFRAVE, conseiller général de la Loire, a accueilli les 70 participants venus de la Région Rhône-Alpes invités par l'association AFGC ainsi que par l'OTUA.



En 2000, dans le cadre du projet de la déviation de la RD 498 entre l'A72 et Bonson, le Conseil Général décide de lancer le Grand Pont sur la Loire. Cette décision intervient dans un but simple : désenclaver le pont Saint Juste sur Loire ainsi que la vallée de Saint Etienne. Le Président du Conseil Général de la Loire confie la démarche de conception à la Délégation aux Infrastructures. La construction est remportée après appel d'offre par GFC Construction, mandataire d'un groupement avec DV du groupe Bouygues et Baudin Châteauneuf le 18 Août 2005. Le lancement des travaux a lieu le 9 janvier 2006 pour une durée d'exécution de 28 mois.



Plan des axes routiers entre Montbrison et Saint Etienne



Plan de la déviation de la RD 498

Premier projet d'investissement du département depuis la décentralisation, il représente le budget annuel du département de la Loire. L'ouvrage d'art central représente 23 millions d'euros pour un budget total de 65 millions d'euros. Le projet a été décomposé en trois tronçons. La première phase, à l'Est, a été achevée fin 2006, la seconde avec le pont sur la Loire est prévue pour fin 2008. La dernière phase, à l'Ouest, est programmée pour 2009.

Présentation générale de l'ouvrage.

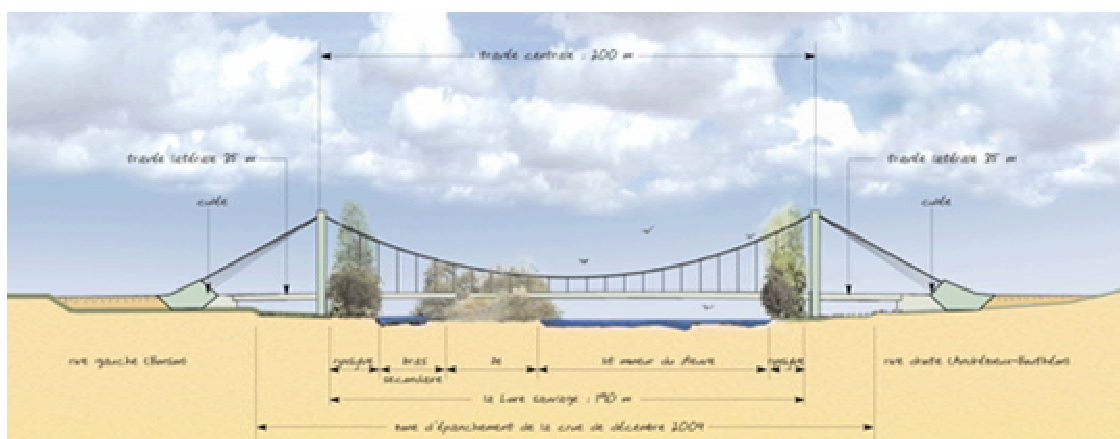
Pour l'élaboration du pont, trois ans de réflexion et d'études auront été nécessaires, avec plus de 50 réunions. Une équipe a été créée pour répondre particulièrement aux demandes du Conseil de la Loire. Si le pont suspendu, première motivation du maître d'ouvrage, a été retenu, c'est qu'il répondait particulièrement aux exigences du projet : il fallait protéger la Loire et son biotope, laisser voir l'environnement ainsi qu'éviter toutes piles de pont dans le lit du fleuve.

En effet, la Loire est le dernier fleuve sauvage d'Europe. Sur le site du futur pont, la Loire et ses rives forment un ensemble de grande qualité naturelle et paysagère, préservé de l'urbanisation pourtant proche. Afin de préserver le biotope, l'ouvrage devait franchir la partie sauvage naturelle en une seule travée : les pylônes sont fondés au-delà des ripisylves.

Pour conserver la maîtrise d'œuvre en interne, la délégation aux infrastructures s'est entourée de sous-traitants fortement reconnus. L'équipe projet est composée de La délégation aux Infrastructures, (Jean-Paul SCALLIET, Jean-Luc SUCHET, Anne-Cécile LIEUTAUD, Marcel COUHET, Vincent GARREAU et Pascal DIGONET), du bureau QUADRIC (Jean LAWNICKI, Pascale GUICHON, Jean-Marie CHENOT et Dario FOPPOLO, Serge CHAFFOIS et la collaboration de Jean PICCARDI pour les parties métalliques) ainsi que de l'agence d'architectes STRATES (Jean-Vincent BERLOTTIER, Hervé VADON et Marta VAJK).



Perspective 3D de nuit de l'ouvrage



Elévation longitudinale de l'ouvrage

Les recherches sur la silhouette générale de l'ouvrage ont duré près d'un an de mai 2003 à février 2004, proposant de nombreuses géométries d'ouvrages suspendus. La démarche utilisée a été très didactique, avec une dizaine d'images à chaque étape pour permettre au Maître d'ouvrage de choisir. Avec la volonté de vouloir supprimer l'entretoise, trois possibilités avec 4 pylônes indépendants ont été testées par l'agence Strates : droits, inclinés par l'extérieur, inclinés par l'intérieur. L'assemblée départementale, après avoir effectué un sondage positif auprès de ces électeurs (84 % des internautes ont voté en faveur du pont triangle) a donc choisi un pont suspendu auto-ancré à nappes de suspentes inclinées.

Caractéristiques dimensionnelles



Coupe transversale de l'ouvrage

Pour un ouvrage autoroutier, les dimensions de l'ouvrage sont assez courantes avec une longueur de 270m dont 200m de travée centrale. Les pylônes mesurent respectivement 38 et 40m de hauteur. Le tablier mixte se situe à 10m au dessus de la Loire. Enfin, la largeur du tablier est de 25m pour assurer la circulation d'une deux fois deux voies ainsi qu'une circulation piétonne et cycliste de part et d'autre de l'ouvrage.

Principes structurels.

Du point de vue de la qualité des sols, le substratum constitué d'un massif de granite est recouvert de sol limoneux de très mauvaise qualité sur 6 à 8m. Cette constatation a conduit à construire un ouvrage auto-ancré. Deux difficultés sont apparues dans les massifs d'ancrage.

Pour reprendre la composante verticale, le massif d'ancrage devait se trouver au dessus de la crue maximale. En cas de crue supérieure, le massif serait alors déjaugé, ne permettant plus d'accepter un état limite ultime. Il a été choisi de déplacer la culasse au-dessus de la crue centennale.

Pour reprendre la composante horizontale, il a été choisi de faire transiter les efforts dans le tablier. La contrainte de construire le tablier avant les haubans devenait indispensable.

Le tablier, d'une longueur de 312m entre les joints de dilatation, est ancré dans les culasses, les deux travées de retour sont ancrées de manière souple. Pour

reprendre les 5200 tonnes de poussée horizontale, le tablier est composé d'un bipoutre classique. La moitié de l'effort normal est repris par l'acier, l'autre moitié par le béton.

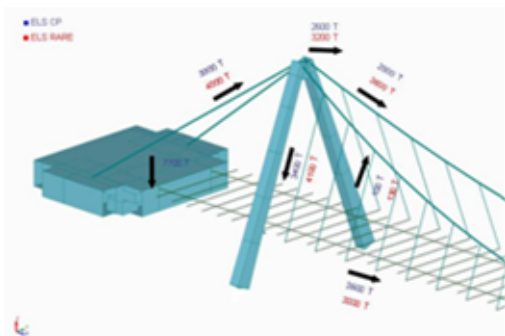


Schéma des efforts transitant dans la structure

Le transfert de charge induit par l'effort normal une fois que les suspentes sont tendues provoque un déplacement horizontal des appuis de 52 mm de part et d'autre. Les poutres sont entièrement encastrees dans le massif d'ancrage, le transfert s'effectue par frottement.

L'ensemble des détails ont été traités pour garder une symétrie : au niveau de chaque pile de pont, le tablier repose sur 4 appuis en néoprène grande hauteur, dont deux latéraux pour reprendre les effets du vent, les oreilles d'ancrages des 19 torons T80 sont identiques, les systèmes de déviation en haut des piles sont symétriques.

Principes constructifs pendant la phase travaux

Pendant la construction deux schémas statiques différents se succèdent. Deux modèles de calculs sont donc nécessaires pour déterminer les contraintes dans le tablier.

Pendant le lancement du tablier, la structure considérée est un bipoutre mixte classique à 6 travées (les deux piles de pont ainsi que trois appuis provisoires dans le lit du fleuve) : calculs réalisés avec les charges suivantes :

- poids propre métal
- poids de la dalle béton
- dénivellation d'appui sur pylônes



Schéma du modèle de bipoutre classique à 6 travées

Une fois le transfert de charges établi sur les câbles suspendus, le modèle de calcul devient non linéaire, avec de grands déplacements, et la prise en compte des charges supplémentaires :

- transfert de charge
- poids des superstructures
- charges d'exploitation.



Schéma du modèle de pont suspendu

Les manifestations régionales

Pour obtenir le profil en long final, il faut que le profil en long intermédiaire corresponde à celui obtenu en supprimant les suspentes et en activant les appuis provisoires sur le modèle général « Modèle Grands Déplacements » (état à vide).

La contreflèche de fabrication correspond à la différence entre le profil en long théorique intermédiaire « Modèle Grands Déplacements » et les flèches calculées en fin de construction du tablier sur ses palées. La contreflèche axiale due à la compression du tablier est aussi prise en compte (2×54 mm).

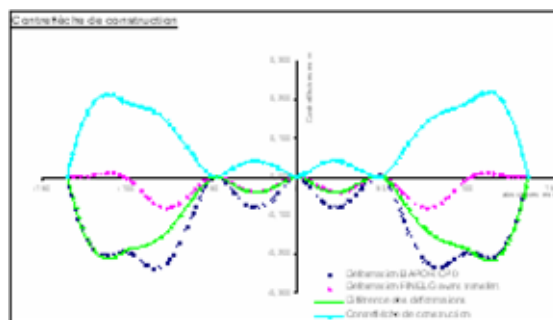


Diagramme pour le calcul de la contreflèche de construction

Ces grands déplacements au moment du transfert de charge ont eu de nombreuses incidences, en particuliers les interfaces entre :

- le ferrailage des prédalles et de la dalle et les goujons connecteurs des poutres métalliques,
- le ferrailage de la tête de pylône et les goujons du socle supportant les selles,
- la structure métallique du tablier et les 2 structures métalliques treillis supportant les tirants d'ancrage des câbles porteurs
- les couches de ferrailage des culées et la structure treillis support de tirants d'ancrage des câbles porteurs.

Quelques détails de construction.

Le tablier

Le bipoutre de 1,75m de hauteur (soit 1/30e de la longueur) est soutenu par des pièces de pont principales (soutenue par une suspente) tous les 7,70m, avec des pièces de pont secondaire tous les 3,85m.

Les variations de niveau du tablier liées au profil en long parabolique, alors que les plans des nappes de suspentes sont invariables, entraînent une variation du point d'épure de l'ancrage des suspentes sur le tablier donc de la longueur des consoles principales: variation de 26,2 cm entre la pièce de pont principales centrale et celles proches des pylônes.

Le poids du câble porteur induit une flèche transversale du câble par rapport à l'angle théorique de $20,50^\circ$.

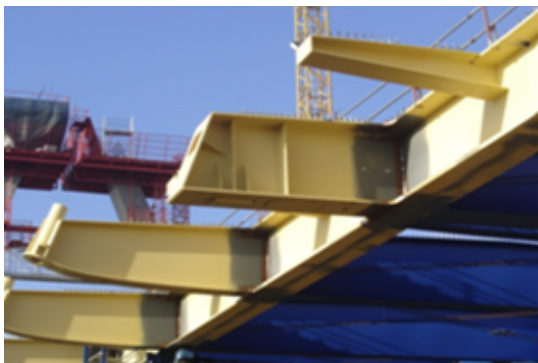
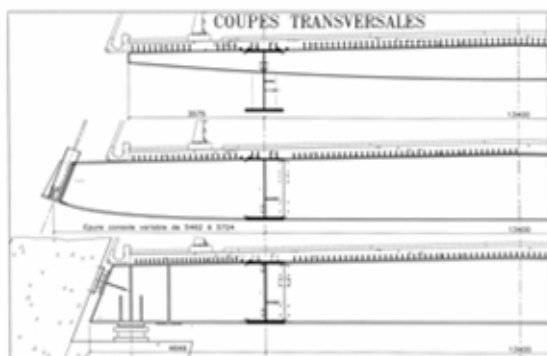


Photo des pièces de pont



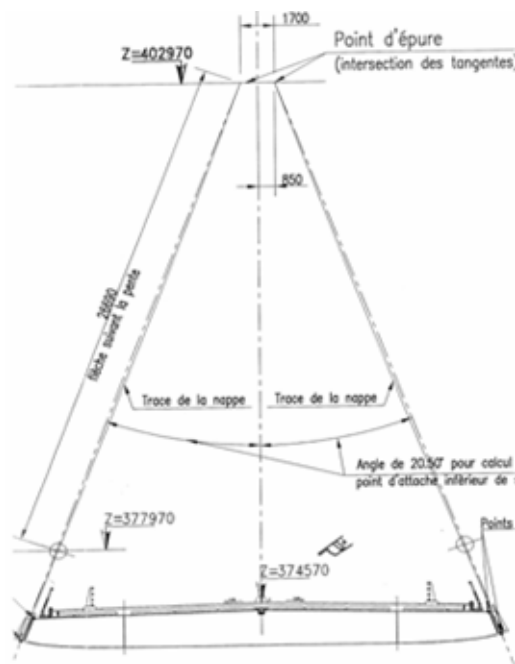
Plan des pièces de pont

L'inclinaison des suspentes sur la verticale varie donc sur la longueur de l'ouvrage de $1,44^\circ$ entre la suspente centrale et celle la plus proche du pylône.

Le tablier est mis en place par lancement depuis la culée rive gauche sur des palées provisoires : une au droit de chaque pylône et trois dans le lit de la Loire. Le tablier a été lancé en trois étapes : une fois le premier lancement effectué, les consoles principales sont soudées au dessus de la berge,

Une fois le second lancement effectué, les consoles principales sont de nouveaux soudés, une couche de finition est appliquée, les prédalles de la partie qui se trouvera au dessus de la Loire sont posées et l'avant bec est démonté. Le dernier lancement permet d'atteindre la rive droite.

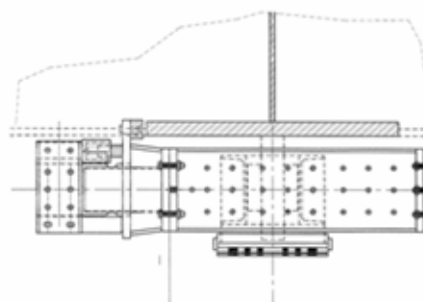
Pour guider le bipoutre, un système de patins en téfalon rotatif a été mis en place au droit des piles pour permettre le passage des pièces de pont principales.



Plan des variations de l'inclinaison des suspentes



Photo après le premier lancement



Coupe du système de guidage rotatif

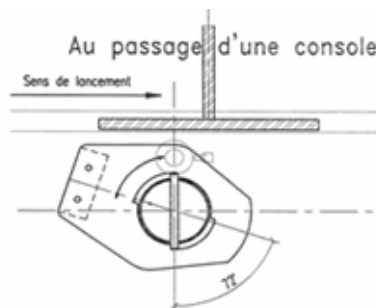
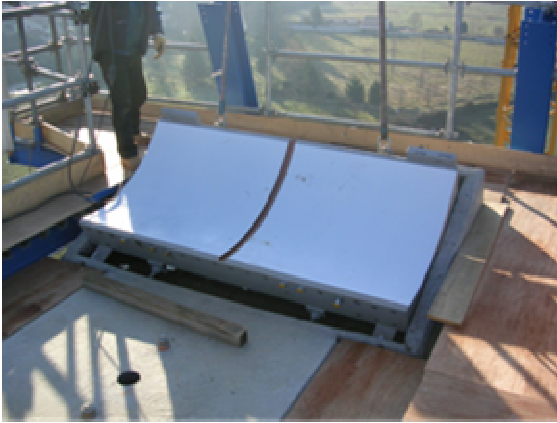


Schéma du système de guidage rotatif



Réservation du socle en tête de pylone
(Adaptation du lit de ferrailage et de la réservation au goujonage du socle)



Connexion entre la pile de pont sur rive et les poutres métalliques (connexion par frottement)



Connexion entre la pile de pont sur rive et les deux structures métalliques treillis supportant les tirants d'ancrage des câbles porteurs

Conclusion

Bien que la conception d'un pont suspendu étant la source de nombreux questionnements techniques comme nous avons pu le voir, l'ensemble des personnes présentes ne peuvent que féliciter le maître d'ouvrage de s'engager vers des projets comme celui du Grand Pont sur la Loire. En effet, que ce soit les architectes,

Les manifestations régionales

les ingénieurs en bureaux d'études ou sur le chantier, les ouvriers ou encore le grand public, tous sont fiers de pouvoir traverser ce si beau fleuve qu'est la Loire par un tel ouvrage.

Nous remercions plus particulièrement OTUA, qui a organisé cette magnifique journée, ainsi que tous les acteurs ayant contribué au bon déroulement de cette conférence-visite, qui ont su communiquer leur intérêt pour ces travaux et leur passion pour le Génie Civil.

Merci à tous les participants.

Compte rendu réalisé par Jean Baptiste BOUYER
étudiant en 5ème année à l'INSA de Lyon

Quelques images pour conclure

