



## EUGÈNE FREYSSINET

L'inventeur de la précontrainte, Eugène FREYSSINET, a commencé sa carrière à Moulins. Il construisit de nombreux ponts, notamment le pont du Veurdre, dont le musée possède la maquette offerte par FREYSSINET et l'entrepreneur MERCIER au département de l'Allier.

Eugène FREYSSINET est né en 1879 à Objat en Corrèze. Il entre à l'Ecole Polytechnique (X 1899) et en sort 19ème. Il obtient ensuite le diplôme d'ingénieur des Ponts et Chaussées et commence sa carrière en 1905 à Moulins avec le titre d'"ingénieur ordinaire" chargé des constructions de toute la partie est de l'Allier. Son bureau se trouvait au 47 du Boulevard Ledru Rollin dans un bâtiment situé dans l'arrière-cour. L'immeuble principal, très belle propriété bourgeoise, était occupé par son patron Charles WENDER (X 1878), ingénieur en chef, "X-Ponts" comme lui.

A un moment où l'on a foi dans les progrès techniques et où les communes cherchent à rompre leur isolement, alors que le chemin de fer tisse les mailles d'un réseau départemental, le jeune ingénieur se voit constamment sollicité pour des demandes de constructions, qui d'une route, qui d'un pont, voire des deux à la fois. Si la demande est forte, les réalisations se font lentes : l'argent manque et les moyens techniques ne permettent pas de vaincre toutes les audaces.

### Les premiers ouvrages en béton armé (1906-1908)

En 1906 Eugène FREYSSINET construit le pont de Ferrières sur Sichon en arc de 40 m de portée pour faire passer le "tacot" (chemin de fer à voie étroite de 1 m). Un autre pont en béton armé a été construit à Cusset sur le Jolan pour faire passer la ligne de chemin de fer conduisant à la carrière des Malavaux.

En 1907 il construit un pont routier en arc de 26m de portée en face du château de Prairéal sur Besbre (Allier). Cet arc est articulé aux naissances (Le massif sous l'articulation était destiné à renforcer ce point, mais au cours du temps il a tassé et est maintenant parfaitement inutile) et à la clé. Pour enlever le cintre (coffrage), FREYSSINET imagine d'écartier les deux bords du joint à la clé de voûte pour allonger l'arc et l'obliger à se soulever. Cette technique sera utilisée plus tard au Pont Boutiron et à de nombreux autres ouvrages d'art.

Ce bouillant ingénieur se fit ainsi remarquer du Conseil Général des Ponts et Chaussées qui ne voyait pas d'un très bon œil, un de leurs ingénieurs transgresser les habitudes de construction des ouvrages d'art. On était alors en pleine période de construction des ponts métalliques. Aussi une inspection fut-elle décidée. L'Inspecteur Général, X-Ponts comme FREYSSINET et féru de vélo, demanda à FREYSSINET de lui concocter un périple d'une journée pour inspecter

des ponts en précisant que ceux-ci devaient se trouver sensiblement à la même altitude. FREYSSINET l'emmena alors visiter trois ponts dans la Montagne Bourbonnaise en prenant bien soin de les choisir dans des vallées différentes. L'Inspecteur, épuisé par les incessantes montées à vélo, fut mis dans le tacot à Laprugne et assista, à moitié endormi à la réception qui eut lieu en son honneur à la sous-préfecture de Vichy. L'inspecteur Général ne lui tint pas rigueur de son épuisante inspection et les constructions de FREYSSINET furent approuvées par le Conseil Général des Ponts.

### **Le projet des trois ponts sur l'Allier. Collaboration avec François Mercier.**

François MERCIER (1858-1920) était un entrepreneur de maçonnerie originaire de l'Allier. Il construisit entre autres les deux sanatorium François et Marie MERCIER à Tronget ainsi que divers ouvrages d'art pour la construction des lignes de chemin de fer à voie étroite de Dompierre à Lapalisse, de Varennes au Donjon et de Cosne d'Allier à Bourges. Plus tard il s'associera avec Claude LIMOUSIN pour former l'entreprise MERCIER-LIMOUSIN.

C'est ainsi qu'au hasard des travaux dont il assure le suivi, FREYSSINET fait la connaissance de François MERCIER en 1907, alors que ce dernier vient de remporter le marché de la construction de trois ponts sur l'Allier, au Veurdre à 30 km au nord de Moulins, à Boutiron à 5 km au nord de Vichy et à Châtel-de-Neuvre entre Moulins et Vichy, pour 630 000 F, soit un coût moyen de 155 F par m<sup>2</sup> contre 250 à 300 F en maçonnerie "traditionnelle": "J'étais chargé du contrôle de lignes à voie étroite que F. MERCIER construisait à forfait, écrira quelques années plus tard E. FREYSSINET. Ce fut le début d'une collaboration de plus en plus amicale, occasion pour moi de nombreuses études et réalisations que je suivais de fort près. MERCIER en vint peu à peu à s'intéresser à mes efforts, autant que si j'avais été son fils... Une seule fois en neuf ans, il vint me trouver à mon bureau. Ce jour-là, mon projet pour Boutiron était étalé au mur. Je lui dis que ce projet n'avait aucune chance d'être réalisé, tant par manque de crédit qu'en raison des difficultés d'approbation et d'exécution, que son originalité susciterait sans doute... Il réfléchit un moment puis me dit : "Ce projet me plaît et je veux que vous l'exécutiez en pleine liberté et sous votre seule responsabilité... J'offre au département la reconstruction de ces trois ponts, selon votre projet dont j'assume l'entière responsabilité, études et exécution. Pour chaque pont, je demande le tiers de la somme prévue pour le seul pont du Veurdre (...) payable après essais satisfaisants. En cas d'insuccès, je m'engage à reconstruire chaque pont insuffisant en maçonnerie."

Fort de ce soutien qui marque le point de départ de sa carrière, Eugène FREYSSINET ajoute à l'égard de François MERCIER : "Jamais je ne pourrai témoigner assez de reconnaissance à l'homme qui eut assez confiance en moi pour me charger de toutes les responsabilités d'une série d'ouvrages difficiles, alors que je n'avais pas encore vingt-huit ans. Il fallait maintenant passer à l'exécution. F. MERCIER me prévint que je ne devais attendre de lui ni conseils, ni personnel, ni matériel. Il promit seulement de régler toutes les dépenses que j'engagerais en son nom..."

## La première poutre précontrainte au monde (1908)

Si l'appui de F. MERCIER est déterminant, le jeune polytechnicien n'en éprouve pas moins quelques doutes : "Je jugeai nécessaire de consentir la dépense d'une arche d'essai importante. Notre projet posait plusieurs problèmes qui exigeaient un contrôle expérimental (...) Comment se comporteraient au décintrement des voûtes très plates, peu armées, dont la résistance au cisaillement était pratiquement nulle avant la naissance des poussées ? Pourrais-je contrôler suffisamment le mouvement des retombées par rapport aux appuis ? (...) Comment réaliser la parfaite simultanéité de l'application des poussées permanentes des diverses voûtes sur les piles, sans résistance avant leur chargement et trop raides pour se déformer sans se rompre ? "

Après avoir noirci des pages de calculs, E. FREYSSINET passe à la réalisation d'une arche d'essai de 50 mètres de long, sur un terrain de l'ancienne compagnie du "tacot", à Moulins. " Pour la première fois au monde, écrit Jean-Yves Vif, il expérimente à cette occasion l'idée de précontrainte, c'est-à-dire qu'il relie les deux culées de son arche par un tirant de centaines de fils d'acier, à haute limite élastique, d'une force de 2 500 tonnes. Construite au cours de l'été 1908, l'arche moulinoise est l'ancêtre de tous les ouvrages ultérieurs en béton précontraint : "Je résolus de donner à cette arche d'essai 50 m de portée, 2 m de flèche, soit 156 m de rayon moyen, 1,50 m de largeur à la clé, 2,50 m au niveau des articulations de retombée ", note Eugène FREYSSINET, avant d'ajouter que son terrain de fondation ne valait rien et qu'il fallait fonder les appuis de sa poutre sur des pieux.

Il faut également vaincre le problème de la fabrication des bétons. Après réalisation d'un broyeur à meule et au prix de nombreux tâtonnements, E. FREYSSINET découvre le béton idéal, maniable, sans excès d'eau dont la résistance atteint régulièrement 40 Mpa (400 kg/cm<sup>2</sup> environ) à 90 jours et capable d'allongement remarquable, avant rupture par flexion. Si l'on ignore la "recette" exacte utilisée par Eugène FREYSSINET (au point que des prélèvements ont été récemment analysés par le Laboratoire central de Paris), celui-ci en a pourtant donné quelques explications :

" Avec des sables siliceux à gros grains et des graviers mi-siliceux, mi-feldspathiques, et aussi avec des dosages en ciment élevés (de 450 à 500 kg/m<sup>3</sup> en oeuvre), j'ai obtenu des bétons remarquablement maniables. On les mettait en place en vibrant les coffrages au marteau à main. La sévérité de BIGUET (alors constructeur de travaux aux Ponts et chaussées), qui dirigeait les coulages était extrême et, à ce point de vue, je ne crois pas que la perfection d'exécution des bétons du Veudre et de Boutiron puisse être dépassée..."

C'est à partir de ses expériences sur cette poutre, que FREYSSINET a, plus tard, développé la théorie de la précontrainte couramment utilisée aujourd'hui.

Cette poutre est toujours visible dans le jardin d'une propriété privée.

## Les grands ponts sur l'Allier

L'arche d'essai ayant montré sa fiabilité, il faut passer à la réalisation grandeur nature. Eugène FREYSSINET et François MERCIER commencent par le pont du Veudre qui sera achevé en 1911. Suivront en 1912 le pont Boutiron et le pont de Châtel de Neuvre débuté en 1914 et achevé en 1923.

Ces trois ponts étaient des ponts à arc à trois articulations, une à la clé de voûte et une à chaque naissance de voûte. Le tablier du pont était posé sur les arcs par des treillis en béton pour deux d'entre eux et par des voiles en béton pour le pont de Châtel de Neuvre. Chaque pont comportait trois travées de 70 m chacune environ. Pour chacun de ces trois ponts, FREYSSINET remplit seul les fonctions d'architecte (il décida de la forme à donner aux ponts), d'ingénieur-conseil (il a fait tous les calculs et plans de béton armé) et de conducteur d'opération (il a suivi tout le déroulement du chantier).

### Le pont du Veudre (1911)



Le pont du Veudre inaugurait la série des trois ponts projetés par E. FREYSSINET et exécutés par F. MERCIER.

Les difficultés ne manquaient pas, ajoutées à l'incrédulité ambiante, devant l'audace du jeune ingénieur :

Le jour du décoffrage, plus de trois mille badauds sont massés sur les rives de l'Allier, attendant l'éroulement de l'édifice, prédit par un quotidien de Nevers. " Inutile de dire qu'ils furent déçus " note Jean-Yves Vif.

Peu de temps après sa construction (en 1912), le pont voit ses clés de voûte s'abaisser progressivement. Les fondations furent au début incriminées mais après sondages, mesures et vérifications, la cause de ce fléchissement ne venait pas de là. Il fallait néanmoins prendre rapidement une décision pour faire cesser l'abaissement des clés de voûte, FREYSSINET étant persuadé qu'à terme le pont se serait effondré, ce qui aurait certainement compromis sa carrière.

Aussi dans la nuit, il va réveiller son chef de chantier et en vélo, sans prévenir personne, ils allèrent de Moulins au Veudre distant d'une trentaine de km.

Il mit les vérins dans les joints des clés de voûte, ce qui eut pour effet d'allonger les arcs. Comme les fondations étaient solides et indéplaçables, les arcs ont été obligés de se soulever, sauvant ainsi le pont d'une ruine certaine. FREYSSINET voulait que cette intervention soit la plus discrète possible afin de ne pas alerter le Conseil Général des Ponts et Chaussées. La discrétion fut toute relative car son intervention se passa le jour du marché au Veudre ! Cet incident permit à Freyssinet de découvrir que le béton fluait (se raccourcissait) sous charge. Cette découverte très importante fut ensuite l'objet de nombreuses études et il est tenu compte de ce phénomène dans les grands ouvrages d'art.

Ce pont fut dynamité le 7 septembre 1944 pendant la seconde guerre mondiale. Le musée possède la maquette du pont du Veudre au 1/50ème qui a été offerte en 1911 par Messieurs FREYSSINET et MERCIER au Département qui nous en fait don.

### **Le pont Boutiron (1912)**



Une fois achevé le pont du Veudre, FREYSSINET et F. MERCIER construisirent le pont Boutiron. Le principe de construction de ce pont était analogue au précédent si ce n'est que les arcs avaient une flèche un peu plus importante. Au moment du coulage du pont, une crue emporta une partie des cintres. FREYSSINET dirigea alors le renforcement des cintres et coula le reste du pont sans discontinuer pendant 3 jours et 2 nuits. Le pont était sauvé.

Le pont Boutiron (à 3 km au nord de Vichy) a été inauguré en 1912. Il est toujours en activité.

## Le Pont de Chatel de Neuvre 1914-1923



Ce pont, le dernier de la série, était conçu selon les mêmes principes que les précédents (3 travées à arc à trois articulations). Cependant les membrures ont été remplacées par des voiles pleins en béton. Comme pour tous les grands ouvrages d'art le décoffrage est un réel problème car le béton adhère assez fortement aux planches du coffrage et il n'est pas rare que celui-ci soit irrécupérable après décintrement.

Pour décoffrer le pont de Châtel de Neuvre, FREYSSINET imagina un tout nouveau procédé. Il employa la technique qu'il avait utilisée pour arrêter l'affaissement des clés de voûte du pont du Veurdre : Il glissa dans le joint de la clé de voûte de chacun des trois arcs, des vérins pour écarter les bords du joint. De ce fait les arcs du pont se sont soulevés et se sont alors automatiquement décoffrés sans autre intervention.

Ce pont fut également démoli pendant la seconde guerre mondiale. Après ces premières expériences très enrichissantes pour le béton armé, FREYSSINET quitta en 1914, l'administration des Ponts et Chaussées (il pantoufla selon le jargon polytechnicien) et se mit à la disposition de l'entreprise François MERCIER et Claude LIMOUSIN, pour poursuivre la carrière exceptionnelle que l'on sait. Il décéda à l'âge de 82 ans.

L'entreprise MERCIER-LIMOUSIN devint plus tard l'entreprise BORIE-LIMOUSIN. André BORIE était également originaire de l'Allier. On pourra utilement consulter le site Internet de l'Association pour la mémoire et le rayonnement des travaux d'Eugène FREYSSINET à l'adresse suivante : <http://membres.lycos.fr/assoef/acceuil.htm>. Ce site, très documenté, vous permettra de mieux connaître cet ingénieur hors du commun.

Pour rédiger le texte ci-dessous nous nous sommes largement inspirés d'un article de Jean Paul PERRIN paru dans les Cahiers du Bourbonnais (hors série N°2 de 1996).