

14 et 15 mars à Lourdes

Le cinquantenaire de la Basilique Saint Pie X

Les 14 et 15 mars l'Association Eugène Freyssinet, en partenariat avec l'AFGC, a organisé une visite de la basilique de Lourdes. En effet, au cours de l'année 2008, on doit célébrer le 150^{ème} anniversaire des apparitions de la Vierge à Bernadette Soubirous. En marge de cet évènement et en toute modestie, l'Association Eugène Freyssinet se fait un devoir et un plaisir de rappeler que 2008 sera aussi le cinquantième anniversaire de la Basilique souterraine. C'est en avril 1956 que les autorités ecclésiastiques confièrent le projet d'aménagement au groupe d'architectes Vago, Le Donné et Pinsard. Une forme ovale de 200 m de longueur par 80 m de large environ, capable de recevoir 20 000 pèlerins, avait été jugée la plus adaptée. Ils soumièrent le projet à quelques ingénieurs de renom de l'époque et, en particulier, demandèrent à Freyssinet si on pouvait construire dans ce volume, d'ici le printemps 1958, un ouvrage répondant à leur programme, et l'ordre de grandeur de la dépense.

A l'occasion de ce voyage, l'Association Eugène Freyssinet a également proposé une présentation du Pont Saint-Michel à Toulouse et du Pont de Villeneuve sur Lot.

Le Pont Saint-Michel à Toulouse est l'un des derniers ouvrages en béton précontraint conçu par Eugène Freyssinet, construit en remplacement du pont existant sans interrompre le trafic (1959-1962).

En ce qui concerne le Pont de Villeneuve sur Lot, il a été construit au cours de la première guerre mondiale et constitue le record du monde de portée en béton armé. C'est peut-être l'un des plus beaux ouvrages d'Eugène Freyssinet.

Rappel du programme

Vendredi 14 mars

9h00 Accueil des participants à l'aéroport de Toulouse Blagnac
 10h00 Départ en car pour Lourdes
 12h00 Visite de la Basilique Saint Pie X
 13h30 Déjeuner et visite libre de Lourdes (Grotte, Sanctuaires, Château)
 17h30 Départ en car pour Ramonville
 19h30 Dîner à Ramonville et soirée libre à Toulouse

Samedi 15 mars

9h30 Exposés : Pont Saint-Michel à Toulouse et Pont de Villeneuve sur Lot
 10h30 Transfert en car au Pont Saint Michel
 12h30 Déjeuner sur le canal à Toulouse
 14h30 Transfert en car à Villeneuve sur Lot et visite du Pont
 18h00 Retour à l'aéroport de Toulouse Blagnac

Synthèse des conférences

Résumé des étapes de l'élaboration depuis le projet de « Grand Abri » jusqu'à La Basilique Saint Pie X

par Pierre Jartoux

1951 : Son Excellence Mgr Théas, Évêque de Tarbes et Lourdes, soucieux d'améliorer le confort des pèlerins, de plus en plus nombreux, avait demandé à une commission locale formée d'architectes, techniciens et familiers de Lourdes, ecclésiastiques et laïques, de faire une étude.

1953 : Devant l'afflux de plus en plus important des pèlerins, à la merci des intempéries pendant certaines cérémonies, Mgr Théas décide de confier la direction des aménagements des sanctuaires à M. Pierre Vago, architecte à Paris, de créer un Comité Consultatif International d'Architectes et des groupes de travail chargés d'étudier les problèmes posés par ces aménagements devenus impératifs.

Au Comité Consultatif International présidé par M. Vago participaient M. Laprade de Paris, M. Ponti de Milan, M. Metzger de Zürich, M. de Ridder de Bruxelles, M. Velarde de Liverpool.

MM. Le Donné et Pinsard architectes à Paris étaient plus spécialement chargés des études de la nouvelle église.

C'est alors que se concrétise l'idée du « Grand Abri » pouvant contenir 20 000 fidèles.

Pour le choix de son emplacement, plusieurs exigences se sont imposées :

- ne pas intervenir sur les lieux entourant la Grotte,
- être le plus proche possible des anciens Sanctuaires et de la Grotte.

À partir de là, un cahier des charges sommaire a commencé à s'élaborer :

- l'emplacement retenu est le terrain situé entre l'allée qui conduit de la Porte St Michel (entrée principale du domaine) aux Sanctuaires et à la Grotte et le Boulevard de la Grotte,
- l'objectif de la fin de travaux s'impose : célébration du centenaire des apparitions au printemps 1958.

1955 : Les autorités ecclésiastiques ayant donné leur accord à la construction d'une nouvelle église, Mgr Théas est en mesure de lancer la consultation sur les bases suivantes :

- réaliser une structure ovale de 80m de largeur et 200m de longueur environ, suggérée à la fois par la forme du terrain et sa signification symbolique (l'Ictus des premiers chrétiens, la mandorle du Christ en gloire),

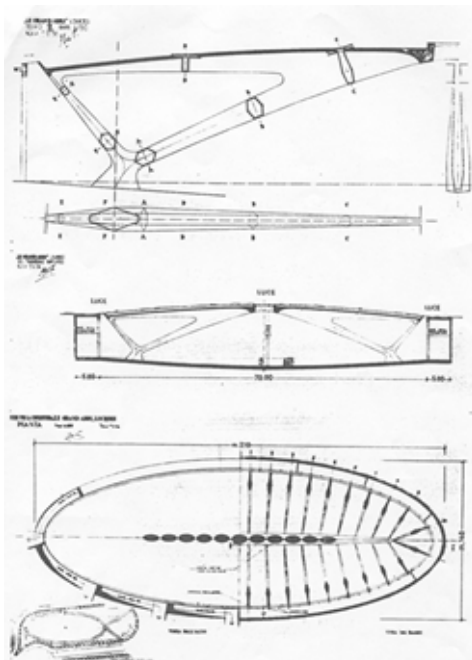
- situer le Maître Autel au centre, pour répondre à la préconisation du renouveau liturgique d'alors, pour une célébration communautaire du culte,
- construire une structure enterrée, dans une excavation à l'air libre, la couverture étant ensuite revêtue d'une épaisse couche de terre permettant de redonner l'allure verte de la prairie. L'idée d'une église traditionnelle est abandonnée, à la fois pour des raisons de place, de délais d'études et d'exécution et, probablement de coût.

La consultation est lancée auprès de MM P.-L. Nervi et E. Freyssinet ; dans le même temps, le Bureau Veritas se voit confier le contrôle de l'exécution des travaux et une mission de reconnaissance de sol sur la zone de construction.

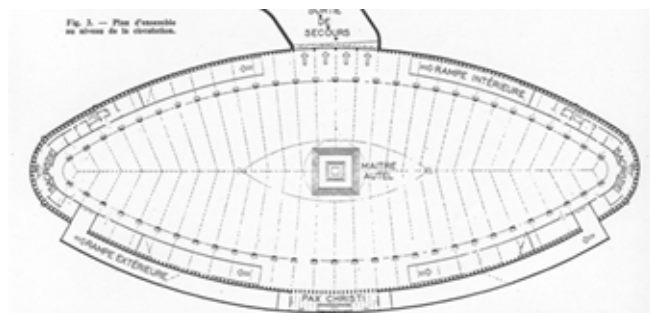
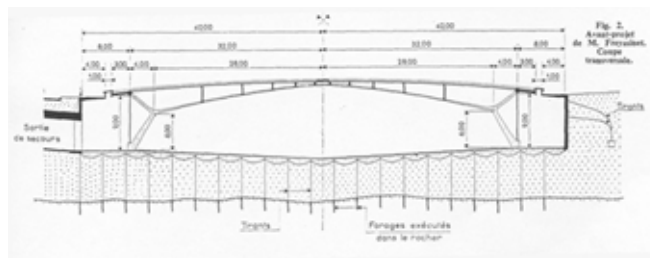
La soumission doit comporter une maquette de la solution proposée.

Nota : Pierre Xercavins ayant eu connaissance du projet de ce document, il a souhaité le compléter et expliciter certaines des dispositions de l'édifice. Il fait ainsi bénéficier cette description succincte de sa longue expérience, de l'évolution des techniques et de l'esprit du métier, de sa connaissance des idées de Freyssinet, car il faisait partie des équipes qui collaborèrent avec lui, en particulier sur le projet de la Basilique. Ses observations figurent en italique dans le texte. De même, pour anticiper sur les réponses à la question de la dernière page, il nous donne sa version par écrit. La discussion est donc ouverte.

Avant-Projet présenté par P.L. Nervi © EDITORE ULRICO HOEPLI MILANO



Avant - Projet présenté par E. Freyssinet - © Revue Travaux



Sur la coupe transversale du projet d'E. Freyssinet apparaît un radier général de forme assez surprenante. Il s'agit d'un radier ancré dans le rocher par des tirants précontraints.

Le radier lui-même est un ensemble de voûtes sur plan carré dites en « bonnet de prêtre ».

À chaque nœud du réseau orthogonal ainsi formé par la retombée des voûtes on disposait un tirant précontraint ancré dans le rocher, supposé se trouver 10 ou 15 m en dessous du niveau de la prairie, d'après les rares sondages effectués. Ces tirants devaient reprendre l'effort de sous-pression de l'eau correspondant à une hauteur de 2,5 m, différence entre le niveau supérieur de la nappe et le niveau du radier. Malheureusement, sur les sondages plus complets effectués en 1955, un seul atteignit le rocher, à une profondeur de 45 m ! La solution fut donc abandonnée, ce qui n'empêcha pas le projet d'E. Freyssinet d'être retenu.

« Il s'agit d'un radier ancré dans le rocher (seul les tirants tels que conçus étaient précontraints). Ils auraient pu être des tirants ordinaires, passifs, si la longueur avait correspondu au dessin de la coupe transversale du projet ci-dessus, avec un rocher à une dizaine de mètres de profondeur par rapport au sol fini de la Basilique.

Pour une maille d'environ 3,5 x 3,5 m et une sous pression d'eau de seulement 2,5 t/m²- effort par tirant de l'ordre de 30 t - aujourd'hui ce serait une barre GEWI de Ø28, mais ce pouvait être en 1958 3 barres Ø32 en acier doux, scellées au fond d'un trou dans le rocher.

La forme voûtée en « bonnet de prêtre » permet de grosses économies de matière. Dans le cas présent, en supposant qu'on ait gardé les ancrages verticaux, 10 cm de béton à peine armé (à l'époque, acier doux à raison de 20 kg/m²) au lieu de 20 cm en béton armé ferrailé à 100 kg/m².

Malgré cette économie sur le béton résistant, il aurait fallu y rajouter le remplissage sous le radier pour mouler la forme voûtée, le surfacage pour avoir un «sol» normal. L'économie réelle, même en 1958, n'aurait porté que sur un moindre coût des aciers.

L'expression « dalles précontraintes » pour les formes en « bonnet de prêtre » reste valable pour des planchers dont les poussées de voûtes sont reprises par des câbles dans les nervures ceinturant les voûtes. Il est évident que dans l'esprit Eugène Freyssinet et vue la faible valeur des poussées, de l'ordre de 10 t/m pour une flèche des voûtes de 0,40 m, celles-ci s'équilibraient entre elles jusqu'aux rives, où l'on trouve des butées naturelles en pied du soutènement latéral. »

Quelques années plus tard, Pierre Lebelles utilisa ce type de dalle précontrainte pour les planchers et la couverture du réservoir d'eau des Lilas à Paris ; elle fut ensuite utilisée pour les autres réservoirs destinés à l'alimentation en eau de la région parisienne.

1956 : C'est dans les premiers mois de 1956 que le projet d'Eugène Freyssinet et des architectes Le Donné et Pinsard fut retenu par les autorités ecclésiastiques et le Comité International.

Dans le courant du mois d'avril 1956, Mgr Théas décide de confier l'exécution des travaux au groupement formé par les entreprises suivantes :

- entreprises Campenon Bernard de Paris,
- entreprise Béguère de Lourdes
- entreprise Solétanche de Paris.

Campenon Bernard a assuré la direction des travaux et les études sous la direction d'Eugène Freyssinet et des architectes Le Donné et Pinsard.

Mgr Théas fixait également le terme des travaux : la Basilique, dédiée à Saint Pie X, devait être achevée pour le centenaire des apparitions et, plus précisément, consacrée le 25 mars 1958, fête de l'Annonciation.

Les travaux de construction

Au dos des photos du dépliant réalisé par l'Association pour le cinquantième de la construction, on a fait état des difficultés à vaincre pour relever le défi posé aux entreprises. Contrairement à ce qui apparaît lorsqu'on observe l'intérieur de la basilique et sa structure à la fois surprenante et audacieuse, ce n'était pas là la difficulté essentielle à résoudre.

E. Freyssinet a brièvement et clairement résumé la situation : « La difficulté de ce bâtiment ne réside ni dans la nouveauté de ses formes, ni dans la hardiesse. Ses formes portantes ne sont que la copie des arcs du pont d'Esbly... . Le seul problème c'était l'eau. » L'autre problème était évidemment le délai.

Les manifestations nationales



Le pont d'Esbly

Les informations qui suivent sont très largement empruntées à l'article de Jean Chaudesaigues publié par la Revue Travaux en 1959. Dans ce qui suit on traitera successivement de :

- l'assèchement de l'excavation et le drainage de l'édifice
- du « Grand Abri » à la structure telle qu'on peut la voir
- le mur d'enceinte et le radier
- les aménagements intérieurs (ventilation, éclairage et sonorisation)

L'assèchement de l'excavation et le drainage de l'édifice :

La forte perméabilité des alluvions de surface, sur une épaisseur d'une quinzaine de mètres, conduisit à l'exécution d'un barrage périphérique étanche. Il est constitué par un rideau de palplanches Larssen IIIIn d'une longueur de 16 m, doublé d'un rideau périphérique d'injection à une distance de 1,5 m de celui-ci, constitué par des forages distants de 3 m.

Les forages ont été injectés avec un mélange de ciment et d'argile ; on a injecté sous forte pression 6000 t de mélange. Le débit d'infiltration après travaux est de l'ordre de 100 m³/h ; cette eau est évacuée par le réseau de drainage mis en place.

À noter que les eaux d'infiltration sont chargées en chaux et en sulfate ce qui a conduit à :

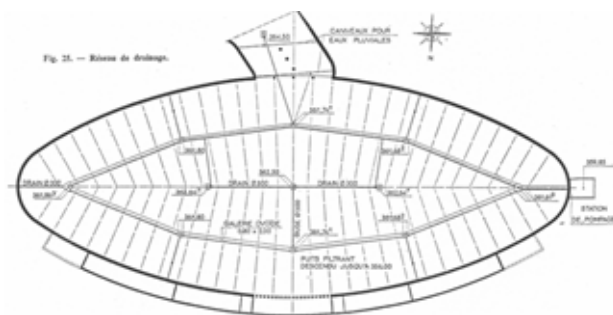
- utiliser du ciment métallurgique mixte pour les injections et les bétons d'infrastructures,
- mettre en place une protection électrique des palplanches qui sont reliées à des anodes en graphite réparties régulièrement à la périphérie du bâtiment.

Le réseau de drainage est représenté sur la figure ci-dessous. Celui-ci étant situé à environ 4 m au-dessous du niveau des eaux du Gave, les eaux de drainage sont extraites et envoyées à l'égout par des pompes de relevage situées à l'ouest du bâtiment.

« Depuis l'époque de la construction de la Basilique, la conception de radiers devant être étanches, et donc résister aux sous-pressions, a été progressivement abandonnée au profit de radier drainés en permanence, avec des pompes de relevage lorsqu'on est sous le niveau des exutoires naturels.

Au début de cette évolution on a quand même privilégié la recherche de l'étanchéité parfaite, donc d'un débit de relevage limité aux eaux venant de l'intérieur, d'où des groupes de relevage fonctionnant très peu souvent. Or, on ne peut faire confiance à ces installations que si elles fonctionnent suffisamment. Durant les travaux l'étanchéité au moins approximative des fouilles est toujours nécessaire, cette phase permet d'ajuster la puissance des installations permanentes. Il y a bien sûr à faire des études préalables d'étanchéité des fonds de fouilles, selon les traitements éventuels de ces fouilles et des rideaux latéraux.

Les chiffres intéressants à connaître pour les pompages sont les débits maxi qu'on a en phase de travaux, le débit courant en exploitation, la marge de sécurité qu'on a pris sur le matériel de pompage (l'indisponibilité d'une unité de pompage étant toujours à considérer, donc au moins deux unités, ce qui ne veut pas dire qu'il faille une capacité de pompage double) ».



Réseau de drainage © revue Travaux

Du « Grand Abri » à la structure telle qu'on peut la voir

Tout d'abord, la connaissance du terrain acquise au début des travaux a conduit à un compromis technico-économique sur le choix du niveau du sol de la Basilique : 6m environ au-dessous du niveau du terrain naturel, soit 2,5 m environ en dessous du niveau moyen des eaux du Gave et donc le point le plus haut de la toiture finie à environ 5 m au dessus du terrain naturel.

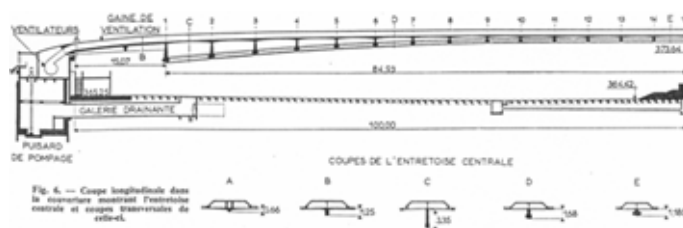
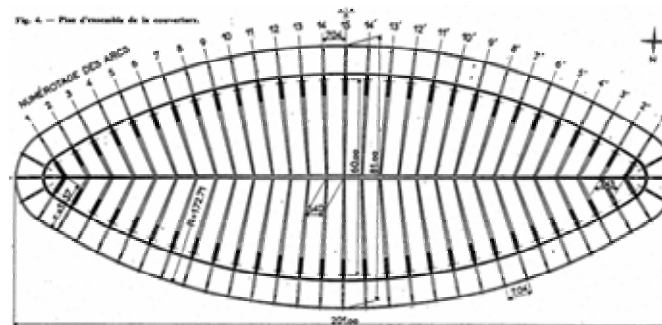
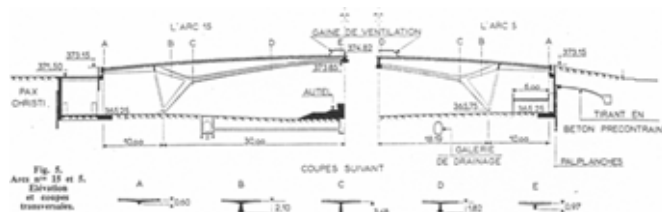
Les bécquilles des portiques reposent sur une semelle de béton armé, fondée à environ 2 m en dessous du niveau du sol de l'édifice. La pression de contact est d'environ 3,5 kg/cm², jugée compatible avec les caractéristiques mécaniques des alluvions à cette profondeur. La composante horizontale de la résultante des efforts

Les manifestations nationales

transmis par la bécquille est équilibrée par un buton en béton armé appuyé sur le mur d'enceinte, contribuant ainsi à l'équilibre de celle-ci quand la structure est terminée.

L'appui de la bécquille sur sa fondation a été laissé volontairement hors du sol pour faire apparaître le parti constructif de la couverture ; la liaison bécquille-appui est une « articulation » ou « coupeure mince Freyssinet ».

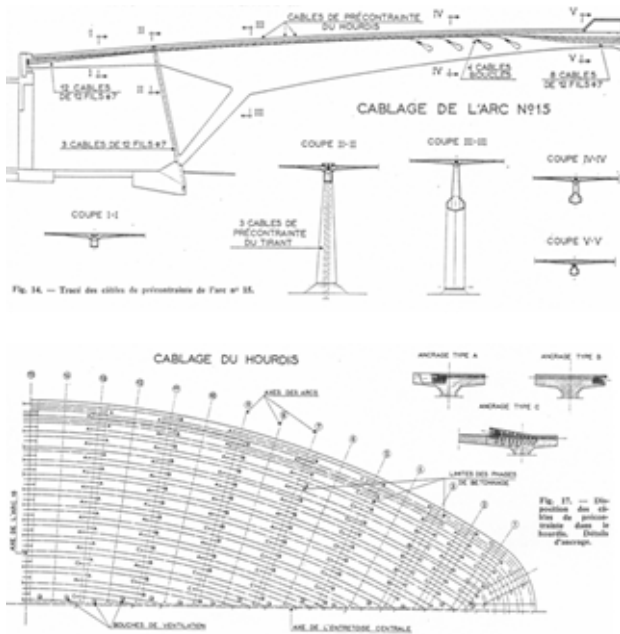
Le dessin des portiques est donc fortement inspiré des poutres du pont d'Esby ; c'est un dessin cher à Freyssinet déjà appliqué dans les années 40 au pont de Luzancy, au pont St Michel de Toulouse (visité au cours de ce voyage) entre autres.



Dessins définissant les éléments essentiels de la couverture - © Revue Travaux

Toute la structure fait largement appel aux techniques de la précontrainte, dans cette époque où elles ont envahi tous les domaines de la construction. On la trouve donc dans les trois directions ainsi que le montrent les dessins ci-dessous. Les câbles 12Ø7mm utilisés donnant un effort permanent de précontrainte de 40 t, on a avec les schémas ci-dessous une bonne idée des précontraintes exercées

La couverture :



Les éléments essentiels de la disposition des câbles de précontrainte - © Revue Travaux

« On trouve la précontrainte dans les 3 directions, ce qui est tout à fait caractéristique de l'époque pour l'École Freyssinet, qui en rajoutait peut-être à ce que Eugène Freyssinet aurait lui-même dessiné. Car, dans le cas présent, la précontrainte dans la dalle de couverture, des portées de l'ordre de 2m, des charges permanentes uniformément distribuées, il y a un effet de voûte naturel qu'il suffit de bloquer en rive, en laquelle il aurait été beaucoup plus logique de concentrer la précontrainte, plutôt que de la distribuer de façon laborieuse avec des petits câbles courts, des ancrages en extra-dos. Et comme Eugène Freyssinet l'a fait dans beaucoup d'ouvrages, on peut à coup sûr faire confiance au béton armé à cette échelle ! »

Le mur d'enceinte

Le plus souvent, il s'agit d'un mur à contreforts constitué par un voile d'épaisseur 0,3 m contre les palplanches, raidi par des contreforts distants de 1,4 m et de section trapézoïdale (0,5 m vers l'intérieur, 0,6 m contre le voile). Cette disposition a été retenue pour des raisons architecturales et acoustiques.

Pratiquement indépendant de la couverture à sa partie haute, sa stabilité est assurée en haut, par des tirants précontraints ancrés de différentes façons dans le sol. En effet l'exiguïté du terrain périphérique a obligé à imaginer différentes dispositions représentées sur les schémas ci-dessous.

« Les sollicitations auxquelles il est soumis, ainsi que son mode de résistance, ne sont pas les mêmes en phase de construction et en situation définitive, du fait des circulations d'eau importantes en phase de construction, augmentant les poussées, et en l'absence de l'équilibrage

Les manifestations nationales

au moins partiel de ces poussées par celle de la couverture.

Le dimensionnement (poussée des terres sur une hauteur de 8 m, poussée de l'eau sur 5 m) résulte donc essentiellement de ces phases -donc, une fois de plus, nécessité d'associer les méthodes constructives au dessin du projet fini.

L'ancrage de rideaux par tirants tels qu'ainsi conçus n'est maintenant admis que pour des situations provisoires, en phase travaux, du fait des risques de corrosion des câbles et de la non-stabilité à long terme dans des sols alluvionnaires. L'expérience a largement montré que dans beaucoup de situations ces risques sont à suffisamment long terme pour pouvoir être pris, et surtout que ce long terme s'accompagne d'une stabilisation naturelle des sols contre les parois latérales, des écoulements d'eau, rendant inutile les tirants. Ceci est évident en partie basse, via les butons jusqu'aux semelles en pied de portiques et, s'est également le cas en partie haute, moins rigide, mais avec une bien moindre poussée comme on en a couramment au niveau des murs garde-grève derrière les ponts ».

Le radier n'ayant à supporter aucune sous-pression, il s'agit d'une simple dalle de béton de 0,10 m d'épaisseur avec des joints de retraits reproduisant le tracé rayonnant des portiques d'une part et, d'autre part, selon des cercles concentriques parallèles aux murs d'enceinte.

Aménagements intérieurs

Il s'agit essentiellement de la ventilation de l'éclairage et de la sonorisation. Ces deux derniers aménagements viennent d'être restaurés pour les cérémonies du cent cinquantième des apparitions et donc, nos participants pourront en juger directement au cours de la visite.

Le volume d'air de l'intérieur de la Basilique est d'environ 100 000 m³ soit 5 m³/h par personne lorsque la basilique est pleine de pèlerins. Les experts en conditionnement d'air ont fixé à 12 m³/h et par personne le volume d'air nécessaire pour assurer des conditions physiologiques acceptables et maintenir dans des limites admissibles l'élévation de température pour une durée n'excédant pas deux heures, durée des cérémonies les plus longues.

Par ailleurs, pendant l'été - période la plus intense des pèlerinages - il a fallu prévoir le rafraîchissement de l'air insufflé.

Compte tenu de la longueur des études de ces questions et de l'état d'exécution avancé des travaux, il s'est avéré impossible d'intégrer dans la basilique les conduits de ventilation. On a donc opté pour une gaine au-dessus de la basilique, véritable arête dorsale de l'ictus !

Cette gaine d'une section de 6 m² environ distribue l'air dans la basilique par des orifices dans le hourdis de la couverture, disposés entre les arcs de part et d'autre de l'entretoise centrale. L'air est fourni par deux centrales de ventilation disposées à chacune des

extrémités de la basilique. Chacune est équipée de deux ventilateurs de 60 000 m³/h ce qui permet de fonctionner à mi-régime lorsque l'assistance et/ou la température le permettent.

Pour la réfrigération de l'air, deux échangeurs ont été installés dans les centrales de ventilation. Celui de l'ouest est alimenté par les eaux d'infiltration, celui de l'est par les eaux du gave.

Ce document succinct préparé par Pierre Jartoux n'avait pas d'autre ambition que celle d'étayer la visite de la basilique.

Nota : Pour les détails techniques, le seul document complet est soit la publication de l'article de Jean Chaudesaigues par la Revue Travaux (décembre 1958, janvier 1959), soit la conférence qu'il a donné le 2/12/1958 à l'ITBTP, sous la présidence d'E. Freyssinet, publiée par les Annales de juillet - août 1959 N° 139 - 140.

L'Association Eugène Freyssinet a réalisé un dépliant de photos qui avait pour but de faire connaître la prouesse réalisée par les constructeurs, et par là même, Eugène Freyssinet.

Un autre document est intéressant pour connaître la vie de la Basilique. Il s'agit de Lourdes Magazine, n° 143 de Juin - Juillet 2006, disponible à la Librairie des Sanctuaires.

Enfin, afin d'alimenter les discussions pendant les voyages et/ou les repas, Pierre Jartoux a proposé aux participants d'essayer de donner leur avis sur la question suivante : « Si l'on devait faire le même projet en 2008, que proposerait-on ? ».

L'avis de Pierre Xercavins était le suivant :

« Je proposerai encore le même dessin d'ensemble, avec des modifications mineures liées à l'évolution technologique et à la recherche des moindres coûts dans les conditions actuelles.

- pour l'enceinte en phase travaux, palplanches ou paroi moulée ? L'ancrage de cette enceinte ferait appel à la technique la moins chère possible, pas nécessairement des tirants actifs, pour 10 m de longueur ce qui a suffi à l'époque.

- pour les portiques, on ferait des économies en mettant plus de béton, avec des nervures rectangulaires. Mais cela enlèverait du « relief » qui contribue à l'esthétique des béquilles. Peut-être un compromis à trouver pour garder ce relief là où il est significatif, et avec un coffrage réutilisable en ces zones. Des nervures rectangulaires quand elles deviennent de hauteur réduites, grâce à quoi on mettrait des câbles « filants » sur toute la longueur des poutres (coupes IV et V du câblage de l'arc N° 15).

- Pas de précontrainte dans la dalle de couverture.

Les manifestations nationales

Je n'ai pas assez d'imagination pour sortir du dessin d'Eugène Freyssinet d'il y a plus de 50 ans ! Par contre, à ce jour, sur le même programme et avec un dessin général proche, les amateurs de bois, les amateurs de treillis tubulaires proposeraient sans doute ces matériaux en leur trouvant des mérites spécifiques. »

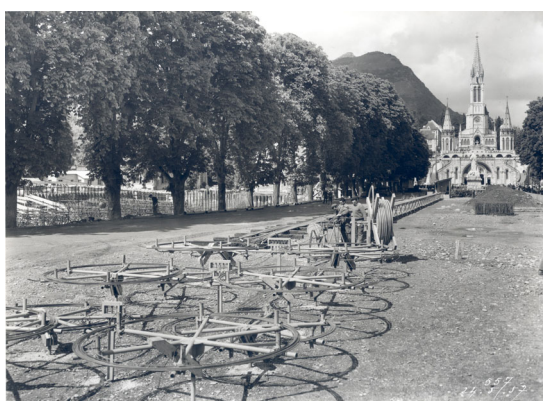
Quelques photos extraites du dépliant réalisé par l'Association Eugène Freyssinet



Coffrage et ferrailage



Coffrage du flanc d'un arc



Fabrication des câbles



Mise en tension des câbles



Contreforts du mur d'enceinte



Vue générale le 5-02-1958



Vue générale

Quelques photos de notre visite





TOULOUSE ET LE PONT SAINT MICHEL



Présentation réalisée par Christian Tridon, Toulousain de cœur

1 Préambule

Pourrions-nous imaginer le quart sud-ouest de la France inaccessible par des voies terrestres ? C'est pourtant ce qui existait il y a bien longtemps, puisque barrée par le fleuve Garonne, à l'Est et au Nord, l'Atlantique à l'Ouest et les Pyrénées au Sud, cette superbe région française ne pouvait être pénétrée que par voie maritime ou fluviale.

En effet notre Garonne, qui prend naissance dans les Pyrénées espagnoles, coule tout droit vers le Nord, butte sur les contreforts du Lauragais (collines de Pech David) à hauteur de Toulouse et, contrariée sans doute de ne pouvoir continuer sa route vers la Méditerranée, fait volte face de 180° et se dirige vers Bordeaux. La Garonne n'atteindra malheureusement pas l'Océan, les bordelais en ont décidé autrement (sic), et c'est la Gironde qui passera la ligne d'arrivée.

Le Pont, pontifex dans l'antiquité, reste le symbole du lien social et bien entendu du développement économique. Le Pont matérialise la communication. Je m'étais permis de dire à Claude Nougaro, enfant chéri de Oh ! Toulouse, qu'il me semblait être un des meilleurs « pontonnier du verbe ».

2 Toulouse et ses ponts

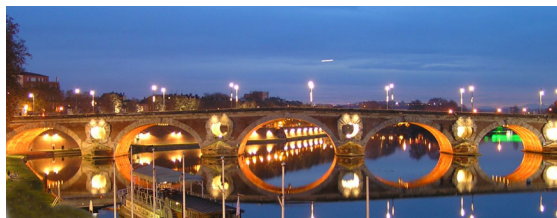
Nombre de villes dans le monde ont célébrées leur pont en allant jusqu'à en prendre le nom (Brive, qui veut dire « pont » en celte, Pontoise, Cambridge Sarrebruck et

bien d'autres) ou à en faire figurer l'image sur leur blason.

Toulouse ou Tolosa à l'antiquité, s'est construit sur la rive droite de la Garonne. Mais très vite, la nécessité de conquérir la « plaine de Garone » en rive gauche s'est fait ressentir et de nombreux ponts ont dû être lancés au-dessus de ce fleuve tumultueux. Il y en a aujourd'hui onze (Toulouse intra muros) qui permettent d'en franchir les différents bras.

Quatre d'entre eux méritent une attention toute particulière, soit pour des raisons historiques soit pour des raisons techniques.

D'abord le plus ancien, comme son nom l'indique « Le Pont Neuf » :



Débuté en 1544 il sera mis en service (dans son état actuel) en 1632. 82 années seront nécessaires à sa construction (de François premier à Louis XIII). Les fondations de cet ouvrage ont été un douloureux combat contre les eaux de Garonne, autant que la technique, son financement n'a pas été facile. Les politiciens locaux de l'époque ont dû sans cesse solliciter les caisses de l'État.

Il fût renforcé en sous-œuvre au début du XIX^e et les plus gros travaux dans ce domaine ont été entrepris entre 1937 et 1948. C'est un ouvrage magnifique (il précède le Pont Neuf de Paris de 50 ans, édifié aussi sous Henri IV). Il subira notamment sans dommage, sans doute grâce à ses « ouies » et à sa largeur imposante (près de 20 m), l'exceptionnelle crue de la Garonne de 1875.

Il reste le patriarche des ponts de Toulouse.



Chronologiquement nous trouvons ensuite le « Pont des Catalans ».



Situé plus en aval, construit entre 1909 et 1913, il est rendu nécessaire pour les besoins de l'artillerie et la fabrication d'explosifs située en rive gauche.

Il est l'œuvre de Paul Séjourné. Il est constitué, en fait, de 2 ponts accolés, en béton habillé de maçonnerie, supportant un tablier en béton armé.

Son revêtement, en raison du transport des explosifs, afin de supprimer le risque d'étincelles, au contact des roues en fer, avait été constitué de pavés en bois.

Nous citerons ensuite le « pont Saint Pierre ».

Pont métallique par excellence, celui que nous pouvons admirer aujourd'hui, représente le cinquième de sa génération.

Cinq ponts se sont donc succédés depuis mars 1849. Il est sans aucun doute le symbole de l'obstination puisque non seulement il a toujours été reconstruit au même emplacement, mais toujours selon la typologie des ponts suspendus (sauf l'actuel) et toujours détruit par les

Les manifestations nationales

conséquences des crues de Garonne. Le précédent ouvrage (de 1929 à 1986) était un pont suspendu de type Arnodin.



Le dernier de ces quatre remarquables ouvrages est donc celui que nous honorons aujourd'hui, le « Pont Saint Michel ».

3 Le Pont Saint Michel

Il est le troisième de sa génération. Le premier pont, construit entre 1842 et 1844, est un ouvrage suspendu avec des piles en maçonneries de briques et un tablier en métal et bois. Il est construit sous forme d'une concession privée accordée pour 30 années, aux frères Ecarraguel de Bordeaux. La crue de 1875 l'emportera (pas de chance pour le nouveau propriétaire, la concession venait de s'éteindre l'année précédente).

Le deuxième ouvrage est un pont métallique, de cinq travées, en fonte sur piles et culées en béton, habillé d'un parement de briques et de pierres. Il est construit entre juillet 1885 et août 1890.

Devenu trop étroit pour un trafic toujours plus important, son remplacement est décidé, et un nouveau pont va voir le jour, c'est l'ouvrage actuel, bâti entre 1955 et 1961.

C'est le service des Ponts et Chaussées de la Haute Garonne, dirigé par l'ingénieur en chef Champsaur qui en étudia le projet de reconstruction, et en 1954, le Ministre des Travaux Publics confie, par concours, la conception de cet ouvrage à l'ingénieur Eugène Freyssinet. L'adjudication qui suivra attribuera la réalisation des travaux à l'Entreprise toulousaine Segrette, associée aux Grands Travaux de l'Ouest parisien. Là aussi, des difficultés de financement en retarderont considérablement les travaux. Une inflation constante entraînait de nombreux dépassements de budget.

En fait le pont Saint Michel est composé d'une suite de 5 ouvrages. De la rive droite vers la rive gauche, nous trouvons : d'abord un pont en arc, en maçonnerie de brique, puis un pont composé de 10 poutres en béton armé d'une portée de 36 m, puis vient un second pont à poutres, identique au précédent, enfin le grand pont (326 ml en 5 travées), puis un cinquième ouvrage constitué, en rive gauche, d'une arche en brique. L'ensemble représente une longueur totale de 550 ml.

L'ouvrage principal, est donc composé de 5 travées séparées par 4 appuis en V (dites en « cornes de vache » c'est sans doute l'Espagne qui « pousse un peu sa corne ») offrant un débouché hydraulique très important (le spectre de la crue de 1875 avait conduit à éviter le plus possible l'obstruction du lit mineur). Le tablier est constitué par 5 poutres légèrement cintrées, « caissonnées » et précontraintes, soutenant une dalle continue en béton armé. Sa largeur totale est de 26 m (dont une chaussée de 20 m).

Cet ouvrage, d'une technicité innovante et exceptionnelle, reste la fierté des toulousains. Il est dommage, par contre, que seuls les amateurs de la cause halieutique puissent en admirer les dessous.



LE PONT DE VILLENEUVE SUR LOT

Présentation réalisée par Jacques Laravoire



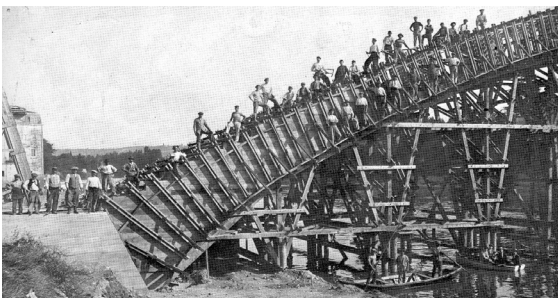
Eugène Freyssinet a fait le projet de cet ouvrage en réponse à un concours restreint lancé par l'Administration des Ponts et chaussées auprès de plusieurs spécialistes du ciment armé, pour améliorer la traversée du Lot par la route nationale 21 (devenue depuis D 921), en complément du pont existant depuis le Moyen-âge. Le nouveau pont devait aussi permettre de passage d'une voie ferrée d'intérêt local.

«... Le jury du Concours, présidé par M. Georges Leygues, député du Lot-et-Garonne, a fait choix, sur la proposition de M. l'Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées Bory, d'un projet établi par l'auteur du présent article, présenté par MM. Limousin et Cie, et caractérisé par l'emploi d'une arche unique, en béton non armé, d'environ 100 mètres de portée. »

La construction fut réalisée par l'entreprise Limousin. Elle démarra au début de 1914, dès l'approbation du projet par le Conseil Général des Ponts et Chaussées, ... et fut suspendue en août par la mobilisation. Toutefois l'entreprise décida de poursuivre au moins la construction du cintre et le coulage des arcs, de façon à limiter au maximum la durée de présence des appuis du cintre dans un cours d'eau connu pour la violence de ses crues. Le décintrement eut lieu le 5 décembre 1915, et les travaux reprurent ensuite seulement au printemps 1919.

Le cintre

Des appuis tous les 6 mètres, chacun est une palée de 6 pieux battus jusqu'au rocher, reliés entre eux par des moises en bois et en fer U. Toutes les palées sont reliées entre elles par des moises à 8 mètres au dessus du niveau d'étiage, et c'est de ce niveau que s'élèvent les contrefiches qui vont supporter le coffrage des arcs. Le dispositif est solide, offre peu d'obstacle au passage des eaux. Le cintre a ainsi bien résisté aux crues de l'hiver 1914-1915. Cette bonne résistance provient aussi du fait qu'aucun dispositif de décintrement classique (comme des boîtes à sable) ne venait rompre la rigidité d'ensemble de la structure.



Détail du cintre et du coffrage de l'arc

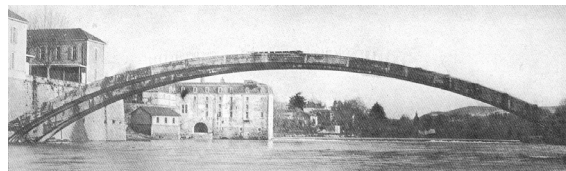
Les arcs

Il y a deux arcs, distants de 4,90 m, avec une largeur qui va de 3 m à la clé jusqu'à 4 m aux appuis, et une épaisseur de 1,45 à la clé, augmentant elle aussi régulièrement vers les appuis.

« L'emploi des voûtes non armées est économique, en raison des simplifications dues à la suppression de l'armature, toutes les fois qu'un excès de poids de l'ouvrage n'entraîne pas de trop fortes dépenses supplémentaires pour le cintre et les culées, conditions qui se trouvaient réalisées à Villeneuve-sur-Lot. »

La portée des arcs est de 97 mètres, avec une montée de 13 mètres environ. Les arcs prennent appui sur un rocher qui est une molasse tendre, peu affouillable, mais relativement compressible ; les contraintes de compression ont été limitées en conséquence à 3 kg/cm² rive gauche et 5 en rive droite. Le béton a été réalisé avec le mélange naturel de sable et cailloux dragué dans le Lot, et 350 kg de ciment Portland par m³, dosage reconnu suffisant, après les essais à 90 jours réalisés en juin 1915 au laboratoire de l'Ecole des Ponts et Chaussées, dirigé par M. Mesnager, pour garantir une résistance supérieure aux 250 kg/cm² exigés par le cahier des charges.

Le coulage des arcs a été réalisé par voussoirs successifs de 6 mètres de long, en commençant par les naissances, et en réservant des intervalles de 40 cm jusqu'à ce que les tassements du cintre soient stabilisés. Le béton était relativement peu mouillé, et il était pilonné pneumatiquement. Les parements vus étaient en béton plus fluide, dépourvu de gros éléments, et dosé à 600 kg de ciment. Ils ont été ultérieurement - en 1920 - « travaillés à la pointe et à la boucharde comme une pierre de taille. Ce travail a été long et pénible, mais l'effet obtenu est satisfaisant ».



Les deux arcs entre décembre 1915 et le printemps 1919

Le décintrement

Eugène Freyssinet a utilisé le mode de décintrement qu'il avait déjà employé plusieurs fois (pour l'arche d'essai de Moulins en 1908, puis aux ponts du Veurdre en 1910 et de Boutiron en 1912) : l'écartement des deux moitiés de l'arc, au moyen de vérins, jusqu'à ce que l'arc se soulève du cintre. 4 vérins hydrauliques (pour chaque arc), capables d'une poussée jusqu'à 500 tonnes chacun, étaient installés dans des logements réservés entre les deux voussoirs de clé, et leur poussée progressive agissait, par l'intermédiaire de plaques d'acier de 5 cm, sur des matelas de mortier dosé à 1000 kg par m³, de 50 cm d'épaisseur, armé à 2,5 % de barres de 8 mm.

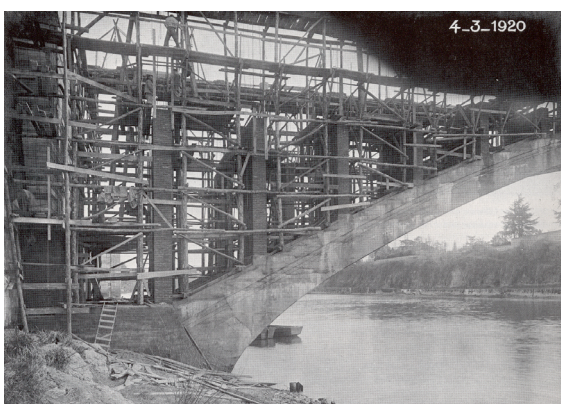
Le joint de clé, au départ sans épaisseur, s'est d'abord ouvert sans soulèvement, jusqu'à 2 cm pour une pression de 260 tonnes par vérin ; ensuite l'arc s'est soulevé progressivement, la pression n'enregistrant alors plus qu'une très légère augmentation, au fur et à mesure de la course des vérins. On a ainsi poussé jusqu'à 270 tonnes, l'ouverture du joint atteignant finalement 8 cm à

l'extrados et 7 à l'intrados, et le soulèvement 9 cm environ.

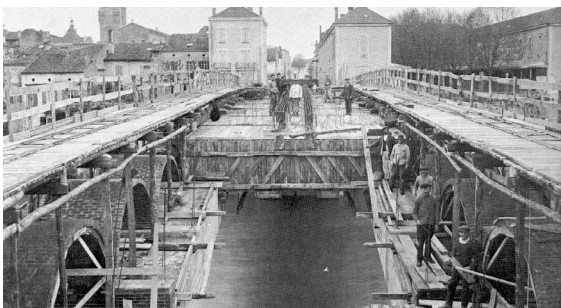
Les piles et le tablier

Les piles sont en béton légèrement armé, et elles sont revêtues de briques (comme les culées) : leur épaisseur a été fixée en fonction de la hauteur, pour une raison d'esthétique. Vers l'extérieur, elles portent une série de voûtes en plein cintre, de portée 4 mètres, parementé en briques. Vers l'intérieur, elles sont reliées en tête par « de fortes entretoises en béton, largement dimensionnées, de manière à rester, par leur masse, en harmonie avec le reste de l'ouvrage ». Le tablier est complété par deux longerons et un hourdis de 25 cm d'épaisseur.

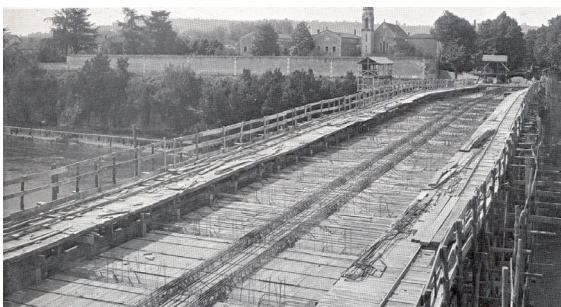
La largeur du tablier est de 10,90 m entre parapets, avec une chaussée de 7,30 m et 2 trottoirs de 1,80 m.



Construction des piles



Préparation de la construction du tablier



Le tablier prêt pour le coulage du hourdis



Bibliographie : l'article écrit par Eugène Freyssinet dans la revue *Le Génie civil* (Revue générale hebdomadaire des industries françaises et étrangères) et publié dans trois numéros successifs de juillet et août 1921

