

POUR LA MÉMOIRE ET LE RAYONNEMENT DES TRAVAUX D'

EUGÈNE FREYSSINET



Voyage des 14 et 15 Mars 2008

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 :

- réalisation d'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,
- structure enterrée, construite 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.

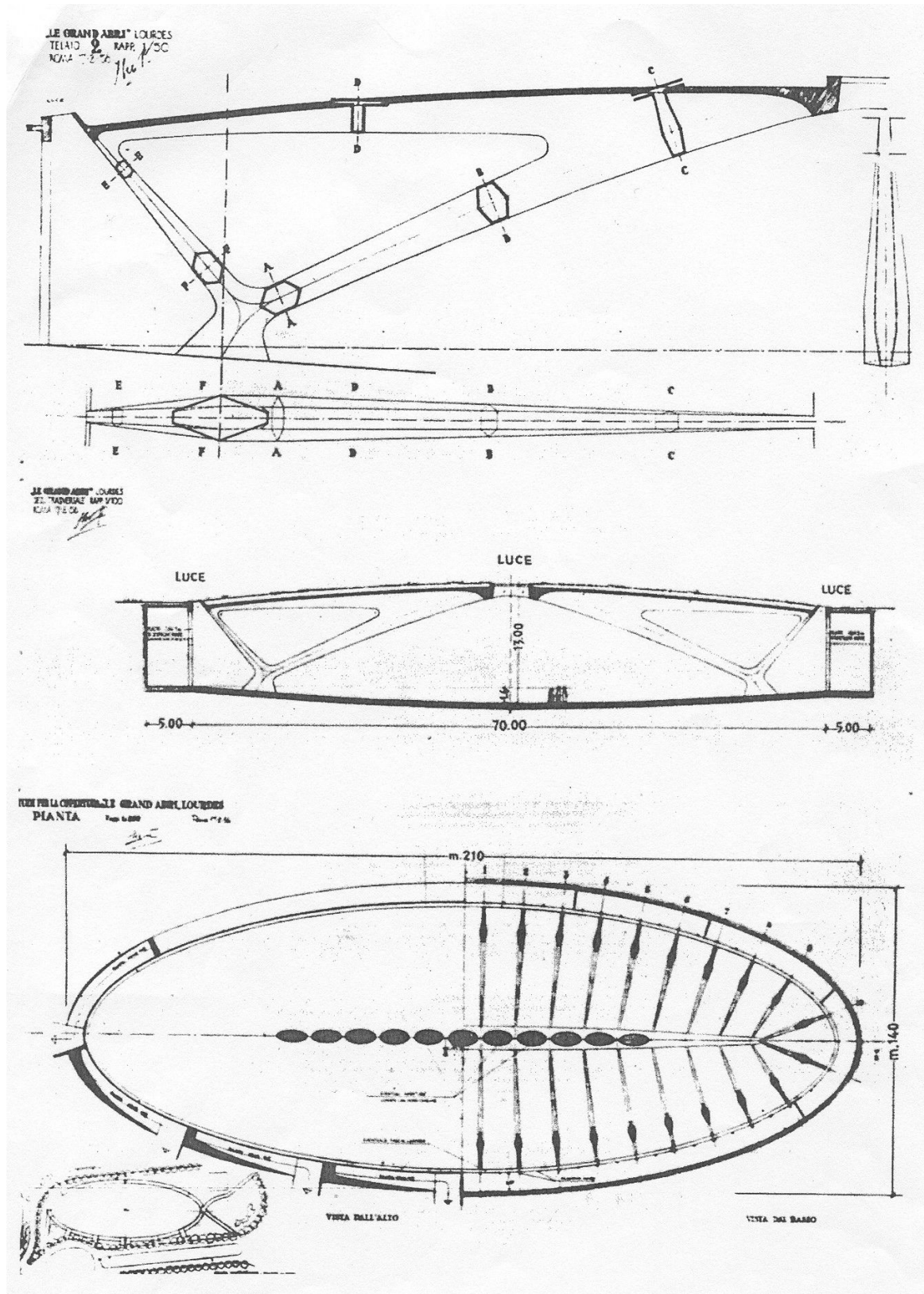
La consultation est lancée auprès de MM P.-L. Nervi et E. Freyssinet ; dans le même temps, le Bureau Veritas se voit confier le contrôle de l'exécution des travaux et une mission de reconnaissance de sol sur la zone de construction.

La soumission doit comporter une maquette de la solution proposée.

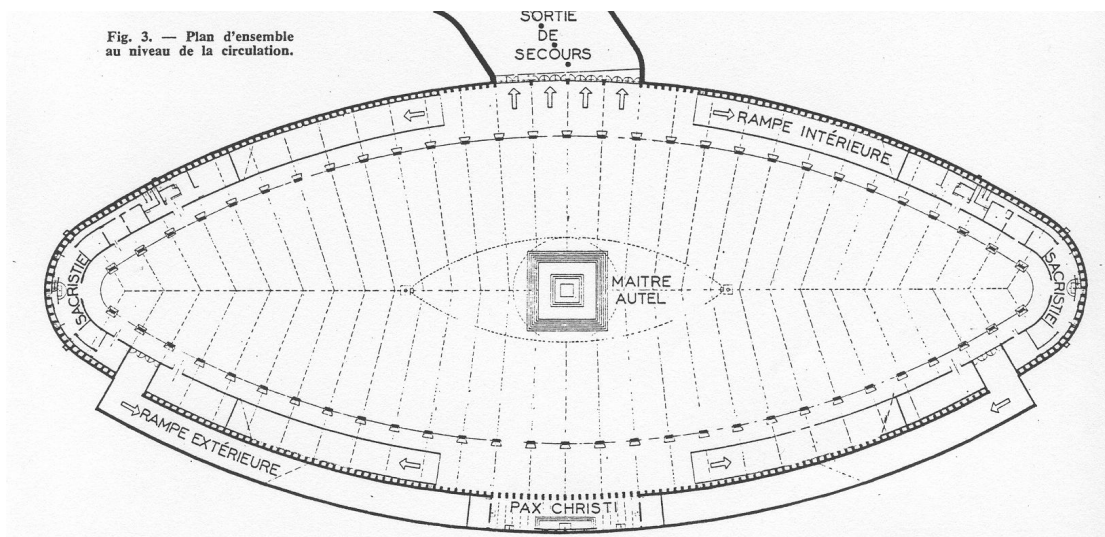
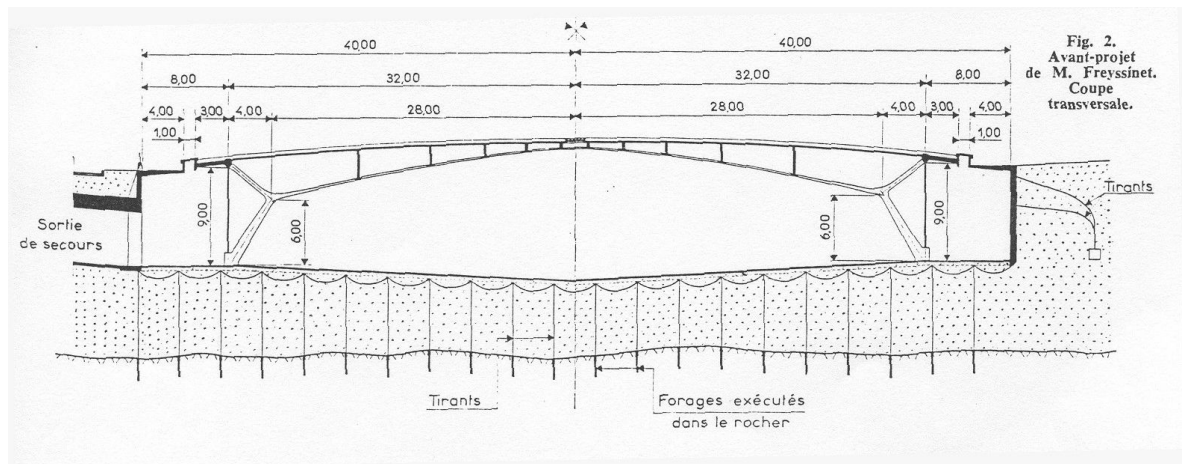
Nota : Pierre Xercavins ayant eu connaissance du projet de ce document, il a souhaité le compléter et expliciter certaines des dispositions de l'édifice. Il fait ainsi bénéficier cette description succincte de sa longue expérience, de l'évolution des techniques et de l'esprit du métier, de sa connaissance 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.



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 :

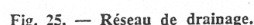
La forte perméabilité des alluvions de surface, sur une épaisseur d'une quinzaine de mètres, conduisit à l'exécution d'un barrage périphérique étanche. Il est constitué par un rideau de palplanches Larssen IIIIn d'une longueur de 16 m, doublé d'un rideau périphérique d'injection à une distance de 1,5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

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

- 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.

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 béquilles 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 transmis par la béquille est équilibrée par un bouton 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 béquille sur sa fondation a été laissé volontairement hors du sol pour faire apparaître le parti constructif de la couverture ; la liaison béquille-appui est une « articulation » ou « coupure mince Freyssinet ».

Le dessin des portiques est donc fortement inspiré des poutres du pont d'Esbly ; 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.

Les dessins ci-dessous les définissent assez sans qu'il soit nécessaire de donner plus de détails.

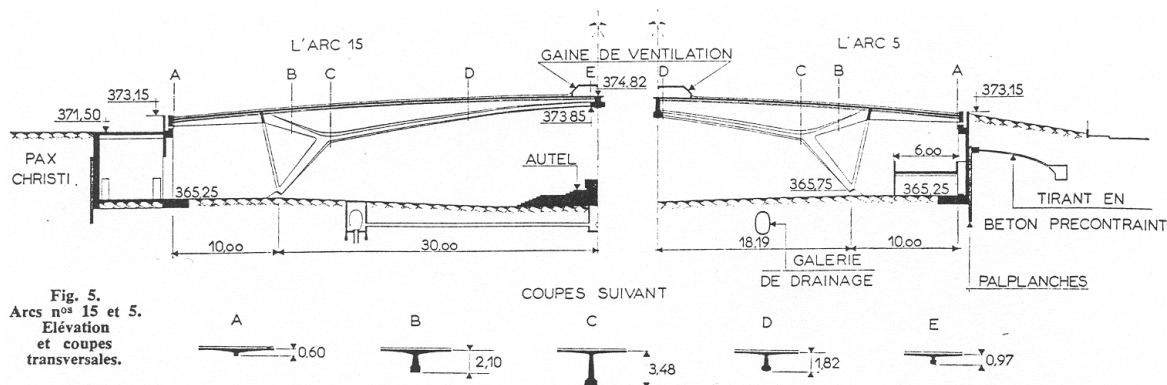
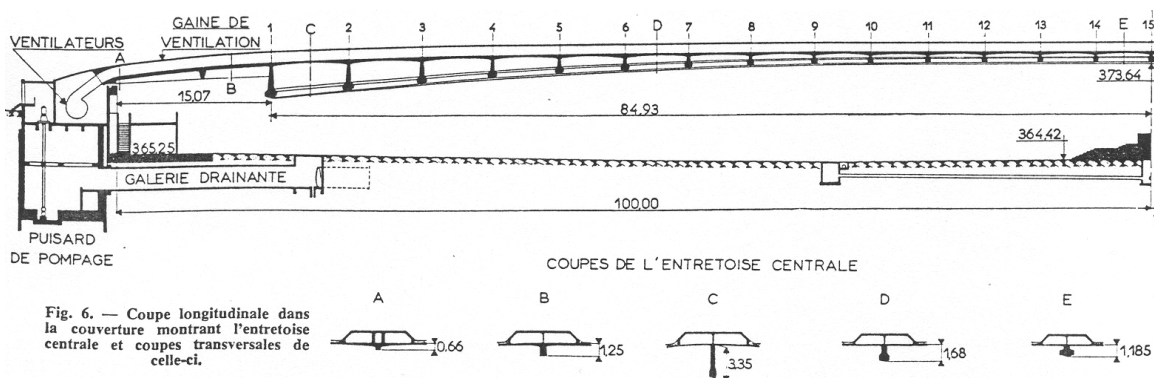
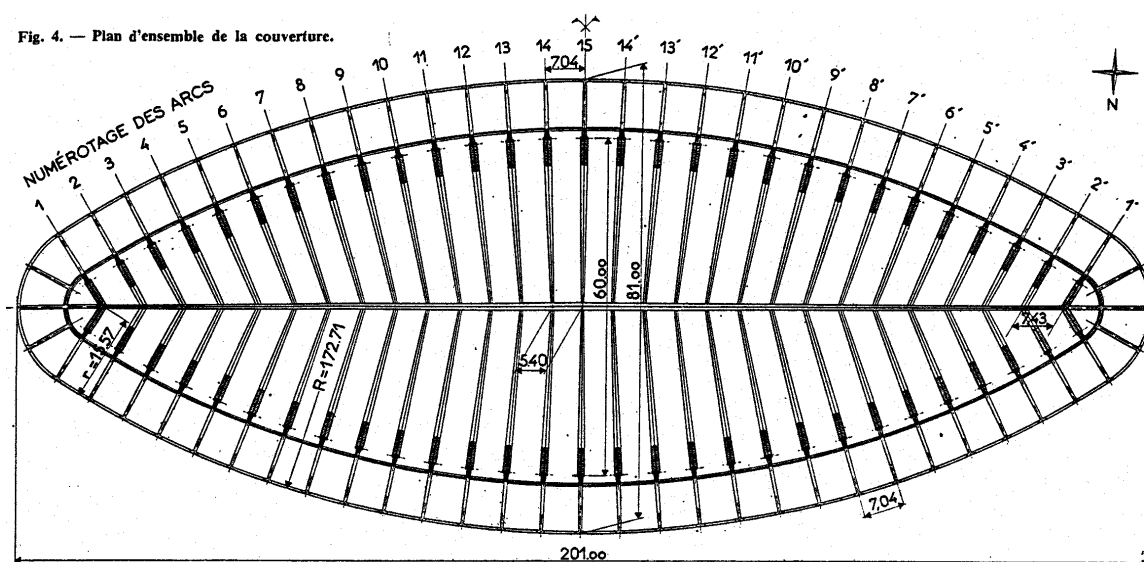


Fig. 4. — Plan d'ensemble de la couverture.



Dessins définissant les éléments essentiels de la couverture

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 :

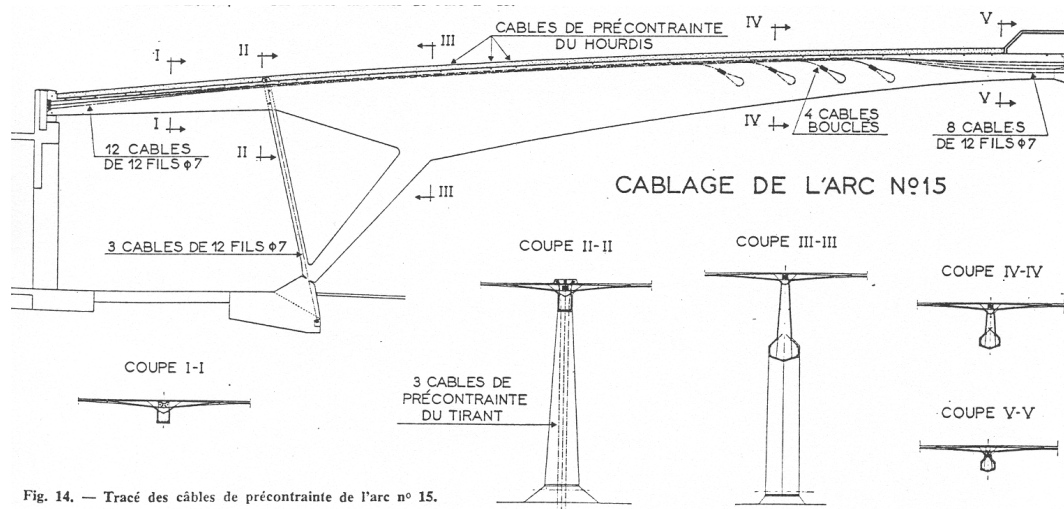


Fig. 14. — Tracé des câbles de précontrainte de l'arc n° 15.

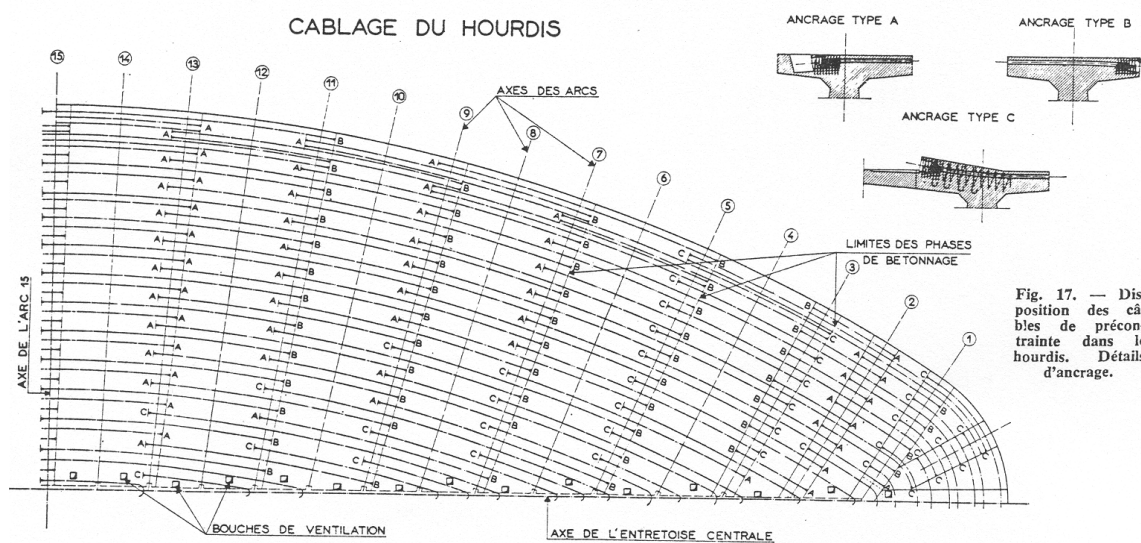


Fig. 17. — Disposition des câbles de précontrainte dans le hourdis. Détails d'ancrage.

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'exigüité du terrain périphérique a obligé à imaginer différentes dispositions représentées sur les schémas ci-dessous.

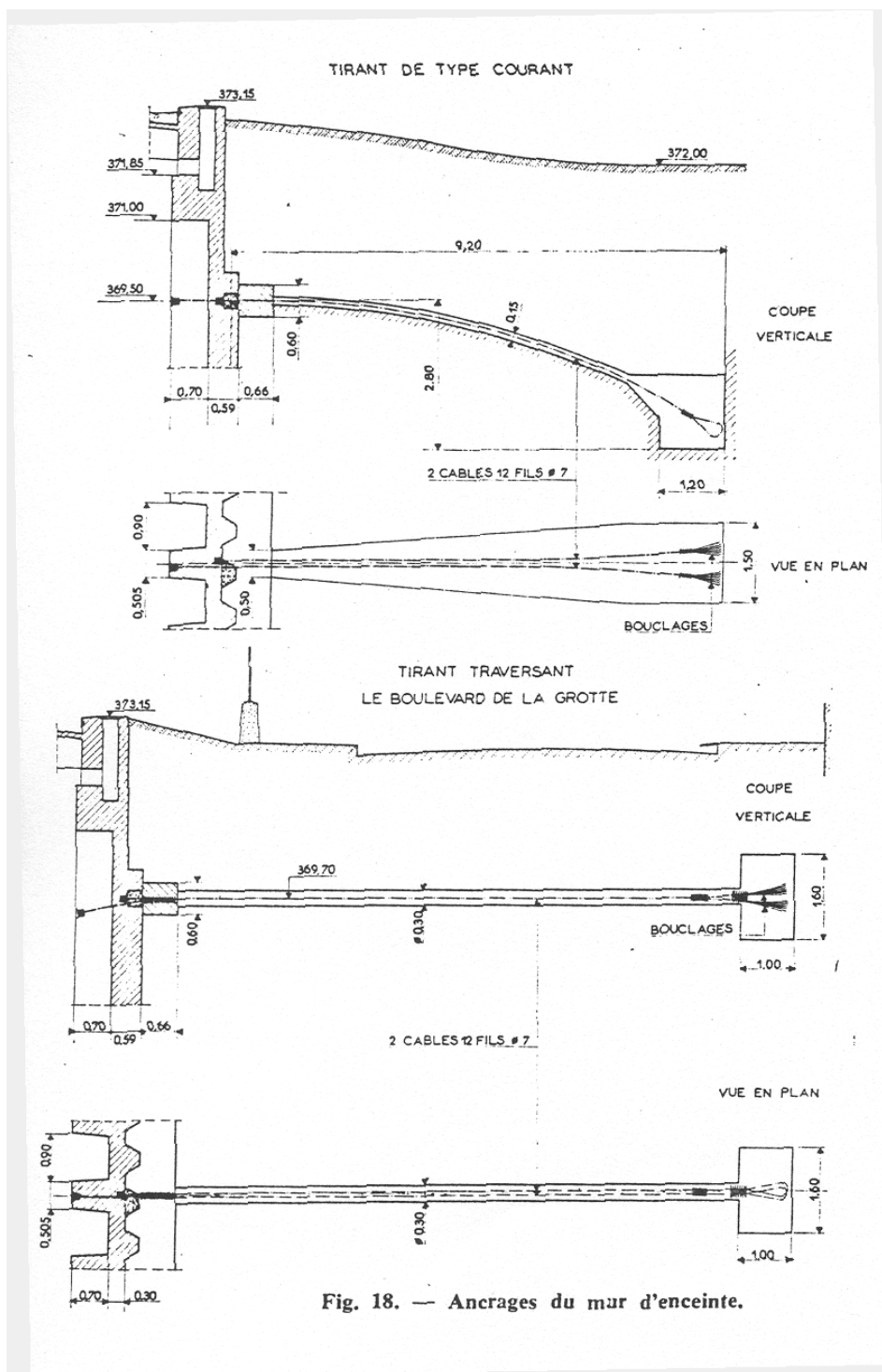


Fig. 18. — Ancrages du mur d'enceinte.

« 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 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 n'a pas d'autre ambition que celle d'étayer la visite de la basilique au cours de laquelle on risque de se disperser et de ne pas entendre certains commentaires. Sa lecture pendant le voyage permettra également de réfléchir aux bonnes questions à poser pour rendre la visite la plus intéressante possible.

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.

Le dépliant photos publié par l'Association s'est donné 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.

L'Association a rassemblé un certain nombre de photos de la construction et actuelles ; il est possible de vous en fournir quelques-unes, pour vos archives personnelles et **non professionnelles**, soit sous forme de CD, soit de préférence en chargeant votre clé USB.

Enfin, afin d'alimenter les discussions pendant les voyages et/ou les repas, essayez de donner votre avis sur la question suivante : *« Si l'on devait faire le même projet en 2008, que proposerait-on ? »*.

Voici celui de Pierre Xercavins :

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.*

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.

* * * * *