

Hommage à Eugène FREYSSINET

12 octobre à Moulins et 13 octobre 2023 à Noyant d'Allier

Avertissement

N'ayant pas la certitude d'avoir pris contact avec tous les ayants-droits en matière photographique, nous remercions les éventuels oubliés de se faire connaître



la vie et l'œuvre d'Eugène FREYSSINET

2^{ème} partie : de 1929 à sa mort en 1962



Noyant d'Allier – 13 octobre 2023

Comme nous l'avons vu hier, on peut dire que le Pont de Plougastel est la consécration définitive de l'emploi du béton armé par Eugène FREYSSINET et le point final de son utilisation pour la construction des grands ouvrages, puisque, dès la fin du chantier, et avant même l'inauguration du Pont Albert Louppe, le 9 octobre 1930, par le Président de la République, Monsieur Gaston Doumergue, c'est vers un autre matériau, qu'Eugène FREYSSINET allait désormais se tourner et auquel il allait consacrer toute sa carrière et tout le restant de sa vie..... : le **béton précontraint**



Malgré toutes ses découvertes, comme le **fluage** ou la vibration du béton, ses trois records du monde de portée des ponts en arc, ses inventions, comme le décintrement des arcs par vérinage, la construction par encorbellement, les articulations à noyau de béton fretté, les transporteurs à câbles, la maîtrise des coques ultra minces et des arcs très peu armés, il abandonne tout, l'argent, les honneurs, la gloire, pour sa passion,

la **Précontrainte**

REPUBLIQUE FRANÇAISE.
MINISTÈRE DU COMMERCE ET DE L'INDUSTRIE.
DIRECTION DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE.
BREVET D'INVENTION.
Gr. 7. — Cl. 1. N° 680.547

Procédé de fabrication de pièces en béton armé.

MM. Eugène FREYSSINET et Jean SEAILLES résidant en France (Seine).

Demandé le 2 octobre 1928, à 16^h 20^m, à Paris.

Délivré le 23 janvier 1930. — Publié le 1^{er} mai 1930.

(Brevet d'invention dont la délivrance a été ajournée en exécution de l'art. 11 § 7 de la loi du 5 juillet 1884 modifiée par la loi du 7 avril 1928.)

Le présente invention a pour objet une méthode de fabrication de pièces ou éléments en béton armé munis d'avance et destinés à n'être employés ou mis en place qu'après leur prise et leur durcissement, tels que poteaux, pontons, fermes, traverses de chemin de fer, ossatures, clôtures, poutres, etc...
Dans les procédés habituels on utilise le béton pour enrober les armatures que l'on place dans le moule sans qu'elles aient à subir une tension initiale pendant la fabrication. Dans la pièce terminée, le métal travaille, par suite, selon les efforts auxquels elle est soumise, soit à la traction, soit à la compression; or, on considère généralement comme nulle la résistance du béton à l'extension et son travail à la compression est nul.
Le procédé de cette invention consiste au contraire à armer les pièces de telle sorte que l'ensemble se comporte comme si le béton absorbait une partie importante des effets de flexion, ce qui, à distance égale, permet de n'employer qu'une quantité de métal très réduite et d'obtenir, par suite, des pièces plus légères et d'un prix de revient beaucoup moins élevé, le fer constituant l'armature représentant, à raison de son prix, la matière première la plus onéreuse.

Prix du fascicule : 5 francs.

Ainsi, le premier Brevet sur la **Précontrainte** a été déposé le 2 octobre 1928

... mais, comme nous l'avons dit, Eugène FREYSSINET, qui n'a pas été suivi par Claude Limousin a quitté l'Entreprise.

Il se retrouve donc tout seul pour vivre cette Aventure....

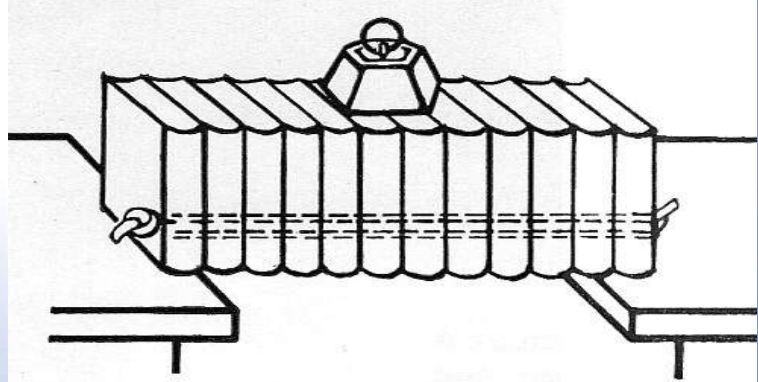
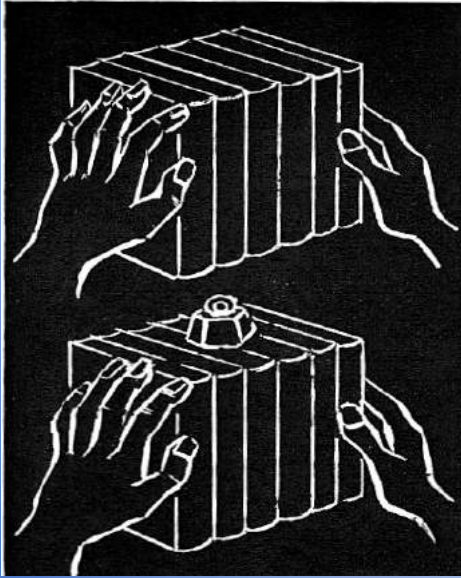
et, comme nous allons le voir, cette aventure va s'avérer aussi épique que fantastique ...

Car comment faire accepter, seul, sans soutien (ni de l'Administration, ni d'une Entreprise) dans un contexte extrêmement compétitif, un procédé aussi original contraire à toute réglementation ?

Le combat ne pouvait être que difficile....

Avant découvrir ce que va être cette Aventure, et de mieux la comprendre, quelques mots pour définir ce qu'est la Précontrainte

Son principe : connu et admis naturellement par tout le monde



... et de nombreuses autres applications de ce principe existaient déjà :

- liaison mécanique de deux pièces par vissage,
- cerclage des tonneaux en bois pour les viticulteurs,
- cerclage métallique des roues en bois
- rayons des roues de vélo,

L'idée d'appliquer ce principe au béton n'était pas nouvelle, d'autres tentatives avaient précédé Eugène Freyssinet, mais toutes s'étaient jusqu'ici heurtées à des impossibilités qui les avaient conduites à des échecs.

Un manuscrit inédit de la main même d'Eugène Freyssinet dévoile la réponse :

« Un jour, il me vient à l'esprit que, si l'on ne pouvait contraindre le béton à suivre sans rupture la déformation de l'acier, on pouvait par contre imposer à l'acier la déformation du béton. Pour cela, il suffisait de soumettre l'ensemble des armatures à une tension totale plus élevée que toute traction ultérieure, de manière à ce que le béton se trouve comprimé en permanence ».

Pour y parvenir, Eugène Freyssinet a dû d'abord :

- d'une part découvrir le fluage du béton
- trouver le moyen d'augmenter la résistance à la compression du béton
- mettre au point des aciers pouvant supporter des tensions plus élevées et une relaxation plus faible

Mais comment faire accepter,

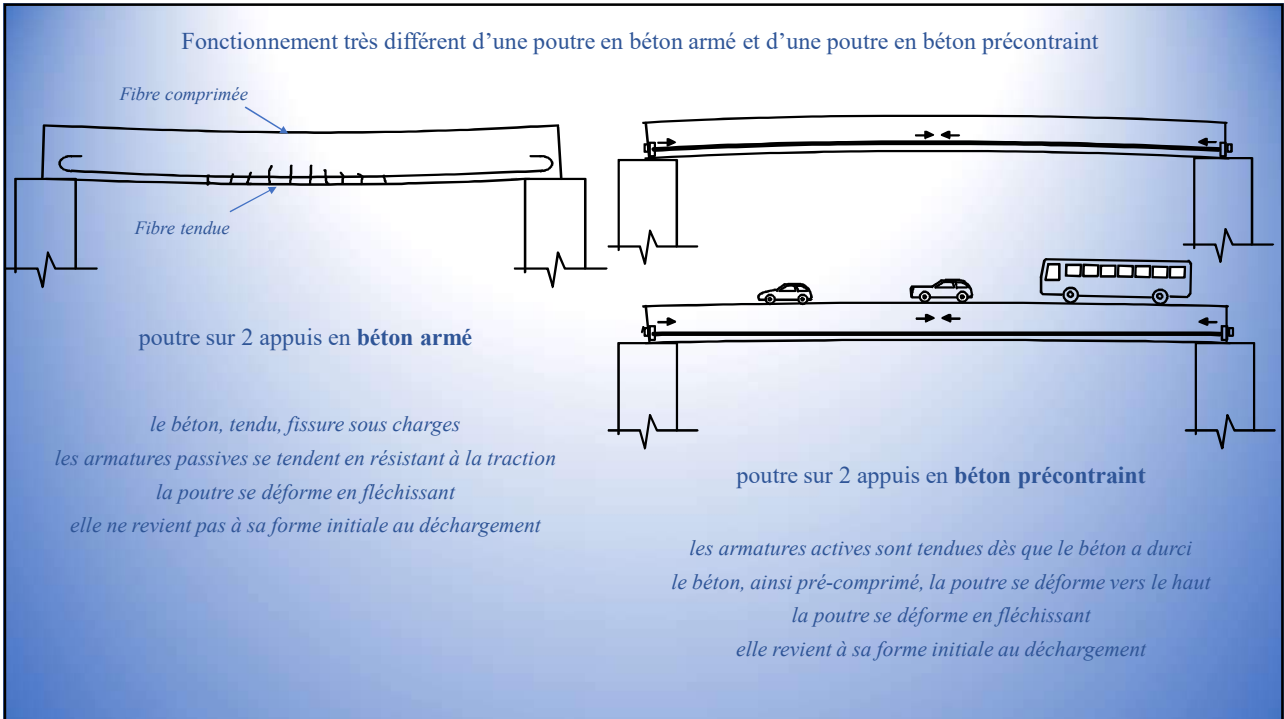
seul, sans soutien (ni de l'Administration, ni d'une Entreprise)

dans un contexte extrêmement compétitif,

un procédé aussi original

contraire à toute réglementation ?

Le combat ne pouvait être que difficile....



Revenons au contexte des années 1928 :

- la Guerre est finie depuis 10 ans
- la Révolution industrielle bat son plein

avec ses retombées sur les moyens de transport, routiers, ferroviaires et maritimes, c'est le développement de l'industrie qui va relancer la mécanisation des usines

Depuis la 1^{ère} machine à vapeur de James Watt, en 1769

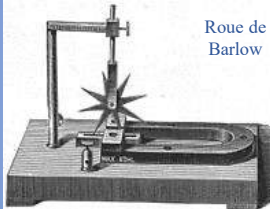
1920

Panhard Levassor 1889

Puis c'est la « découverte » du pétrole en 1850 et l'invention du moteur à explosion en 1862

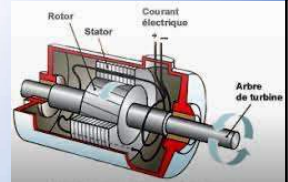
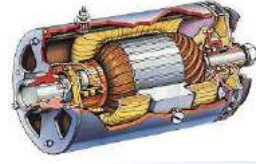
et surtout la fée « **Electricité** » est apparue ... :

phénomène connu depuis toujours (*la foudre...*), avec l'électrisation et le magnétisme (*VI^{ème} siècle avant Jésus-Christ, chez les Grecs...*)
c'est à partir de 1850 qu'elle commence à être comprise grâce à de nombreux scientifiques (*Franklin, Coulomb, Ampère, Ohm, Faraday...*)
en 1822, la « Roue de Barlow » est le premier « Moteur électrique »

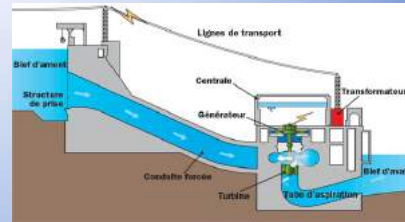


Roue de Barlow

... qui va donner naissance aux moteurs électriques modernes, puis aux alternateurs et enfin aux futures centrales hydro-électriques



Immense et célèbre tableau « **La Fée Electricité** », de Raoul DUFY (1937)



Une fois encore, Eugène Freyssinet est **précurseur**, il comprend toute l'importance que va jouer l'électricité

Energie électrique = problème de transport (*et de stockage*)

Nécessité de créer un réseau de distribution

Construction de poteaux supportant ces câbles

Poteaux en bois, vulnérables (bois pourrit, incendie,...)

Poteaux en béton armé commencent mais peu satisfaisants

Marché potentiellement très important.

Problème difficile :

- section idéale : tronc de pyramide creux
- efforts croissant de la base au sommet = section des armatures croissant de la base au sommet
- besoins multiples et variés : grand nombre de modèles



Eugène FREYSSINET se lance dans l'aventure ...

Association avec la Forclum (par sa filiale S.F.P.E.) :

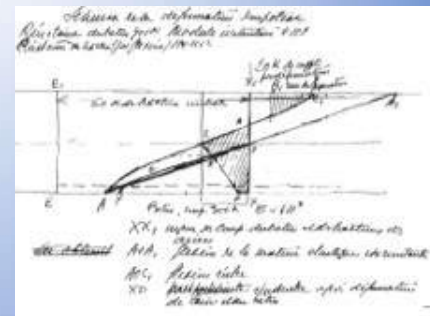
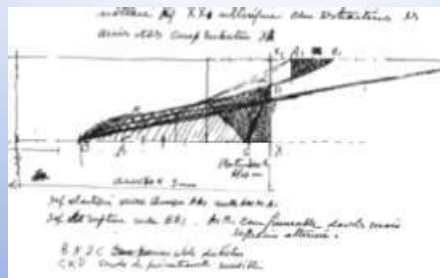
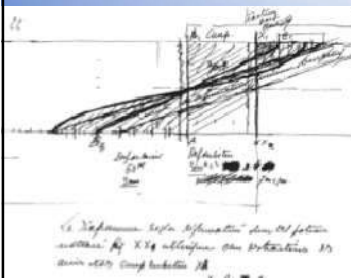
Programme : création de plusieurs chaînes de fabrication, devant produire 100 poteaux de 12 à 16 m par journée de 24 h

Mise à disposition immédiate d'une ancienne usine désaffectée à Montargis

Création à frais communs à Bezons d'un laboratoire-atelier bien outillé

Réflexion très profonde sur l'application de la précontrainte à ce type de structure

Précontrainte au moyen de fils tendus avec ancrage par adhérence



Croquis et graphiques établis par Eugène Freyssinet lui-même (retrouvé dans ses archives) pour déterminer la déformation d'une section ou les lignes de tension d'une section d'un poteau en béton précontraint

Il équipe cette ancienne usine située à Bezons (en bord de Seine, près de Nanterre), à la fois comme un laboratoire d'expérimentation et un atelier de fabrication d'outillages qu'il ne trouve pas dans le commerce

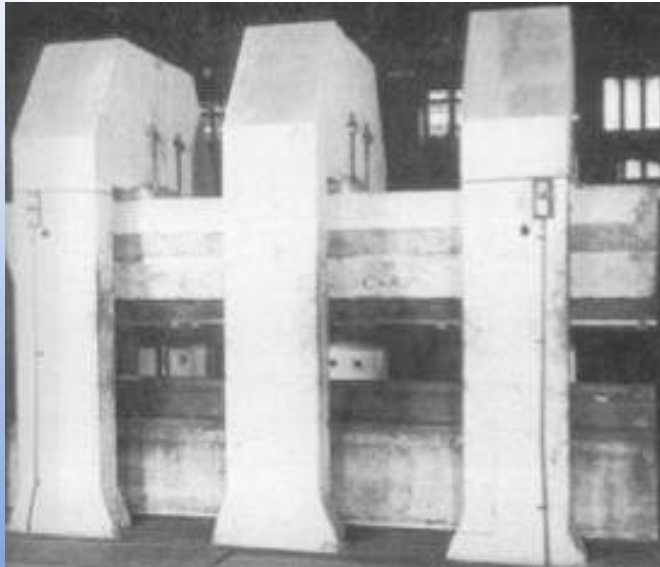


Tours, fraiseuses, presses d'emboutissage, et tous appareillages pour travailler sur la composition, la fabrication et l'amélioration des bétons

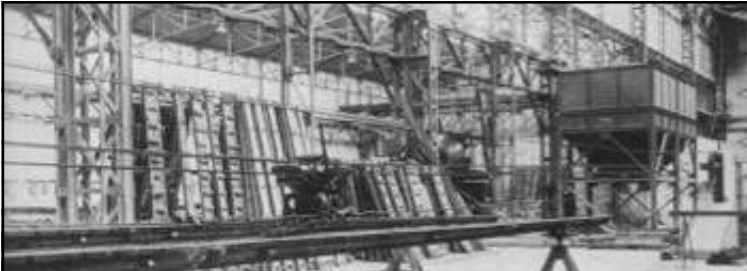
Un coin du laboratoire - atelier de Bezons

Pour cet outillage qu'il conçoit lui-même en grande partie, Eugène FREYSSINET utilise largement le béton précontraint

notamment une presse hydraulique précontrainte dans les 3 directions, de force utile 1.800 tonnes, capable de rouler des tôles de 7 mm d'épaisseur et de 4 m de longueur autour de ronds de 24 mm.

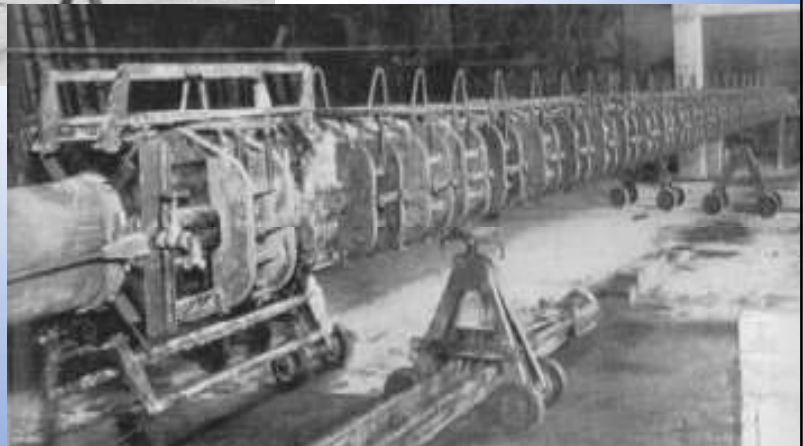


C'est avec cette presse qu'il put fabriquer les moules de ses poteaux de 16 m de longueur



Ces moules, constitués de 2 demi coquilles, capables de résister sans flamber à une compression 320 tonnes, appliquée par les fils tendus.

Avec ses étriers de serrage extérieur



Il invente une machine capable d'étirer à froid les fils jusqu'à une tension de 10 % en dessous de leur point de rupture,

ce qui conduit à des aciers ayant une limite élastique de 90 kg/mm^2 au lieu des 40 kg/mm^2 initiaux.



Machine permettant d'élever la limite élastique des aciers



Détails de cette machine

Encastrement des poteaux dans le sol :

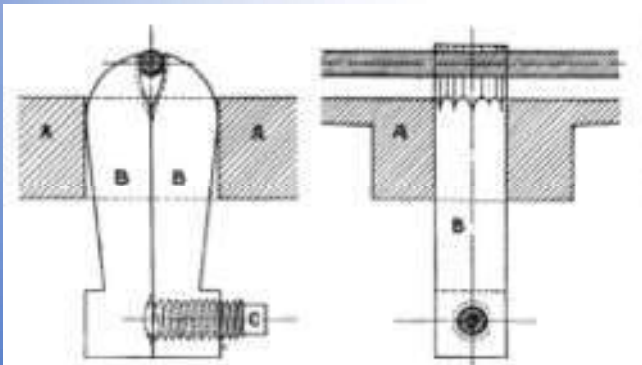
donc moment maximum à la base du poteau

d'où précontrainte décroissante de la base au sommet

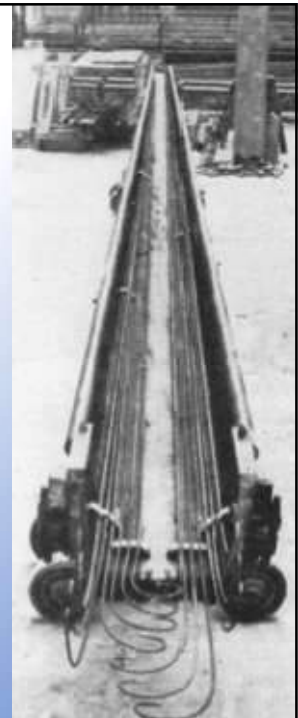
nombre de fils diminue de la base vers le sommet

donc des fils de longueurs différentes

ancrés par adhérence à la base et par des griffes sur la longueur du poteau à différents niveaux

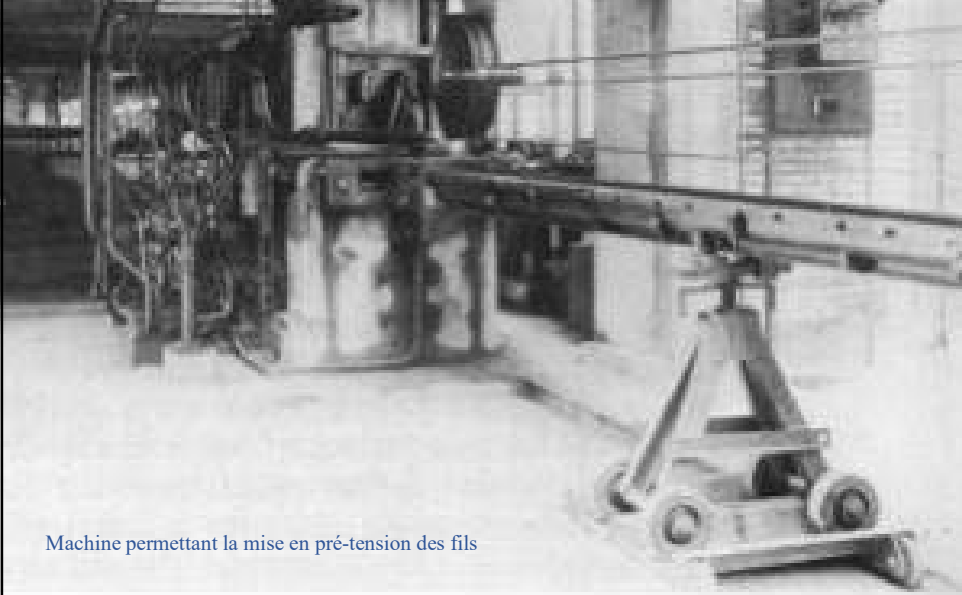


Des griffes spécialement conçues assurent cet ancrage en différents points de la longueur des moules.



L'ancrage des fils tendus aux extrémités des poteaux se fait, après démoulage, par adhérence au béton d'une spirale en acier.

Il conçoit et construit aussi une machine automatique, qui coupe aux longueurs voulues, met en place et tend des paquets d'aciers de tout diamètre, de 5 à 10 mm, jusqu'à 100 tonnes par demi-moule, la tension de chaque acier étant réglée à 1 kg près, quelle que soit sa longueur qui, dans un même poteau pouvait varier de 2,50 m à 16 m.



Machine permettant la mise en pré-tension des fils

Une autre machine permettait de remplir les moules, ainsi garnis d'armatures en utilisant alternativement aspirations et refoulements à haute fréquence.

Une autre machine pouvait comprimer ce béton une fois coulé à 16 kg/cm^2 en gonflant un mandrin extensible en caoutchouc qui servait de coffrage au tube central qui constituait l'évidement du poteau en assurant sa mise en précontrainte transversale.



Machine fabricant le mandrin en caoutchouc servant de coffrage intérieur gonflable

Aucune firme industrielle produisant des membranes en caoutchouc n'ayant pu, après de multiples échecs, fournir de tels mandrins, Eugène FREYSSINET met au point une machine spéciale permettant de les faire lui-même à partir de gommages crues.

Moyennant une procédure de fabrication complexe et extrêmement précise impliquant une parfaite connaissance de la rhéologie du béton, le résultat fut plus que probant :

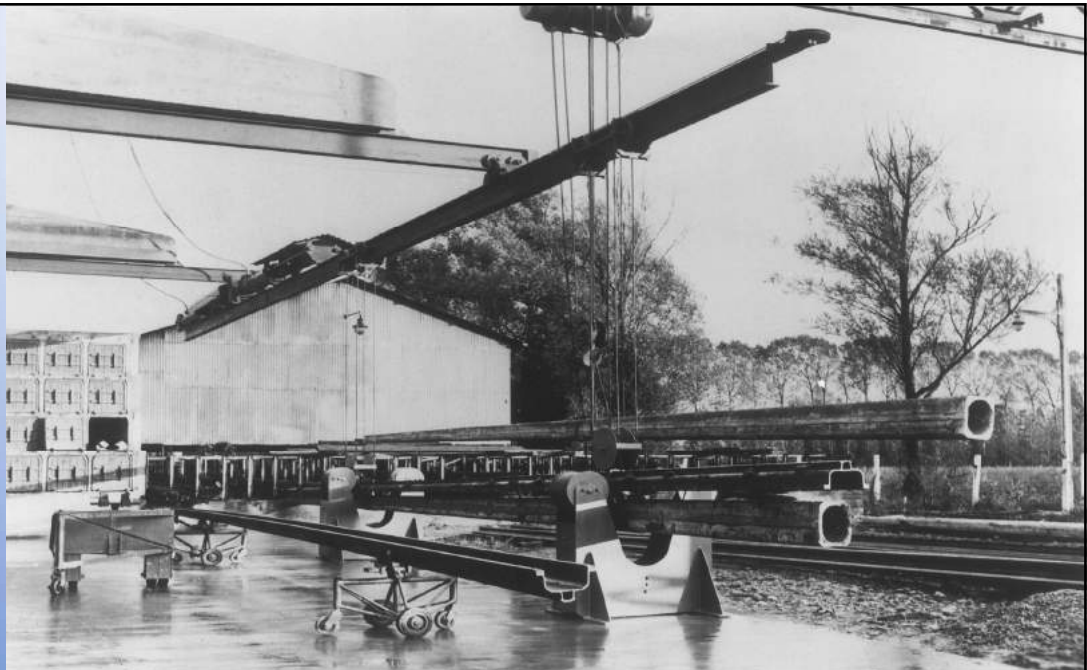
avec des épaisseurs de parois de 18 mm (parfois descendues jusqu'à 12 mm), des enrobages de 5 mm, une granulométrie des agrégats très fine, un étuvage à la vapeur à 100°C pendant 12 minutes,

Eugène Freyssinet a obtenu :

- . une excellente compacité des bétons
- . un parfait remplissage des moules
- . un béton dont la résistance atteignait :
 - . 300 kg/cm², 1 h après son coulage, lors du démoulage
 - . 500 kg/cm², entre 16 et 48 h après son coulage
 - . 1000 kg/cm², comme résistance de rupture
 - . un module de déformation instantanée (Young) de 400.000 kg/cm²

On ne fait pas mieux aujourd'hui !

Enfin, il met au point un système de transport automatique à la fois des moules, qui pleins pesaient jusqu'à 4.000 kg, d'un poste de travail au suivant, ainsi que des poteaux après décoffrage en fin de chaîne jusqu'au stock.



Sortie des poteaux à l'usine de Montargis

Au printemps 1933, la chaîne de montage est opérationnelle :

- avec 12 moules, sortent chaque heure 4 poteaux de 12 à 16 m (*l'équivalent d'un poteau qui sort tous les quarts d'heure*)
- poteaux 40 % moins lourds que l'équivalent en béton armé
- comportement aux efforts alternés incomparablement meilleur
- décoffrage des poteaux 2 h après coulage (pas de stock)
- qualité et aspect irréprochables

La réussite technique
est remarquable et
le succès total !



Mais, compte tenu du contexte économique, c'est un **échec commercial** retentissant.

La crise de 1929 est passée par là.

Les bourses du monde entier se sont effondrées, Wall-Street, Londres, Paris....

L'industrie se trouve ralentie, dans certains domaines même stoppée....

Les perspectives s'effondrent, les clients se dérobent.

L'usine de Montargis doit fermer ses portes à la fin de l'année 1933

Toutes les machines et matériels, sont vendus à la ferraille !

Eugène FREYSSINET, qui a engagé toute sa fortune personnelle se retrouve, à 54 ans, quasiment ruiné, mais aussi épuisé par l'énorme effort intellectuel et physique qu'il a dû fournir au cours de ces cinq années....



Wall Street, le 24 octobre 1929

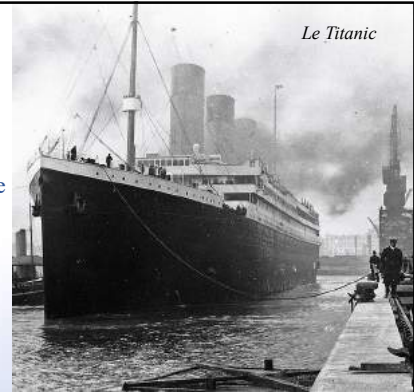
Un tel investissement devait-il, pouvait-il, s'avérer inutile ?

Non ! Ce serait bien mal connaître l'Homme que de penser que tout espoir est perdu pour lui...

Grâce à une opportunité exceptionnelle,
une nouvelle *aventure*, aussi fantastique que rocambolesque va se produire :

Le Sauvetage de la Gare Maritime du Havre

- après la fin de la Grande Guerre, 1920 – 1925 : redémarrage de l'activité industrielle
- accroissement du commerce avec les Etats Unis
- extraordinaire développement des voyages entre les Etats Unis et l'Europe
- les bateaux, principaux moyens de transport
- après le dramatique naufrage du Titanic en 1912 (*plus de 2.000 morts*),
- une nouvelle génération des Grands transatlantiques avec une forte concurrence des deux compagnies britanniques Cunard Line et White Star



- ne disposant que de 3 bateaux (*le France, le Paris et l'Île de France*), la Compagnie Générale transatlantique C.G.T. lance en 1928 le projet du futur paquebot **Normandie** qui se devait d'être le plus grand, le plus beau, le plus rapide, le plus prestigieux, en un mot la **gloire de la Marine Marchande française**



Pour l'accueillir, son Port d'attache, Le Havre se devait de s'équiper d'une Gare Maritime digne de ce prestigieux palace, **symbole de la France** et du raffinement à la française dans les années 1930

Un projet somptueux : un grand Architecte :
Urbain CASSAN (polytechnicien, architecte de grand renom)



L'ancienne Gare Maritime
en 1933

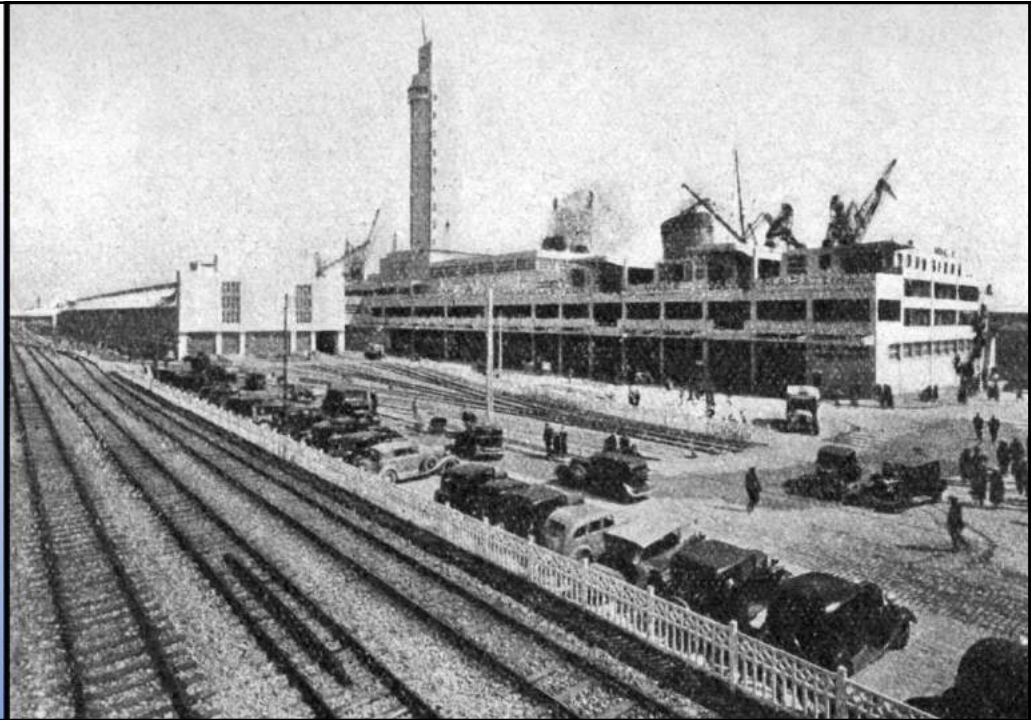


Projet :

Un immense bâtiment de 588 m de long comprenant un grand hall en béton armé, à la décoration somptueuse, surplombé d'une très large verrière et quatre niveaux de planchers, le tout pesant plus de 100.000 tonnes accolé à l'arrière à une gare ferroviaire abritant trois voies de trains

délai **très court** : de janvier 1933, ce chantier devait être terminé en mai 1935, pour l'inauguration du Normandie

Cette ancienne Gare
Maritime



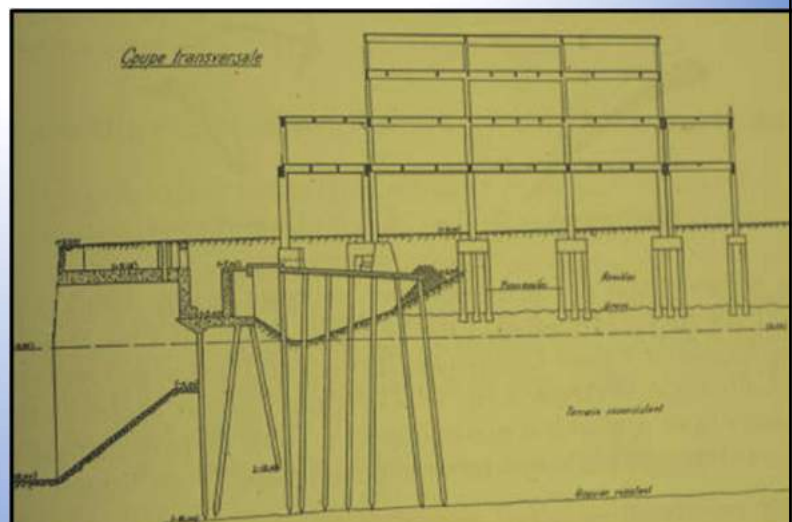
Historique :

- . en 1925, dragages devant le quai pour augmenter le tirant d'eau (l'amener à 12 m), le quai s'effondre...
- . renforcé par une plateforme de décharge sur pieux descendus jusqu'à la côte -20 (graviers résistants)
- . à l'arrière de cette plateforme, un simple remblai de la côte 0 à la côte +10, sur lequel s'appuyait la partie arrière de la gare
- . appui de la partie avant sur cette plateforme
- . choix de pieux courts pour la partie arrière

Etude géotechnique trop rapide et incomplète

- . 18 pieux d'essais sur cette partie arrière
- . pieux isolés et par groupes de trois
- . pieux de 10 m chargés à 40 tonnes
- . résultats apparemment satisfaisants

En janvier 1933, le chantier peut commencer !...



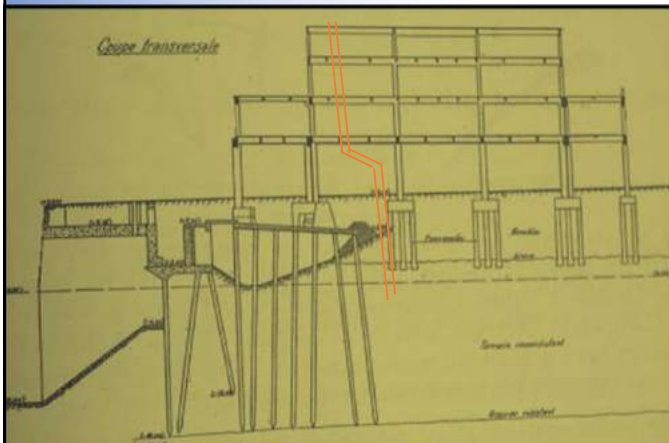
Résultat et constat :

A peine le gros œuvre terminé, les poteaux des 4 lignes arrières s'enfoncent, ceux des 2 lignes avant ne bougent pas

Enfoncement d'environ 2 à 3 cm par mois, s'accroissant inexorablement et atteignant localement 30 cm

Fissures de plus en plus larges dans les murs, poutres et planchers

A la fin de 1933 un effondrement total paraît inévitable à plus ou moins court terme



Mobilisation générale de tous les experts et spécialistes

aucune solution ni remède se semble envisageable

avec un tel délai, réussir semble impossible

personne n'accepte de prendre une telle responsabilité

catastrophe nationale aux retombées internationales

anéantissement de l'espoir « Prestige de la France »

Ultime recours :

En janvier 1934, en désespoir de cause, Urbain CASSAN, sur les conseils de Raoul DAUTRY, polytechnicien, directeur général des Chemins de Fer de l'État et futur Ministre de la Reconstruction, appelle au secours Eugène FREYSSINET.

Celui-ci, analyse avec lucidité la situation, comprend ce qui s'est passé, et propose **Sa solution** en avril 1934

Sans autre remède au désastre technique et politique annoncé, elle est aussitôt acceptée « sans discussion ».

Proposition d'Eugène FREYSSINET

- . reporter les charges du bâtiment, de ses anciennes fondations, sur les couches résistantes rencontrées vers la côte -20
- . relier les anciennes semelles par de nouveaux éléments rigides de grande longueur (jusqu'à 70 m)
- . solidariser ces anciennes semelles à ces nouveaux éléments par une pré-compression de 1.000 tonnes
- . foncer des pieux de 30 m de long à travers des trous dans ces nouvelles semelles de liaison aux anciennes (*sans vibration*)
- . ces pieux tubulaires de 60 cm de diamètre, coulés par petits tronçons de 1,60 m ou 2,80 m de longueur
- . le fonçage sera fait par des vérins solidarés aux pieux par des colliers mis en pression par des membranes remplies d'eau
- . ces pieux peuvent exercer des efforts de poussée de 320 tonnes sans aucune vibration
- . le béton des pieux est vibré, comprimé à 20 kg/cm², lié au précédent par précontrainte, et durci à la vapeur 4 heures
- . solidarisation des pieux aux nouvelles semelles de liaison

En août 1934, cinq mois après la proposition d'Eugène FREYSSINET, le matériel spécial est fabriqué et approvisionné, le chantier du sauvetage peut commencer

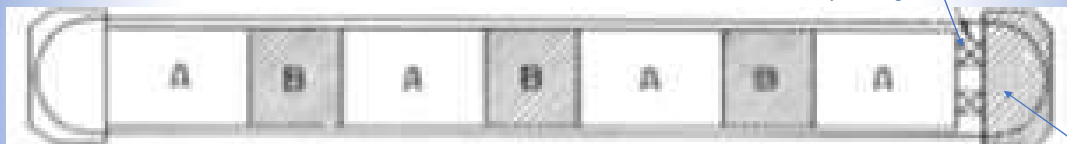
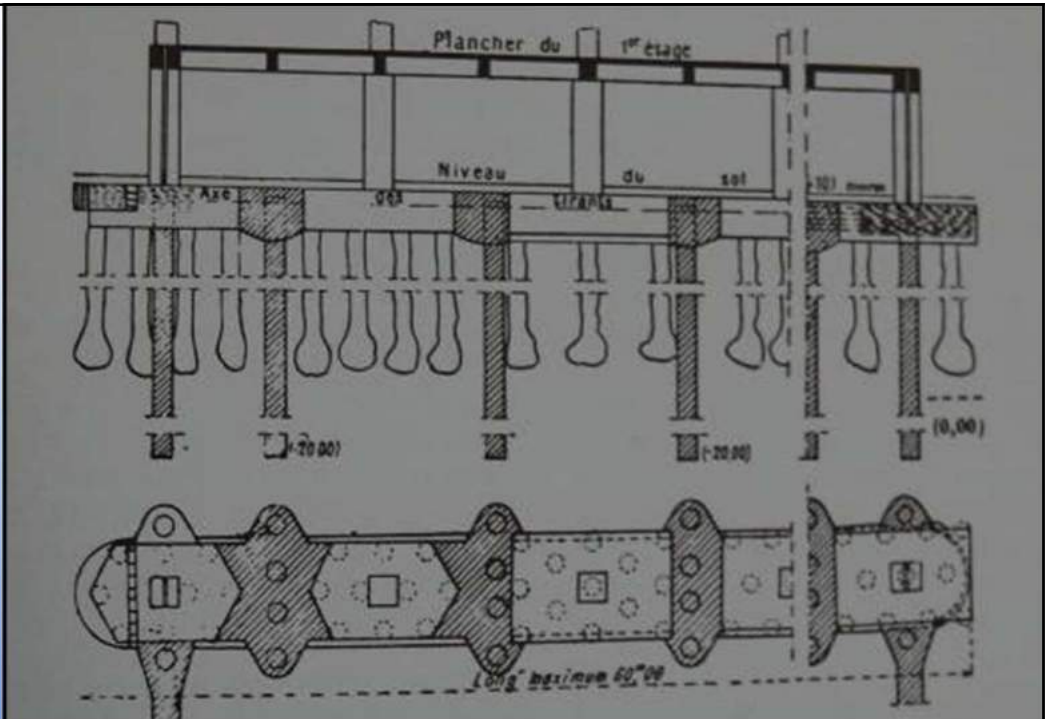
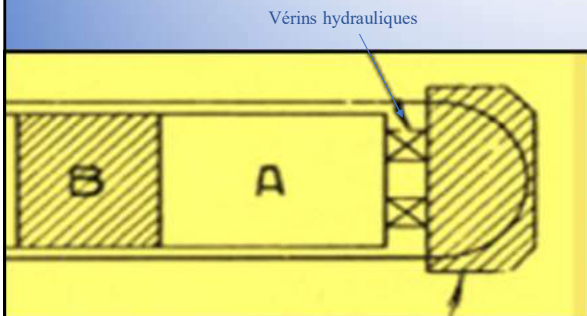


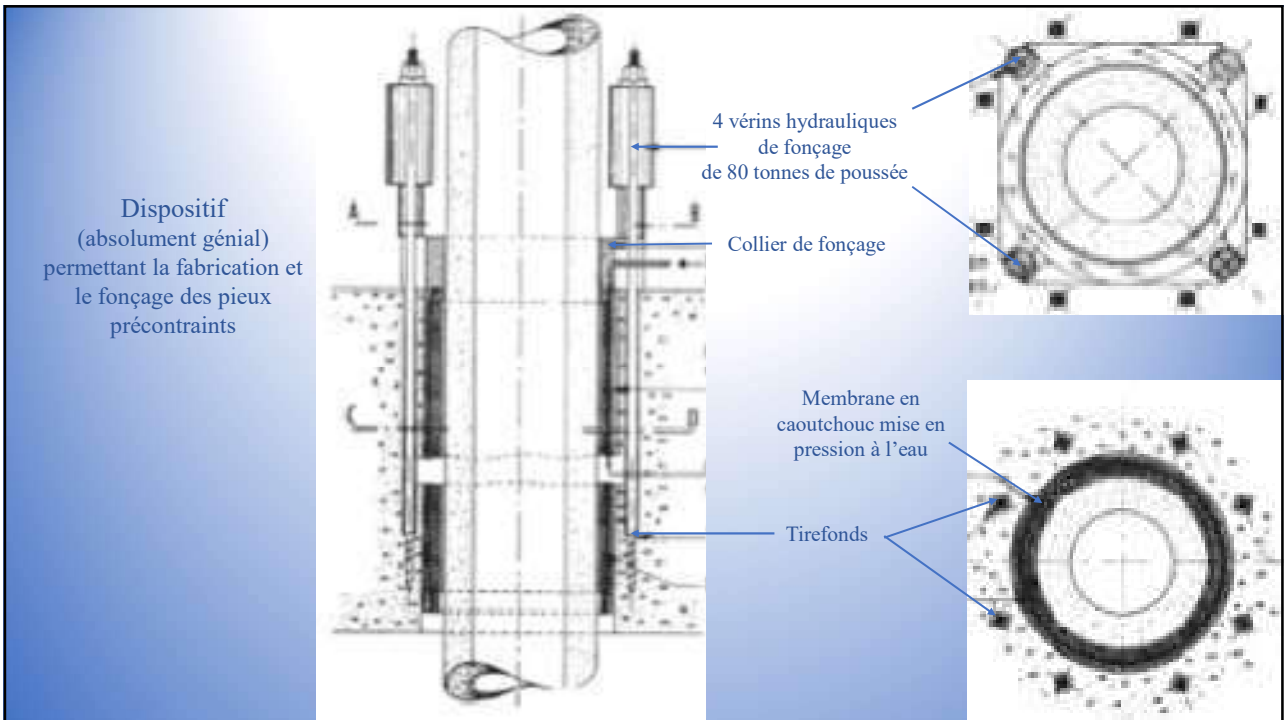
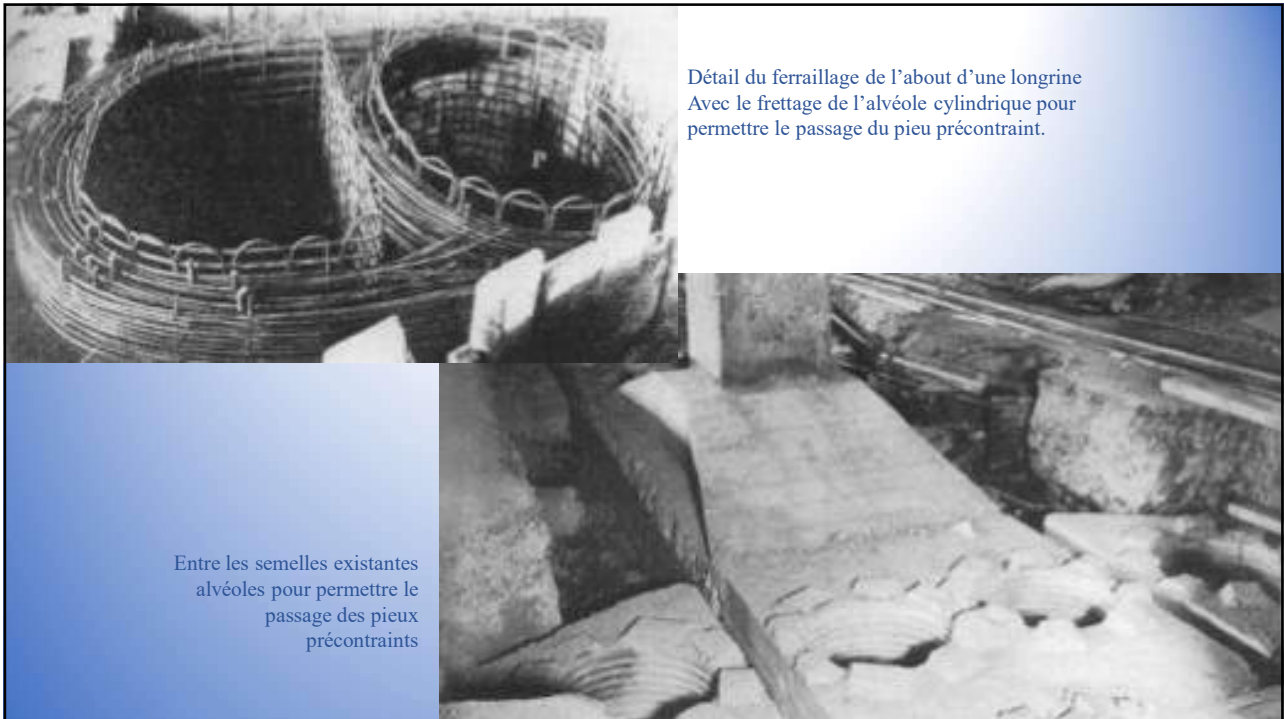
Schéma de précontrainte des longrines de serrage des semelles existantes

A : anciennes semelles supportant les poteaux de la gare et appuyées sur des pieux courts

B : nouvelles semelles coulées entre les anciennes, solidarisées à elles par précontrainte et traversées par les pieux longs

Détails des têtes d'ancrage à une extrémité de ces longrines mises en précontrainte par vérins hydrauliques





Chronologie du Sauvetage :

- . après fabrication et livraison du matériel spécialement conçu par Eugène FREYSSINET, démarrage des travaux en août 1934
- . on commença bien sûr, par les zones où le bâtiment s'enfonçait le plus rapidement
- . dès les solidarisations des premières semelles faites et les premiers pieux foncés, les tassements les plus dangereux sont stoppés
- . en décembre 1934, l'enfoncement de toute une partie de la Gare Maritime était stoppé
- . la fabrication et le fonçage d'un pieu de 30 m nécessitait quatre jours de travail
- . cinq appareillages de fabrication et fonçage furent mis en œuvre pour permettre de réussir ce fabuleux défi

Trois types de précontrainte ont été mises en œuvre sur ce chantier :

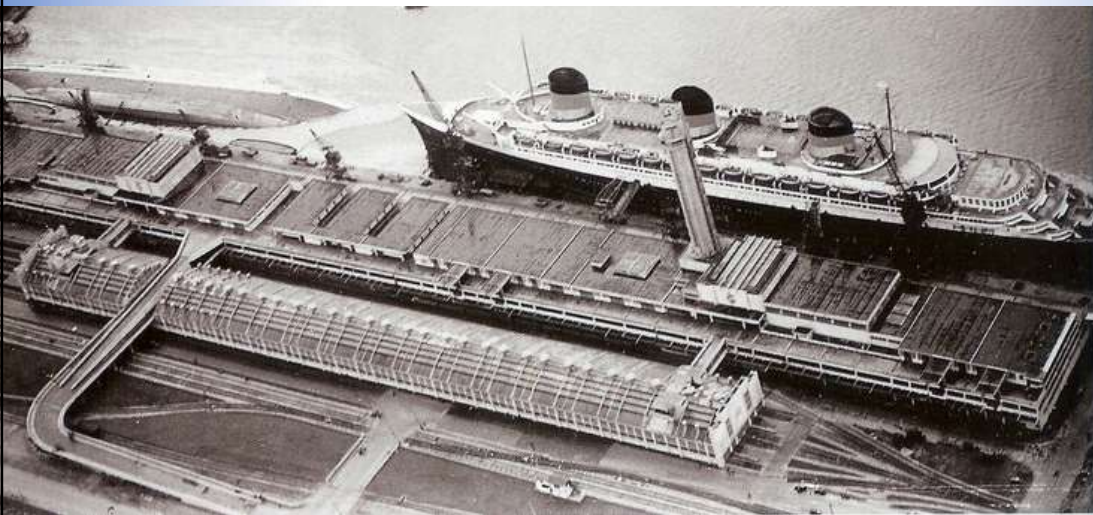
- 1 . précontrainte des grandes poutres horizontales au moyen de câbles tendus avec une tête d'ancrage poussée par vérins hydrauliques.
- 2 . barres prétendues avant coulage, rendues solidaires par adhérence au béton après son durcissement accéléré pour les pieux.
- 3 . précontrainte sans armature avec mise en charge des pieux contre les éléments horizontaux, par relâchement des vérins après leur fonçage et leur solidarisation aux semelles prenant leur réaction sur la masse de la structure existante.

Ces trois applications très spécifiques ont permis de mettre en évidence le principe même et la « philosophie » de la précontrainte

Toute la France, et même le reste du Monde de la Construction ont les yeux tournés vers Le Havre

Le 11 mai 1935, en fin de journée, lorsque le paquebot Normandie, après ses essais en mer concluants et prometteurs, put rejoindre son port d'attache, Le Havre, toutes les parties du bâtiment de la gare qui lui étaient destinées étaient fin prêtes pour l'accueillir.

Les festivités purent alors commencer, avec plus de 1000 invités, en présence du Président de la République, Monsieur Albert Lebrun



La voici, la gare du Havre accueillant « Son Normandie »

Le paquebot fut solennellement baptisé le 27 mai par le Cardinal Verdier, archevêque de Paris, et enfin le 29 mai, il quitte son quai dans la liesse générale pour battre le « record du monde » de la traversée en 4 jours, 3 heures et 2 minutes, remportant le Ruban Bleu, seul bateau français ayant reçu cette distinction.

Eugène FREYSSINET a parfaitement conscience de l'extraordinaire opportunité que ce sauvetage a été pour lui en expliquant :

« Il est bien évident qu'un projet aussi téméraire n'a pu être pris en considération que parce qu'il représentait l'unique chance d'éviter une catastrophe désastreuse pour le prestige français, sous les yeux du monde entier. Mais aurais-je moi-même eu l'idée de le concevoir; aurais-je eu le courage d'en prendre la responsabilité, s'il n'avait pas constitué, pour moi aussi, une chance unique de sauver de l'oubli des techniques qui m'avaient coûté ma fortune et cinq années de l'effort le plus dur que puisse s'imposer un homme ; et par-dessus tout peut-être, de sauver ma confiance en moi-même et en la valeur de mon effort ».

Quelques mois après, en octobre 1936,
à l'issue du discours qu'Eugène FREYSSINET est venu faire
lors du Congrès Mondial de l'Association des Ponts et Charpentes qui se tient à Berlin
pour expliquer ce qu'est la Précontrainte et
où il a présenté l'opération du Sauvetage de cette Gare Maritime du Havre
c'est une formidable « standing ovation » de plus de dix minutes
que lui réservent les mille deux cents congressistes venus du Monde entier.

De très nombreux visiteurs venus du monde entier,
se sont pressés pour visiter ce chantier, et parmi eux :

sa rencontre la plus décisive, celle avec **Edme CAMPENON**,

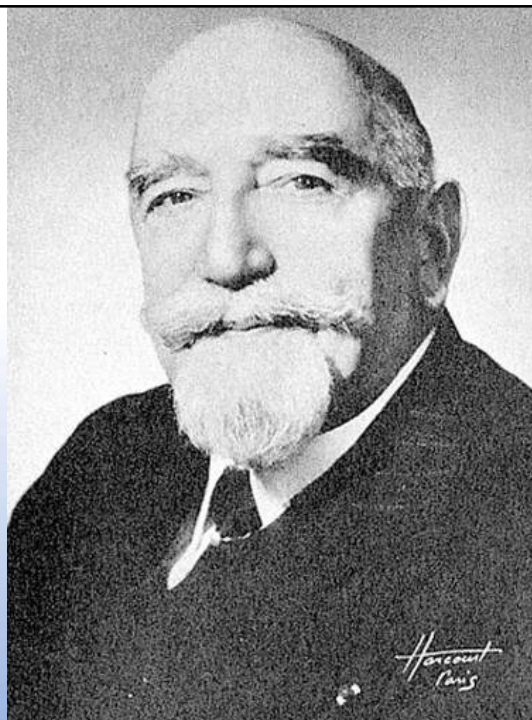
qui va déceler son génie et deviner les extraordinaires
possibilités de développement de cette technique

En 1935, contrat de collaboration exclusive entre
Eugène FREYSSINET et l'Entreprise CAMPENON BERNARD

un nouveau départ qui va faire basculer son destin

A propos d'Edme CAMPENON, Eugène FREYSSINET écrit :
« Il a eu assez de clairvoyance, de foi et de courage pour apporter,
à moi-même et à l'idée de précontrainte, un concours qui n'a connu
aucune défaillance ».

Edme CAMPENON



Premières applications de cette collaboration d'Eugène Freyssinet avec Campenon Bernard :
l'Aventure Algérienne

Un premier grand barrage vient de se terminer en 1932 sur l'Oued Cheliff près d'Orléansville entre Alger et Oran, au pied de l'Ouarsenis.
 Barrage poids en béton, 95 m de hauteur, 72 m d'épaisseur à sa base, 200 m de longueur en crête,
 pour une retenue de 280 millions de m³ d'eau destinée à assurer l'irrigation de la Plaine du Cheliff de plus de 30.000 hectares.



A l'aval de ce barrage était prévu un réseau de conduites forcées long de plus de 50 km, composé de tuyaux en béton pouvant aller jusqu'à 1,40 m de diamètre, soumises à des pressions de service de 7,5 bars (0,75 Mpa), et devant pouvoir résister à des pressions d'essai de 18 bars (1,8 MPa).

Eugène FREYSSINET se lance dans ce grand défi, en proposant des tuyaux en béton précontraint, problème d'une très grande complexité, cette précontrainte devant agir dans les deux directions, longitudinale et transversale, de façon à résister à ces très fortes pressions.



Il met au point en réalisant, dans son laboratoire de Bezons, un premier prototype de tuyau en béton ainsi précontraint.

Chaque moule est constitué de deux cylindres concentriques positionnés verticalement :

- . un coffrage extérieur parfaitement rigide, mais capable de subir une diminution de son épaisseur avec mise en pression de membranes en caoutchouc remplies d'eau,
- . un coffrage intérieur extensible par accroissement de son diamètre

les cages d'armatures longitudinales et circulaires sont disposées à l'intérieur de ce moule, entre les deux coffrages,

le béton est coulé entre les deux parois du moule, et vibré de façon intense

des systèmes de vérins agissent simultanément,

- . les uns pour mettre en tension les armatures longitudinales,
- . d'autres pour obturer le moule, mettre en pression les membranes remplies d'eau du coffrage extérieur, et comprimer ainsi le béton en l'essorant,
- . d'autres enfin pour provoquer l'expansion du coffrage intérieur, qui se traduit par une mise en tension du ferrailage circulaire par poussée sur le béton frais raidi par essorage et pression



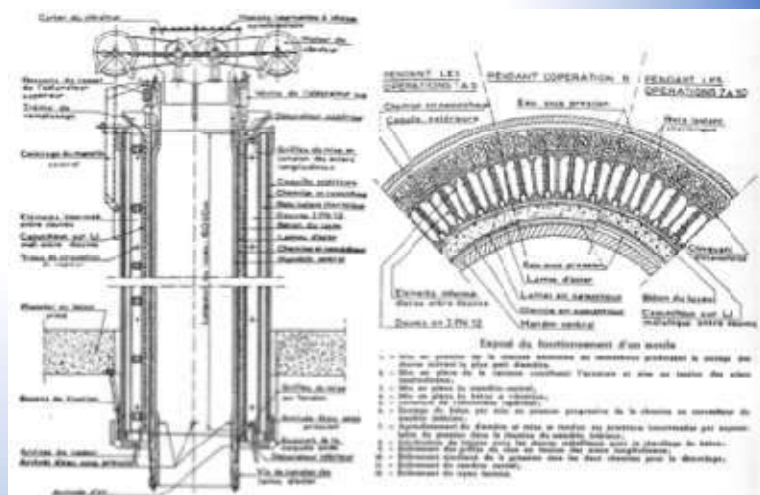
Tuyaux de 1,00 m, 1,20 m ou 1,40 m de diamètre

tout ceci produisant une mise en compression du béton autour de ces armatures, tandis que le béton fait prise et durcit progressivement, ce durcissement étant augmenté et accéléré par l'étuvage, jusqu'à ce que cet ensemble armatures - béton forme un bloc final dont la surface cylindrique est précontrainte dans les deux directions.

Devant le résultat obtenu, il monte sur place, une véritable installation industrielle dont tous les appareillages, machines et outils divers, spécialement conçus par lui, permettent de produire des milliers de tuyaux en béton, précontraints à la fois longitudinalement et transversalement.

Ce moule à double paroi d'une extraordinaire sophistication et une procédure de fabrication d'une minutie remarquable

- . mise en pression de la chemise extérieure
- . mise en place des armatures
- . introduction du mandrin central, remplissage du moule avec le béton et vibration
- . mise en tension des aciers longitudinaux
- . fermeture du moule et mise en pression du mandrin intérieur pour essorage du béton
- . augmentation du diamètre intérieur du moule pour mettre en tension les armatures transversales
- . chauffage du béton par étuvage à la vapeur
- . suppression des griffes de tension des armatures longitudinales, dépressurisation des chemises
- . démoulage et enlèvement du tuyau terminé



Coupe longitudinale du moule

Coupe transversale du moule

Un résultat exceptionnel et une qualité remarquable. Etanchéité parfaite sous pression de service.

Sous pression proche du point de rupture, les tuyaux semblent fissurer, en laissant l'eau suinter à travers leurs parois, et en ramenant la pression à la pression de service, les « fissures » se referment et les tuyaux redeviennent parfaitement étanches



Vue de l'intérieur de l'usine de fabrication des tuyaux précontraints



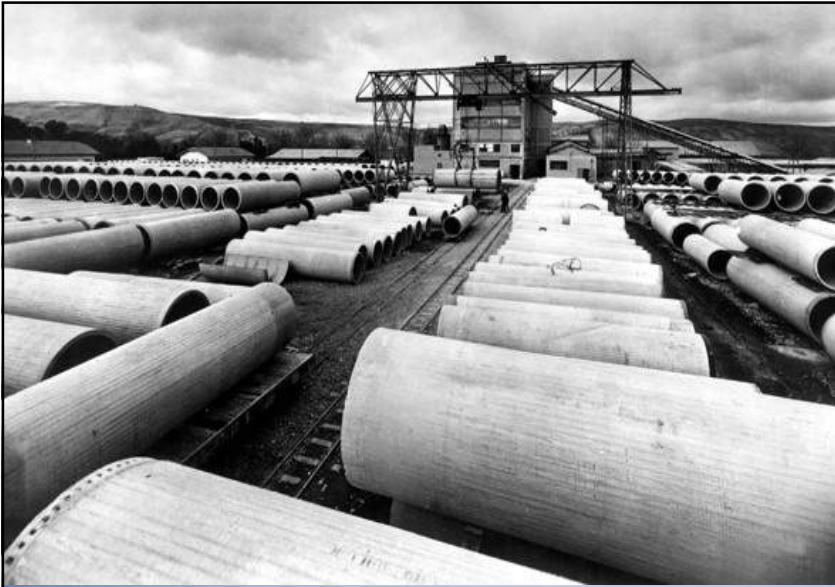
Sortie de son moule d'un tuyau précontraint



Vue latérale de ces tuyaux préfabriqués à précontrainte bi-dimensionnelle

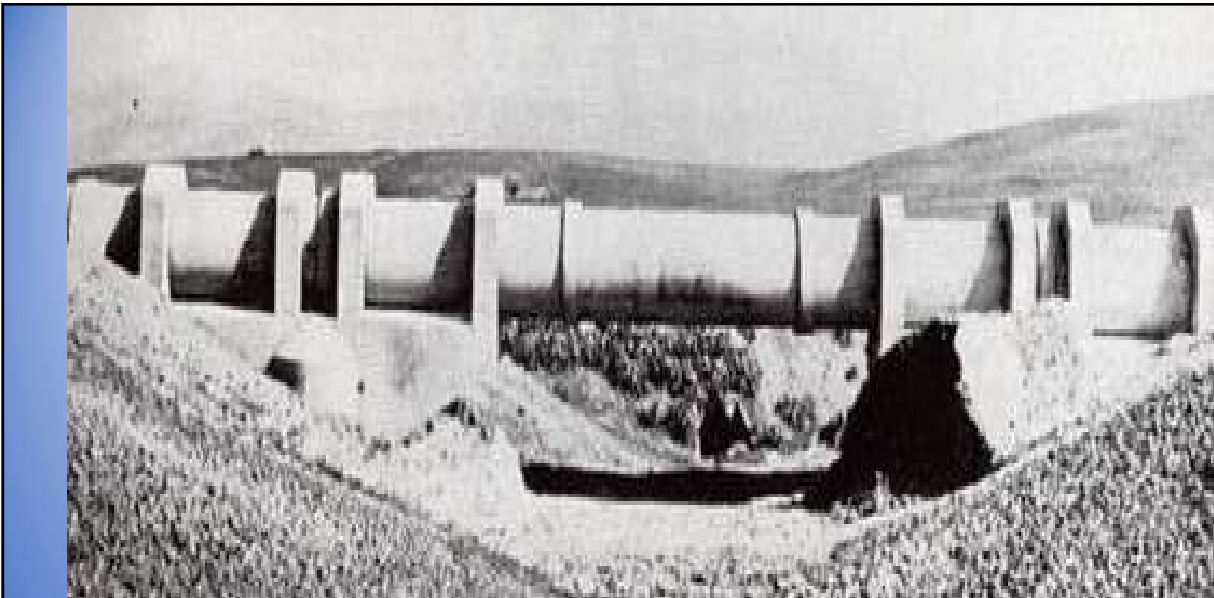
Vue frontale d'un tel tuyau précontraint





Parc de stockage des tuyaux précontraints

Assemblage par brides boulonnées
des tuyaux précontraints



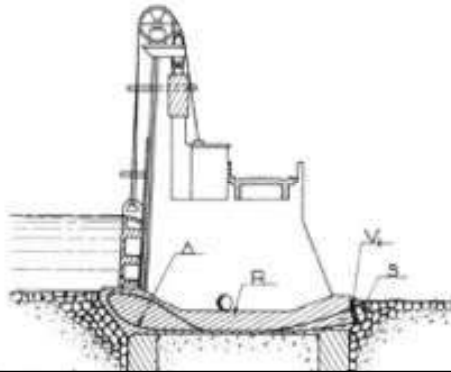
Sur ces plus de 50 kilomètres de conduites forcées, un important talweg nécessitait un franchissement qui fut réalisé par ces mêmes tuyaux assemblés et précontraints longitudinalement pour les transformer en pont-aqueduc autoporteur d'une portée de 18 m.

Cette méthode, cet outil et cette procédure firent à l'époque l'admiration de tous ceux qui ont visité ce chantier, et n'ont plus jamais été reconduits, mais qui attestent bien du **génie** de son inventeur.

Ces fameux tuyaux de l'Oued-Fodda, ont résisté sans encombre aux terribles tremblements de terre qui ont frappé cette région notamment celui du 10 octobre 1980, d'une magnitude de 7,7 sur l'échelle de Richter, dont l'épicentre se trouvait tout proche de cet emplacement (plus de 2.500 morts), détruisant la quasi-totalité de la ville d'El Asnam, reconstruite sous le nom de Chlef.

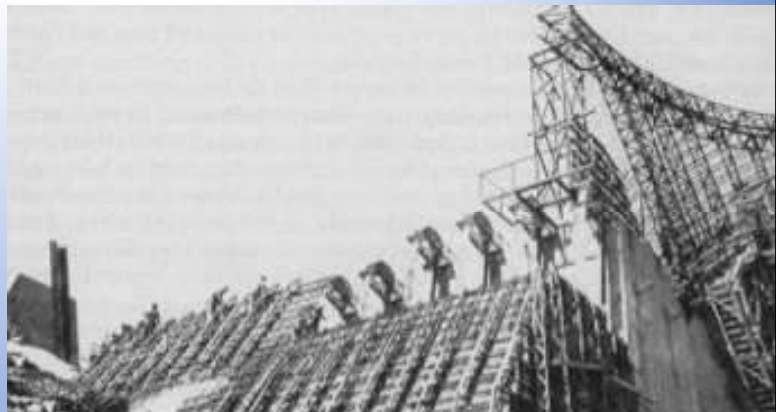
Cet aménagement d'Oued-Fodda comporte d'autres ouvrages, dont notamment le barrage de régularisation et de prise d'eau des Portes-de-Fer sur l'Oued Fodda, construit entre 1937 et 1939 ainsi que le pont route qui le complète en 1939.

Il s'agit d'un barrage de régularisation au fil de l'eau. Formé d'un large radier en béton constituant le seuil



Cinq contreforts surmontés de poteaux verticaux délimitant quatre sections de passage de l'eau et permettant de manœuvrer des vannes de 19 m de largeur, sortes de portes laissant passer l'eau sur le seuil en fermant plus ou moins ce passage.

Tous les éléments en béton sont précontraints, le radier, les contreforts mais aussi les vannes, les contrepoids et les poutres du pont-route, de portée 19 m, ces derniers étant précontraints par prétension, les armatures étant tendues avant le coulage du béton et bloquées par adhérence.





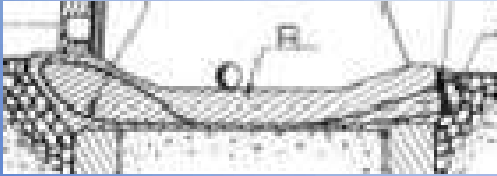
Le radier, 75 m de long, 17,50 m de large est précontraint dans les deux directions :

Transversalement : fils retournés sur eux-mêmes côté amont, ancrés par adhérence dans des blocs de béton (têtes d'ancrage) côté aval, ces têtes d'ancrage étant écartées par des vérins hydrauliques

Longitudinalement : les deux extrémités étant bloquées contre des massifs rocheux, la dalle est mise en précontrainte par des batteries de vérins plats placés dans un joint central (dispositif spécial qu'Eugène FREYSSINET vient d'inventer

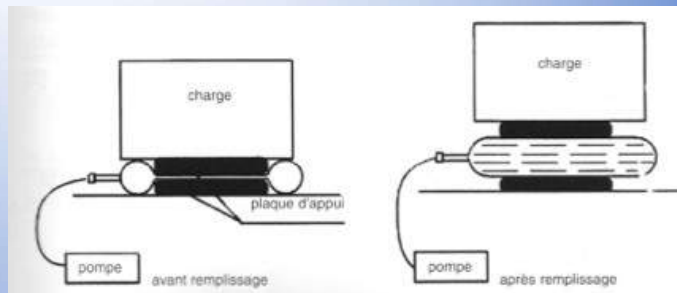
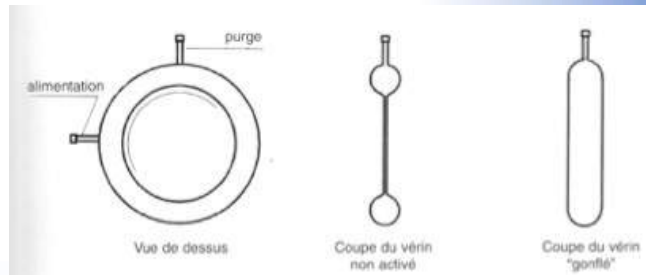
Mise en place des armatures tendues dans le talon inférieur des poutres du pont

Disposition des armatures de précontrainte transversales du radier, retournées sur elles-mêmes coté amont

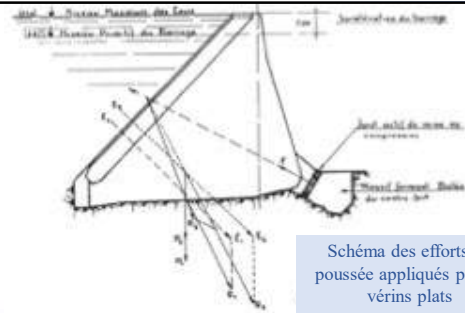


Ce nouveau dispositif qu'Eugène FREYSSINET vient d'inventer en 1938, formé de deux tôles d'acier embouties et soudées, très simple, peu coûteux, capable de développer des efforts très importants avec un faible déplacement a connu depuis, d'innombrables et très diverses utilisations :

Décintrement de grandes structures en arc,
Mise en précontrainte de grandes voutes
Mise en précontrainte de grandes pistes d'aéroports
Consolidation de grandes ouvertures géologiques



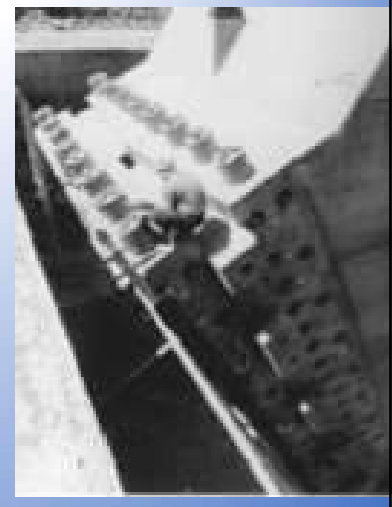
Sur le barrage de Beni-Badhel, l'utilisation de vérins plats a permis à Eugène FREYSSINET de résoudre le problème posé par la décision de porter la hauteur de ce barrage à voutes multiples de 47 m prévue au départ à 54 m sans modifier les contreforts, en créant une poussée active de 25.000 tonnes à la base de ces contreforts de façon à donner à la résultante des efforts exercés sur la paroi la même inclinaison qu'elle avait initialement



Barrage de Beni-Badhel (face amont) Contreforts du Barrage de Beni-Badhel avec ses massifs de butée (face aval)

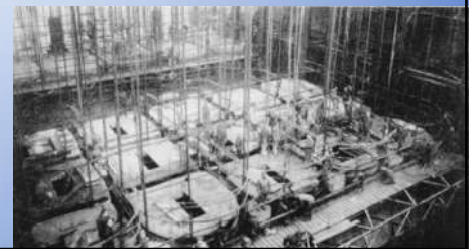
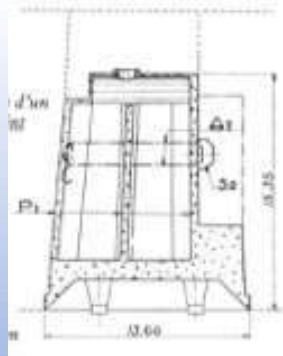
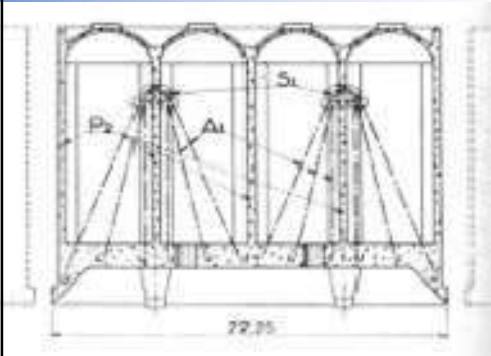
Entre 1955 et 1962, Campenon Bernard construira le barrage d'Erraguène, sur l'oued Djen Djen, près de Jijel. Barrage à voutes multiples en béton, comportant 12 voûtes de forme torique de 35 m de portée chacune entre axes des contreforts, de 81 m de hauteur avec une longueur en crête de 510 m, conçu par Eugène FREYSSINET. Ces voûtes toriques, sont précontraintes, assurant le contreventement et la stabilisation des contreforts. A leur base, côté aval du barrage, elles comportent des talons mis en compression par des butées actives réalisées au moyen de batteries de vérins plat

Le Barrage d'Erraguène (Algérie)



En France, entre 1936 et 1939, forts de l'expérience acquise en Algérie, concernant l'étanchéité des structures en béton précontraint, Eugène FREYSSINET et Campenon Bernard participent à un vaste programme d'aménagement de quais pour l'extension du Port militaire de Brest :

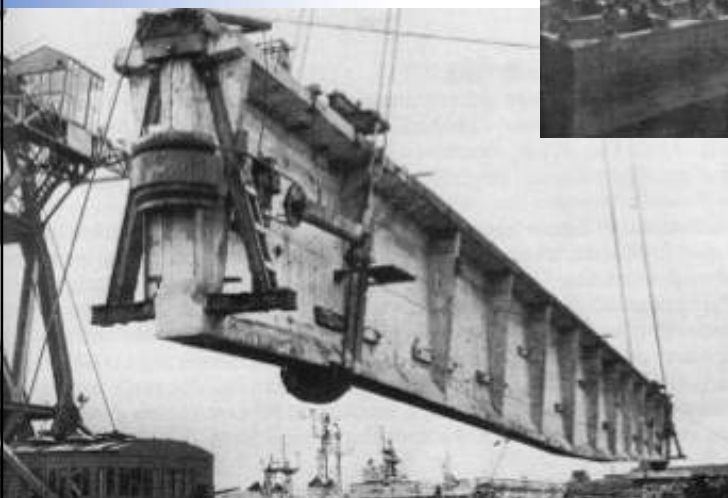
Plus de 1200 m de quais, dont certains en grande profondeur
53 caissons de 22 m de long, 15 m de large et 22 m de haut,
pesant 3.900 tonnes, préfabriqués, mis en flottaison et coulés



D'autres travaux importants toujours dans le Port de Brest, comme la Darse n°3 de Laninon ou le Pont de la Grande Rivière qui comporte des poutres précontraintes de 63 m de portée



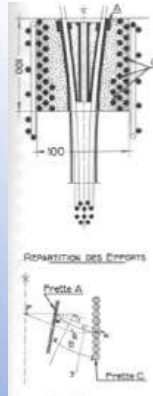
Darse n°3 de Laninon



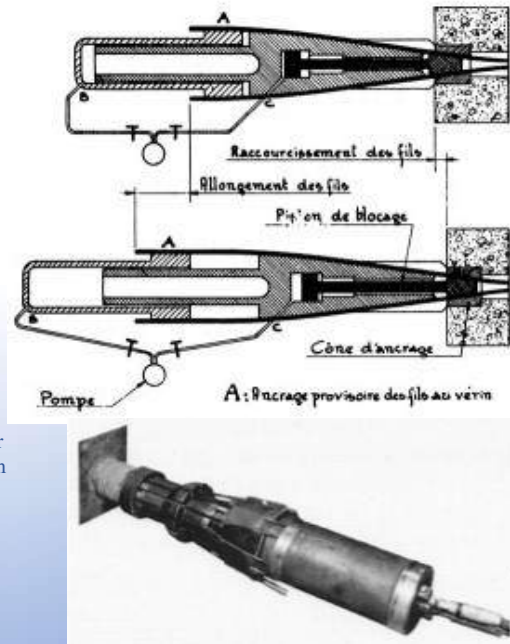
Poutre précontrainte du Pont de la Grande Rivière
63 m de portée
3,40 m de hauteur aux abouts
4,00 m au centre de la poutre

En 1939, une grande étape va être franchie, Eugène Freyssinet invente l'**ancrage en béton à cône** mais aussi le **vérin** spécial permettant la mise en tension des câbles formés de fils et leur blocage dans cet ancrage

Jusqu'ici, les mises en tension étaient faites par des moyens spécifiques adaptés à chaque cas ou ouvrage particulier par adhérence acier-béton
Désormais ces opérations uniformisées pourront être appliquées en toutes circonstances sur n'importe quelle structure



Ancrage et vérin pour câbles 12 fils de 8 mm



Eugène FREYSSINET écrit : « Je considère que cet ancrage est le plus grand progrès que j'ai réalisé en matière de précontrainte depuis que cette idée m'est venue à l'esprit pour la première fois en 1903 ».

Depuis 1939, la technique a évolué, la technologie aussi,

des fils parallèles on est passé aux torons puis aux mono-torons gainés graissés

des ancrages en béton à cônes aux ancrages métalliques à clavettes

de 620 MPa à 1.800 MPa de résistance à rupture des aciers



1939
Effort 20 tonnes



1960
Effort 120 tonnes



1975
Effort 200 tonnes

Aujourd'hui : 1.292 tonnes avec des câbles 55 T 16

STUP

SOCIÉTÉ TECHNIQUE POUR L'UTILISATION DE LA PRÉCONTRAÎNTE

La STUP, devenue en 1976 **Freyssinet International**, en étendant son activité à l'ensemble du Monde, rayonne depuis en 1985 sous le nom de **Freyssinet**, en intégrant un certain nombre de sociétés pour étendre ses activités notamment à la géotechnique et aujourd'hui à toutes les branches de la Construction

Durant cette parenthèse des années de la seconde guerre mondiale, afin de mieux valoriser l'ingéniosité d'Eugène FREYSSINET, Edme CAMPENON décide de créer, en mars 1943, une société filiale de Campenon Bernard, la S.T.U.P. (Société Technique pour l'Utilisation de la Précontrainte).

Eugène FREYSSINET est associé à la STUP en qualité d'Ingénieur Conseil mais aussi d'Inventeur

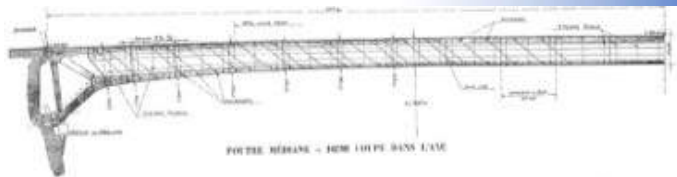


FREYSSINET

En 1945, le chantier du Pont de Luzancy, sur la Marne, commencé en 1940, mais interrompu en 1942 du fait de la guerre, va redémarrer.

Bien que de dimensions modestes, 55 m de portée, 8 m de largeur, Eugène FREYSSINET a conçu là un ouvrage qui concentre toute l'expérience et les connaissances acquises au cours des réalisations de ses ouvrages précédents :

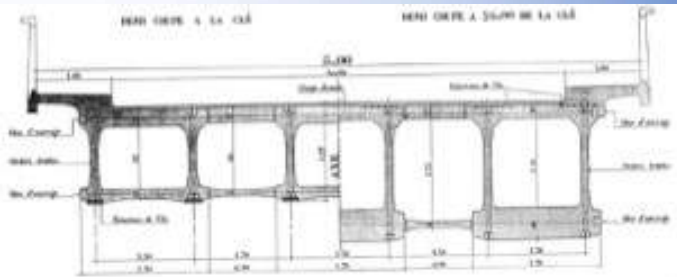
- une apparence de structure de type poutre portique
- mais en réalité un arc très surbaissé
- des épaisseurs très minces 1,82 m aux abouts, 1,22 m à la clé
- des efforts de poussée très importants aux extrémités canalisés par des béquilles qui les transmettent aux appuis, 3,30 m sous la chaussée
- une méthode d'exécution qu'il chérit depuis longtemps : préfabrication d'éléments en béton assemblés par précontrainte pour former les poutres



Transversalement le tablier est constitué de 6 poutres reliées deux à deux pour former des caissons, lesquels sont reliés ensuite par un hourdis supérieur et un hourdis inférieur coulés en place et précontraints transversalement.

Initialement, Eugène FREYSSINET avait prévu de mettre en place les voussoirs en les suspendant à une poutre en bois cloués, placée au-dessus de la brèche avant de les assembler par des câbles de précontrainte. C'est ainsi que furent posés les béquilles de démarrage et les premiers voussoirs, avant l'arrêt du chantier en 1942.

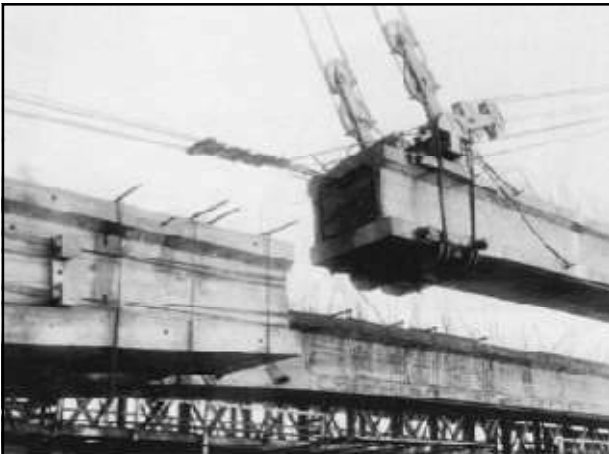
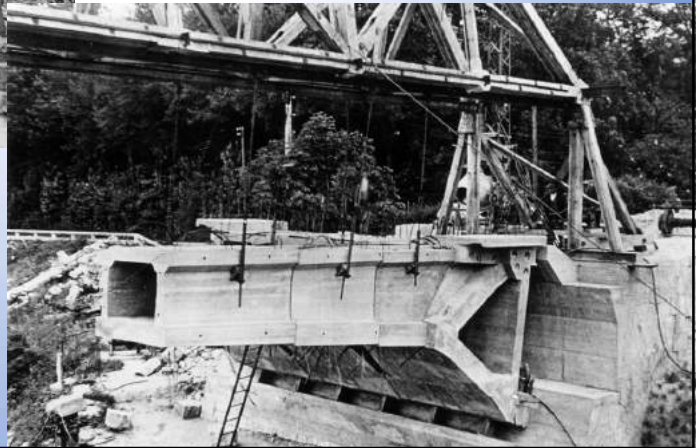
A cause de difficultés d'approvisionnement de certains matériaux, Eugène FREYSSINET a été amené à modifier la méthode initialement prévue, pour la pose des voussoirs, en les pré-assemblant par précontrainte provisoire et en posant les éléments de poutres ainsi formés à l'aide de deux systèmes de poulies à câbles à partir de deux grands mâts en bois cloués dressés sur les rives au droit des culées.





Préfabrication des voussoirs

Première solution prévue pour la construction :
mise en place des voussoirs en encorbellement à partir des culées,
suspendus à une poutre



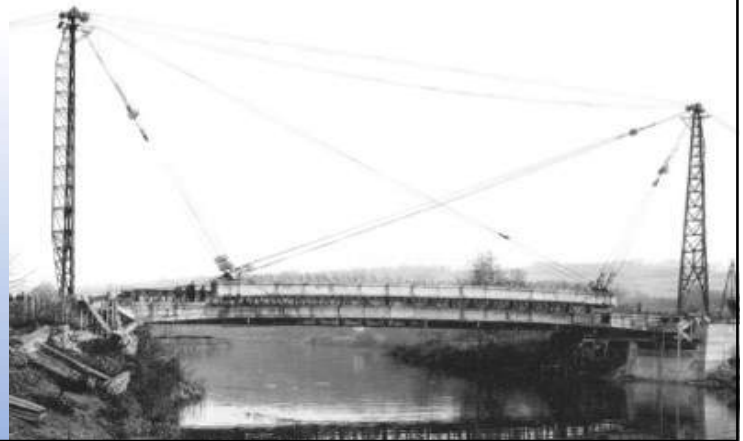
Approche (ci-dessus)

mise en place de l'élément central de la poutre pré-assemblée





Vue d'ensemble du chantier avec mise en place d'une poutre formée de voussoirs préassemblés sur le tronçon central



Pont de Luzancy

Détails faisant apparaître les ancrages des câbles de précontrainte transversale des hourdis supérieur et inférieur



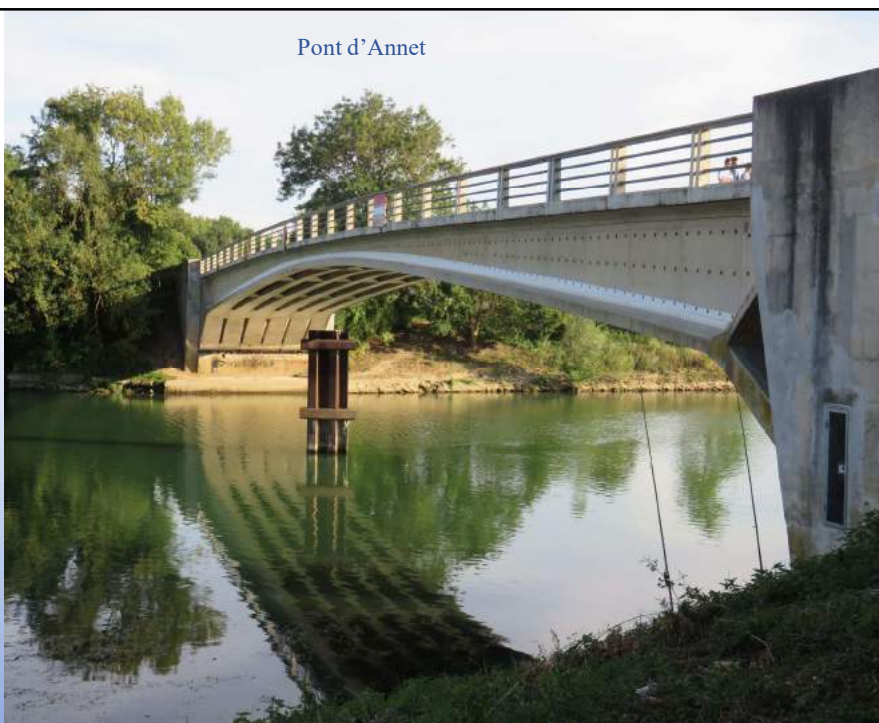


« Avec le pont de Luzancy, Eugène FREYSSINET a fait passer le béton du stade de la lourdeur, à celui de la légèreté, de la pureté, de la souplesse, de la finesse, de l'élégance, de la beauté ».
Le Pont de Luzancy est véritablement l'apothéose de l'œuvre d'Eugène FREYSSINET

Cinq autres ponts, quasiment identiques, dont la conception structurelle est semblable à celle de Luzancy, tous les cinq franchissant la Marne, vont être construits entre 1947 et 1951, respectivement à Annet, Esbly, Trilbardou, Ussy et Changis-Saint-Jean.

Eux aussi, malgré des portées plus importantes, puisqu'elles sont passées de 55 à 74 m, sont constitués de voussoirs dont la préfabrication est réalisée dans une même usine, située à Esbly. Chaque tablier est constitué de six arcs parallèles, formé chacun de 36 voussoirs (1080 voussoirs au total). Pré assemblés dès l'usine par groupe de six, pour former six tronçons de poutre ces éléments sont acheminés par voie fluviale sur des barges naviguant sur la Marne et mis en place à l'aide du transporteur à câbles déjà utilisé à Luzancy.

Pont d'Annet





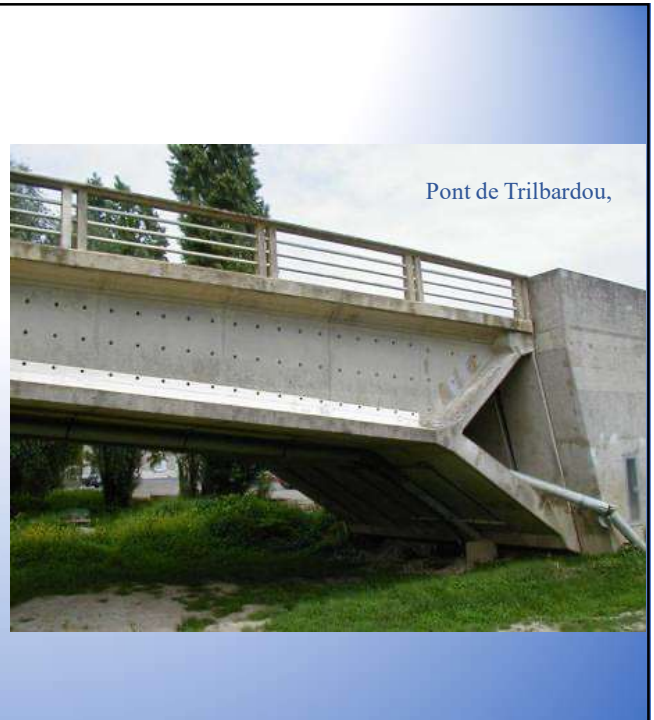
Pont d'Esbly



Pont d'Ussy



Pont de Changis-Saint-Jean



Pont de Trilbardou,

Outre ces ponts sur la Marne, durant cette période de l'après guerre, Eugène FREYSSINET participe, avec Campenon Bernard à la construction d'un grand nombre d'ouvrages, divers et variés, la plupart du temps, en béton précontraint, ainsi que de nombreux ponts à poutres précontraintes préfabriquées dans différentes régions françaises (Pyrénées orientales, Isère, Savoie, etc.) et même à Rio de Janeiro au Brésil.

Parmi ces ouvrages on peut noter :

En 1947, la Galerie d'Essais des Carènes à Toulouse.

Galerie tubulaire de 1.200 m de longueur, de section ovoïdale, de 12,00 m de largeur pour 8,00 m de hauteur, pour essayer les carènes d'hydravions.

Constituée de 24 tronçons de 50 m de longueur, précontraints transversalement par deux familles de câbles, une pour la partie supérieure, une pour la partie inférieure.

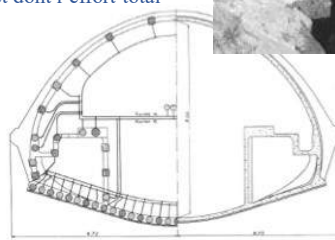
Les deux tronçons d'extrémité sont précontraints longitudinalement au moyen de câbles de post-tension avec ancrages à cônes sur la tranche d'about

Les 22 tronçons centraux sont précontraints longitudinalement par soixante-cinq vérins plats, judicieusement répartis sur toute la section du tube, et dont l'effort total de compression atteint 5.000 tonnes. Ces vingt-cinq vérins plats agissent simultanément dans les 23 joints intermédiaires, comprimant l'ensemble de la galerie, bloquée entre les deux tronçons d'extrémité qui servent de butées

En 1948, une galerie de section circulaire de 4,80 m de diamètre et 2.200 m de longueur à Montesson pour l'émissaire d'Achères, le revêtement intérieur du tunnel étant constitué de voussoirs préfabriqués mis en précontrainte au moyen de vérins



Galerie d'Essais des Carènes à Toulouse



Ci-contre, la position des vérins de précontrainte longitudinale des tronçons centraux

En 1948, trois réservoirs formés de cuves de 7.000 m³ de stockage d'eau pour la ville d'Orléans, qui seront suivis quelques années après de celui de la Porte des Lilas (200.000 m³) puis de L'Haÿ-les-Roses (240.000 m³) ces deux derniers pour la Ville de Paris

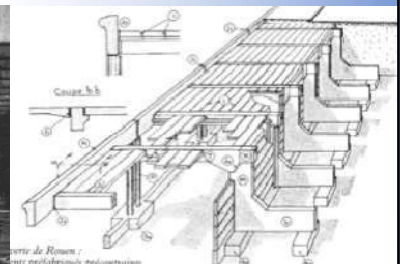
En 1949, la Tranchée couverte de Rouen, une sorte de pont de 1.800 m de longueur permettant de surélever le terrain le long de la Seine pour élargir la chaussée au dessus de la voie ferrée (portiques, poteaux, linteaux et plaques préfabriquées assemblés par précontrainte).



Chantier de préfabrication des éléments



Ouvrage en cours de construction



Appareillage des éléments préfabriqués

En 1950, le Phare de Berck, tour cylindrique de 38 m de hauteur et 5,60 m de diamètre formée d'éléments préfabriqués assemblés par une précontrainte verticale ancrée dans le massif de fondation et complétée par un frettage horizontal précontraint au moyen de cerces.

En 1950, un premier grand concours est lancé pour le franchissement de la Seine entre Le Havre et Rouen.

Eugène FREYSSINET, après des études très poussées, propose une solution très originale, qu'il nomme « pont à consoles », dont le tablier pouvait être soit en béton soit métallique et dont le prix serait diminué d'un tiers par rapport à un pont suspendu classique
(ce serait ce que l'on appelle aujourd'hui un « pont à haubans »)

A sa grande tristesse, sa proposition jugée trop originale, n'est pas retenue (à 71 ans, encore précurseur !)



... mais, revanche du sort, 24 ans plus tard, Jean MULLER, un de ses plus fidèles disciples conçoit et réalise le premier pont à haubans en béton en France, le magnifique Pont de Brotonne sur la Seine (26 km en amont de Tancarville)....

De 1950 à 1962, malgré ses 71 ans, Eugène FREYSSINET reste encore très actif au sein de Campenon Bernard et de la STUP

Parmi ses multiples interventions et les valeureux conseils qu'il a continué à prodiguer à ses collaborateurs, quatre interventions retiennent particulièrement notre attention : trois grands projets particulièrement emblématiques, dont il est véritablement l'auteur et qui portent son sceau, et une nouvelle « opération de sauvetage » tout à fait spectaculaire.

. les trois viaducs en arc de l'autoroute Caracas – La Guaira au Vénézuéla, entre 1950 et 1953

Cette autoroute devait franchir, trois vallées encaissées. Eugène FREYSSINET propose trois grands ponts en arc en béton de 150 m de portée à deux articulations. Inspiré du Pont de Plougastel, chaque arc est formé de trois caissons parallèles, coulés en trois parties, les parties latérales sur des cintres suspendus à des haubans, la partie centrale sur un cintre sous-bandé par des câbles et hissé depuis le fond de la vallée.

. la Basilique souterraine Saint Pie X à Lourdes en 1956,

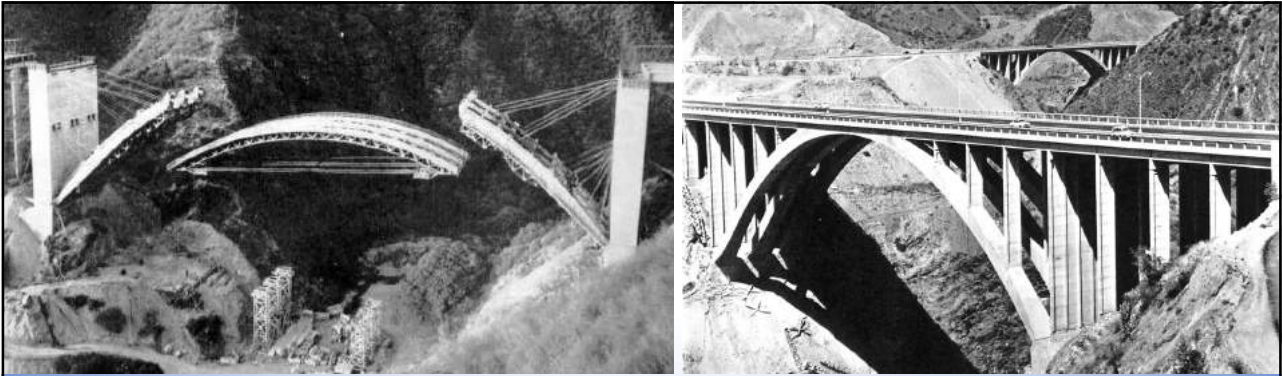
Pour répondre à un programme difficile (une surface elliptique de 200 m x 80 m, sans appui intermédiaire pour accueillir 20.000 pèlerins), Eugène FREYSSINET propose au groupe de trois architectes chargés du projet, un ensemble de 29 portiques à double béquille en béton précontraint inspirés des arcs du Pont de Luzancy sur la Mame, rayonnant en arête de poisson à partir de l'axe central de l'édifice.

. le Pont Saint Michel à Toulouse en 1960

Le projet prévoyait de remplacer un ancien pont de 7,50 m de largeur par un nouveau de 26 m, au même emplacement sans ne jamais interrompre la circulation sur l'ancien. Eugène FREYSSINET propose un nouveau tablier constitué de dix poutres continues parallèles, reliées deux à deux, pour former cinq portiques, ces portiques s'intercalant entre les arcs en fonte de l'ancien ouvrage

. l'extraordinaire aventure du sauvetage de la Station de radio d'Europe 1 du Feldsberg, près de Sarrelouis,

L'intervention d'Eugène FREYSSINET sur cette opération n'était initialement pas prévue, la STUP n'ayant été appelée par l'entreprise qui réalisait le chantier que plus tard pour mettre en œuvre une précontrainte non prévue au départ mais rajoutée pour simplifier le décoffrage



Les trois Ponts en arc de Caracas (Vénézuéla)

Eugène FREYSSINET avait initialement prévu de construire les amorces latérales des arcs en coulant en place des voussoirs en encorbellement à partir des deux culées, soutenus par des haubans (solution aujourd'hui utilisée couramment pour ce type de ponts en arc), ne réservant le cintre en bois sous tendu par des câbles, que pour la partie centrale. Jugée trop audacieuse par les autorités locales, il a retenu des cintres soutenus par des haubans pour les deux amorces latérales des arcs.



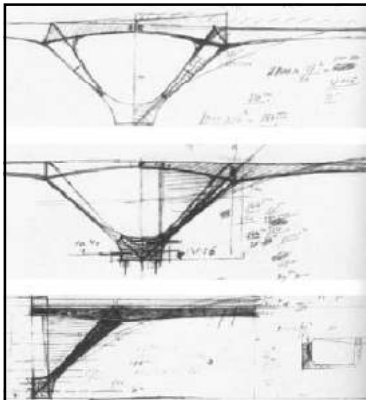
La Basilique souterraine Saint Pie X à Lourdes

Chaque béquille des 29 portiques comporte à l'avant un poteau fortement comprimé, et à l'arrière un tirant précontraint, s'appuyant sur une semelle par l'intermédiaire d'une articulation « Freyssinet ».

Réalisé dans une zone inondable difficile, à l'abri d'un immense rideau de palplanches et d'injections, en un délai très court, cet ouvrage remarquable surprend tous ceux qui y pénètrent par son caractère transcendantal.

Cette basilique, qui a reçu des centaines de milliers de pèlerins, fut inaugurée par Son Eminence le Cardinal RONCALLI, quelques mois seulement avant qu'il ne devienne Sa Sainteté le Pape Jean XXIII





Esquissées par Eugène FREYSSINET lui-même, ces portiques à double béquille sont d'une grande finesse et d'une extrême élégance (inauguré en mars 1962, 3 mois avant sa mort)

Ces portiques s'appuient sur les fondations des anciens appuis par l'intermédiaire d'articulations Freyssinet



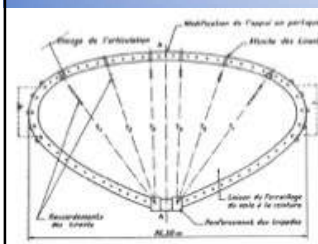
Ces cinq portiques formés de deux poutres chacun, s'intercalant entre les poutres en fonte de l'ancien pont, les cintres prenaient appui sur ces anciennes poutres en fonte, ce qui permit d'éviter tout appui en rivière durant les travaux



Le sauvetage en 1954 de la Station de radio d'Europe 1 du Feldsberg, près de Sarrelouis (Sarre)

Prévue initialement en béton armé, la ceinture rigide de cette coque de couverture en voile mince de 5 cm d'épaisseur, fut précontrainte à l'exécution pour faciliter son décentrement

Le voile s'étant déchiré dès les premières mises en tension des câbles de précontrainte, devant l'incompréhension des concepteurs, et des plus grands experts appelés en urgence, Eugène Freyssinet fut appelé en secours.



Après analyse de la situation, il expliqua la cause du sinistre et put y apporter un remède qui permit d'éviter la catastrophe





Eugène FREYSSINET s'éteint le 8 juin 1962, à l'âge de 83 ans, à Saint Martin de Vésubie, dans les Alpes Maritimes, quelques semaines seulement après avoir cessé son activité et quitté son bureau chez Campenon Bernard, en laissant à la postérité une œuvre aussi considérable qu'extraordinaire.

Et s'il n'est pas, bien sûr, possible de terminer cette présentation de sa vie et de son œuvre en citant tous ses nombreux collaborateurs, ses disciples, ou plus simplement ses élèves, ceux qu'il a véritablement « marqués » par son exemple, ceux à qui il a laissé une empreinte indélébile, nous ne pouvons pas, non plus, ne pas en évoquer les principaux, les plus proches :

outre les trois personnages dont nous avons déjà parlé et qui ont véritablement orienté son extraordinaire parcours,

François MERCIER

Claude LIMOUSIN

Edme CAMPENON

ils sont quelques uns plus particulièrement, à avoir été très proches d'Eugène FREYSSINET, au sein de l'Entreprise CAMPENON BERNARD ou de la STUP, dont on ne peut pas ne pas évoquer la mémoire, ne serait-ce qu'en citant quelques unes de leurs plus remarquables réalisations, notamment :

Yves GUYON,

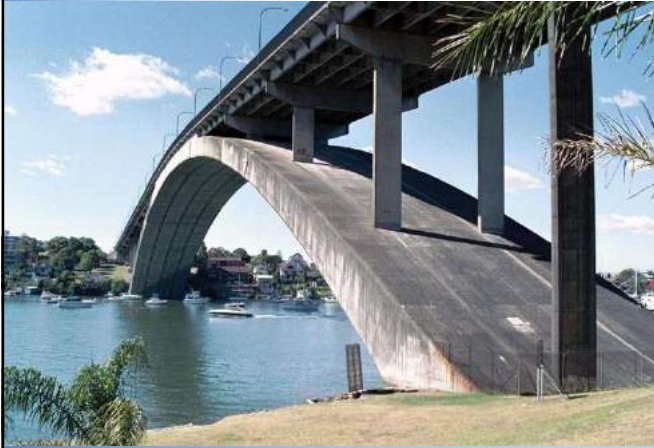
Pierre LABELLE

Jean CHAUDESAIGUES

Pierre XERCAVINS

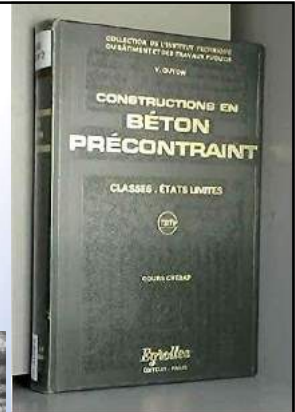
Jean MULLER

Yves GUYON
(X 22)



Pont de Gladesville sur le Paramatta à Sydney
arc de 305 m de portée en béton armé, sera terminé en 1964

Il eut aussi le mérite de transcrire les principes fondamentaux du Béton Précontraint en un remarquable ouvrage (quatre tomes), traduit en quatorze langues, qui constitua la « Bible du Béton Précontraint » (le livre de chevet de générations d'étudiants, futurs ingénieurs)



Siphon du Kunu en Inde en 1955

Pierre LEBELLE
(X 25)

Viaduc d'accès au Pont de Tancarville,...



Vue d'ensemble de l'ouvrage



Hissage d'une poutre à l'aide des deux potences

Jean CHAUDESAIGUES
(ECP 46)



Usine marémotrice de La Rance



Basilique Saint Pie X à Lourdes



Pont d'Esbly sur la Marne

Pierre XERCAVINS
(X 49)

Stade Olympique de Montréal,...



Stade Olympique de Montréal conçu par l'architecte français Roger Taillibert



Jean MULLER
(ECP 47)

Viaduc de Caracas, Viaduc d'Oléron, Pont de Brotonne,... qui fut aussi le pionnier qui introduisit la précontrainte aux États-Unis dès 1955, qui inventa le principe de la préfabrication à « joints conjugués », imagina les poutres de lancement pour la pose de ponts en encorbellement en voussoirs préfabriqués, mais aussi la pose à l'avancement de voussoirs préfabriqués et lança la préfabrication à l'échelle industrielle



« Mais le message d'Eugène FREYSSINET, certainement le plus grand constructeur de son siècle qui laissera à l'Histoire Mondiale de la Construction la marque d'une révolution décisive dans l'art de bâtir, n'est pas que technique, ce message est aussi éthique, ce qui transparaît dans ses propres propos :

« Comme tout homme qui poursuit un idéal, le constructeur aura besoin bien plus encore que d'imagination, d'intelligence ou de science, de qualités morales : probité, sincérité envers lui-même et envers les autres, ténacité, courage, foi en lui-même et en son œuvre, passion et fierté de sa tâche »,

Merci de votre attention