

Le Pont de Luzancy

sa place dans l'œuvre d'Eugène Freyssinet

Sa naissance : 1879, à Objat (Corrèze)
*le moulin de sa grand-mère
à 8 ans, installation à Paris
ses vacances à Objat*



Sa formation : proche des ouvriers et artisans

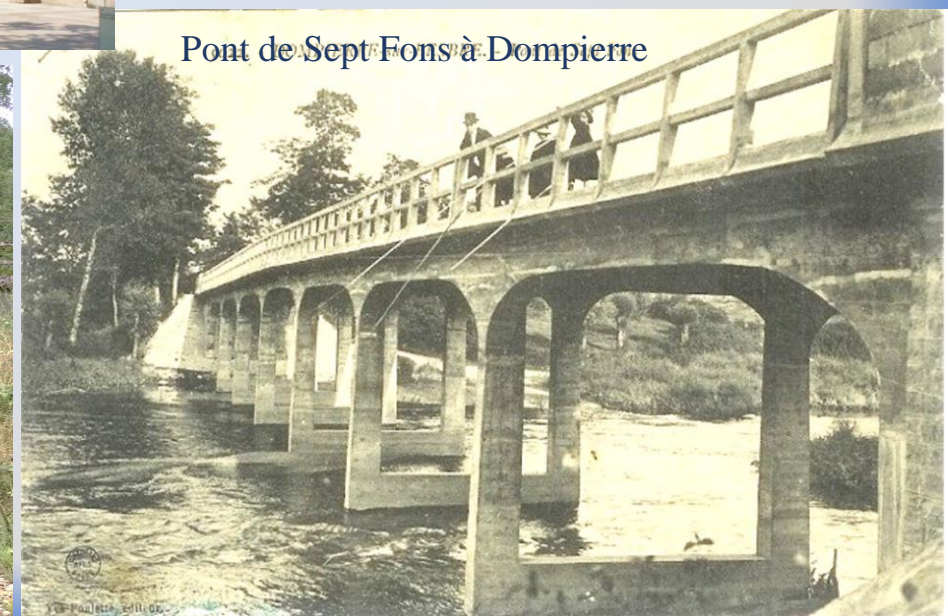
*« Je suis né constructeur » sa passion
Lycée Chaptal
le conservatoire des A. & M.
Ecole Polytechnique (en 1899)
Ecole des Ponts et Chaussées (en 1903)*



Son premier poste en 1905 : Moulins (Allier)
en 9 ans, plus d'une
vingtaine de ponts
en béton armé, ...



Pont de Saint Prix le
Moulin neuf



Pont de Sept-Fons à Dompierre



Pont du chemin de fer à Cusset



... parmi lesquels deux exceptionnels :

1907 : Pont de Prairéal (26 m de portée)
Invention du **décintrement de l'arc par vérinage à la clé** (procédé nouveau et révolutionnaire, aujourd'hui encore utilisé partout dans le monde)

1909 : Pont de Ferrières sur Sichon
pont en arc ferroviaire de 50 m de portée :
d'une grande beauté, il est encore en
parfait état aujourd'hui



et surtout :

L'aventure des trois Ponts sur l'Allier :
le Veudre, Boutiron et Châtel de Neuvre.

Ces trois ponts suspendus, traversant
l'Allier, datant des années 1850, avec tablier
en bois, très léger, fragile, notamment sous
les assauts du vent, n'étaient plus du tout
adapté aux nouveaux besoins, les
automobiles remplaçant peu à peu les
charrettes tractées par des chevaux

Pont Boutiron,
au sud du département, près de Vichy

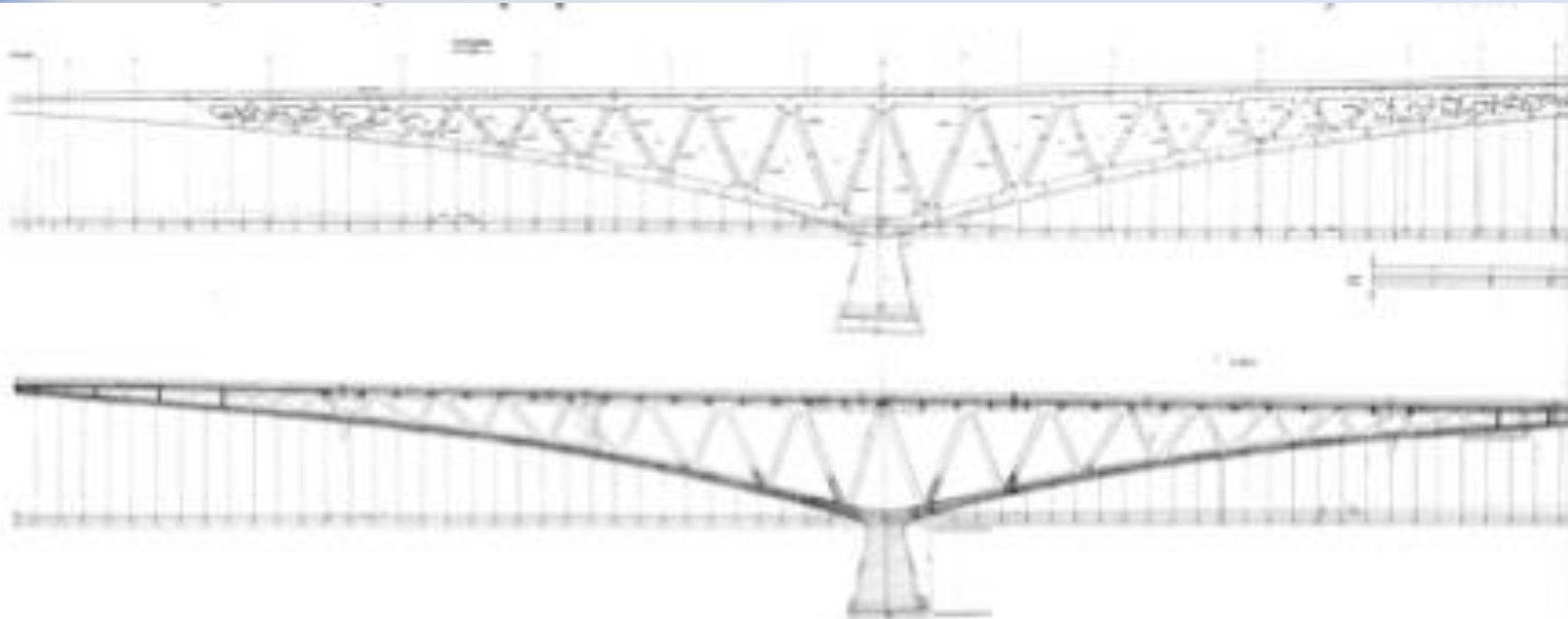


Pont du Veudre
au nord de Moulins



Cette aventure des trois Ponts sur l'Allier : Le Veudre, Boutiron et Châtel de Neuvre :
un « **extraordinaire défi** », véritable coup d'audace de son ami **François Mercier**,
entrepreneur et homme politique influent dans l'Allier
mais aussi la marque d'une confiance réciproque absolue
entre les deux hommes...
... après une rencontre épique et une association extraordinaire...

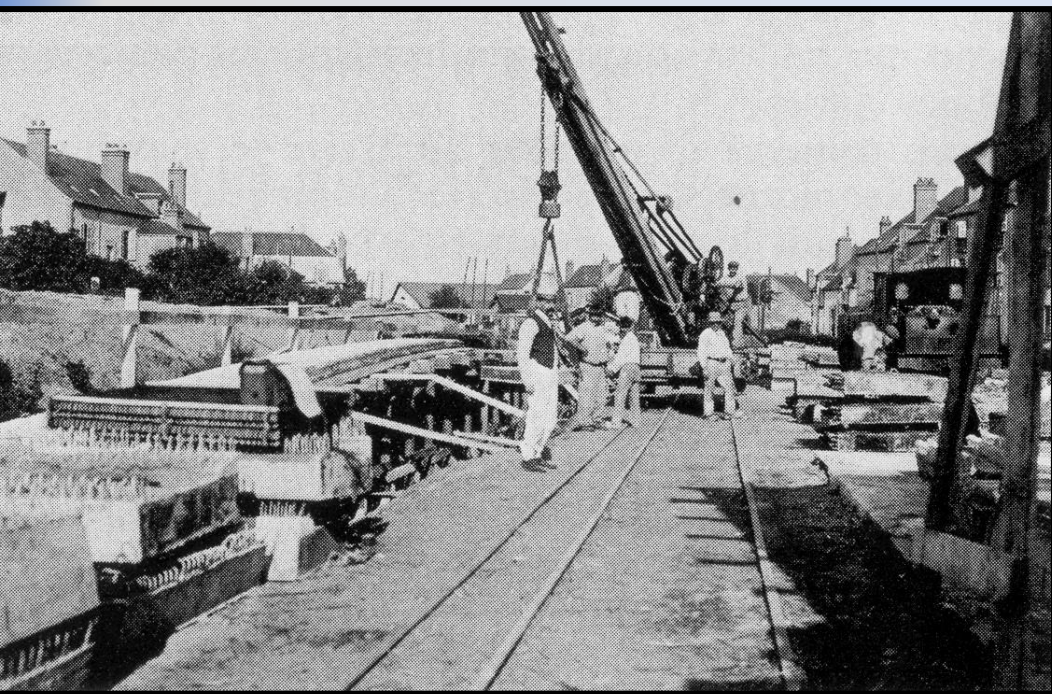
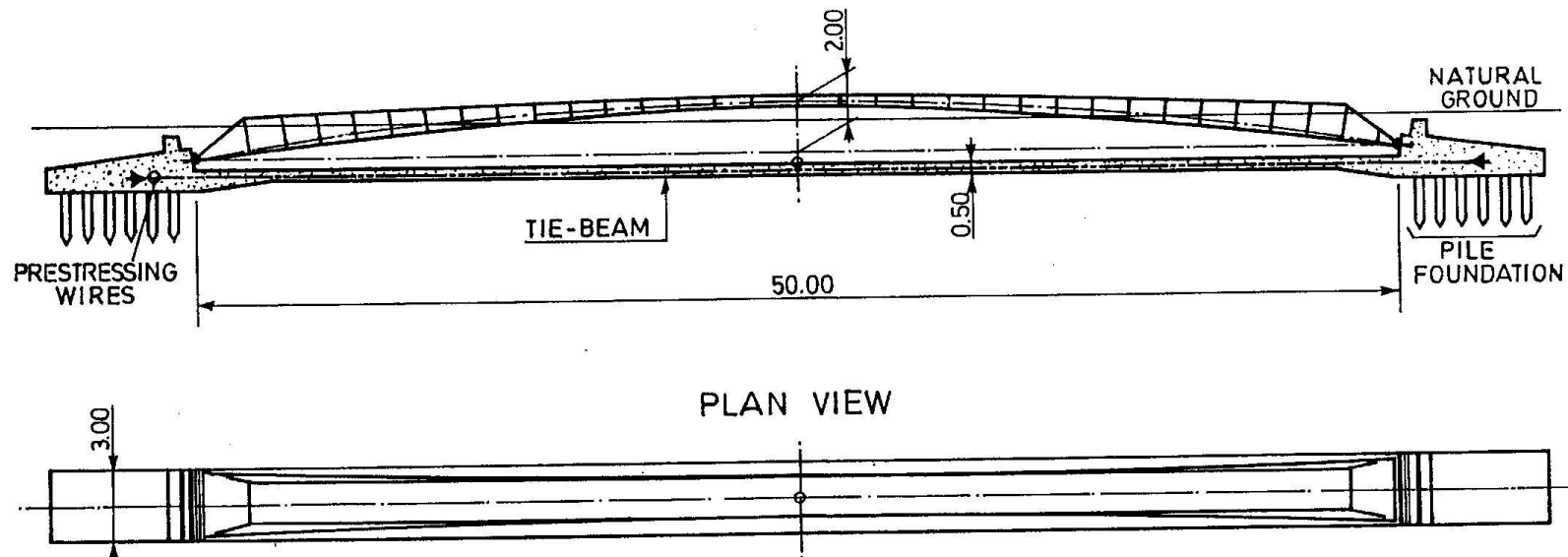
Esquisse du Pont Boutiron (70 m de portée)



François MERCIER

Le Pont du Veurdre et l'Arche d'Essai

50 m de portée, 2,00 m de flèche, ce qui lui confère un élancement du $1/25^{\text{ème}}$ un rayon moyen de 156 m, avec une largeur très réduite de 1,50 m à la clé pour 2,50 m à chaque naissance au droit des articulations. Un tirant en béton, de 3,00 m de largeur par 50 cm d'épaisseur, destiné à empêcher les culées de s'écarter, « précontraint » par un effort de 2.500 tonnes exercé par des fils d'acier de 10 mm



Chantier de construction de l'Arche



L'Arche d'essai, aujourd'hui



*Le nouveau
Pont du Veurdre
à côté de l'ancien,
non encore démolì*

Essais de décintrement de l'arche concluants, le chantier du pont peut commencer en 1908.

C'est aussi à l'occasion de ces ouvrages qu'il invente les fameuses « **articulations Freyssinet** » à noyau de béton fretté avec doubles frettes hélicoïdales, maintes fois utilisées par la suite...

Derniers bétonnages des voûtes
au printemps 1910

Les essais de chargement durant l'été 1910 furent un triomphe, même si ce succès généra quelques déceptions chez certains...

Mais,... quelques mois après la mise en service du pont, les trois arcs s'affaissaient. Au printemps 1913 le niveau des clefs était descendu de 13 cm, conséquence du phénomène, méconnu jusqu'alors, de la déformation différée des bétons sous charge.

Pour sauver l'ouvrage, Eugène Freyssinet va utiliser les vérins de décintrement pour exercer une poussée horizontale en clef de voûte, écarter les deux moitiés de l'arc et ainsi les ramener progressivement puis définitivement à leur position initiale.

Ce sauvetage est déterminant dans la réflexion d'Eugène Freyssinet sur la possibilité d'obtenir une compression permanente du béton malgré ce « **fluage** ». Il faudra néanmoins attendre 1928 pour qu'il dépose sa demande de brevet sur le béton précontraint.

Le Pont Boutiron

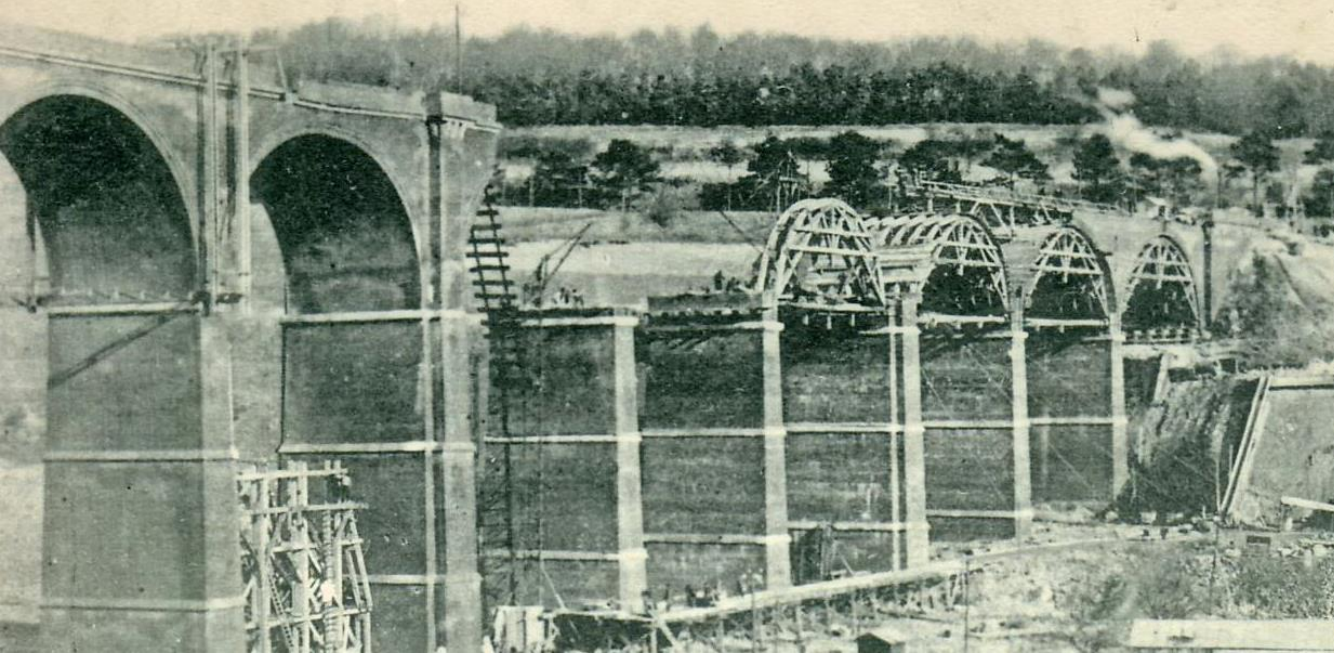
Un incident remarquable durant le chantier qui va marquer Eugène Freyssinet, la crue exceptionnelle de l'Allier qui a emporté une partie du cintre..., et son rattrapage.



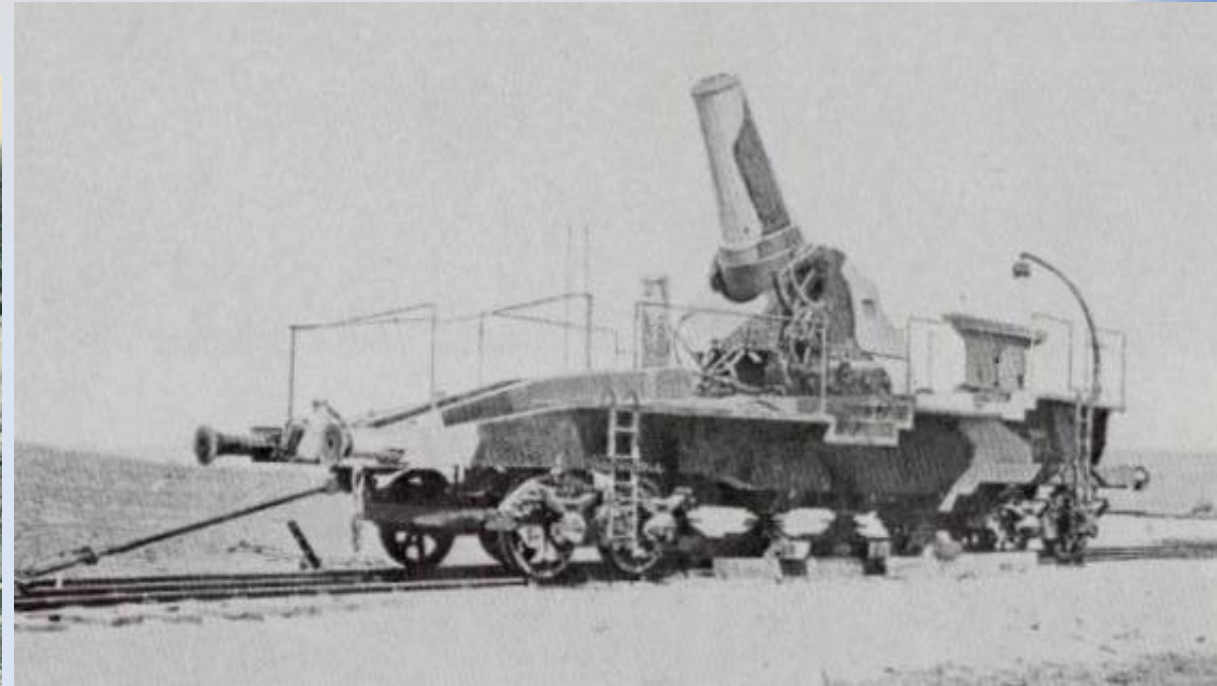
Aujourd'hui encore en parfait état,
en passe d'être classé
« Monument Historique »



En 1914, François Mercier s'associe à Claude Limousin (*camarade de promotion d'Eugène Freyssinet à l'ENPC*)
C'est alors qu'éclate la Grande Guerre, mobilisation d'Eugène Freyssinet, qui dès janvier 1916 est mis à la disposition de l'entreprise Mercier-Limousin pour aider aux « efforts de guerre ».



Réparation du Viaduc de Poix près d'Amiens



C'est ainsi qu'il est amené à réaliser des « affûts de canon » en béton armé, monté sur rails, l'acier étant réservé pour les armes

Hangars pour avions sur la base d'Istres





Usine Schneider au Creusot
poutre rail pour pont roulant de 100 t



Les Aciéries de Caen
Vue d'ensemble

Durant ces deux années de guerre, 1916 – 1918, Eugène Freyssinet et l'Entreprise Mercier – Limousin travaillent beaucoup pour la constructions d'usines et d'entrepôts, principalement destinés à l'industrie de l'armement et aux stockages des armes et des munitions...

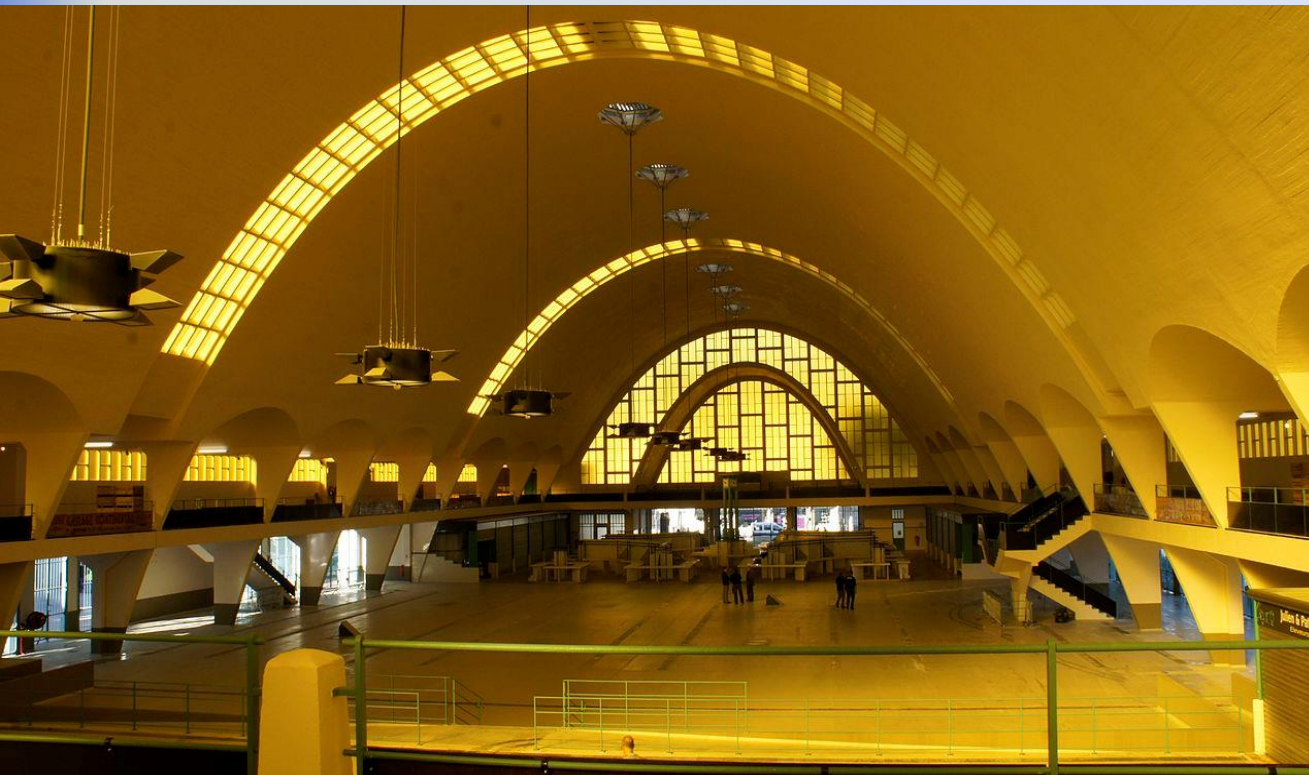


Manufacture d'armes de Saint Etienne

Dès la fin de la Guerre, en 1918, ayant quitté l'Administration, il intègre l'Entreprise Limousin, avec laquelle il va réaliser de grandes couvertures en voutes pour de nombreuses usines, ateliers, halles ou gares



Comme l'usine des radiateurs de Dammarie-les-Lys ou l'atelier des Chemins de fer de Bagnaux

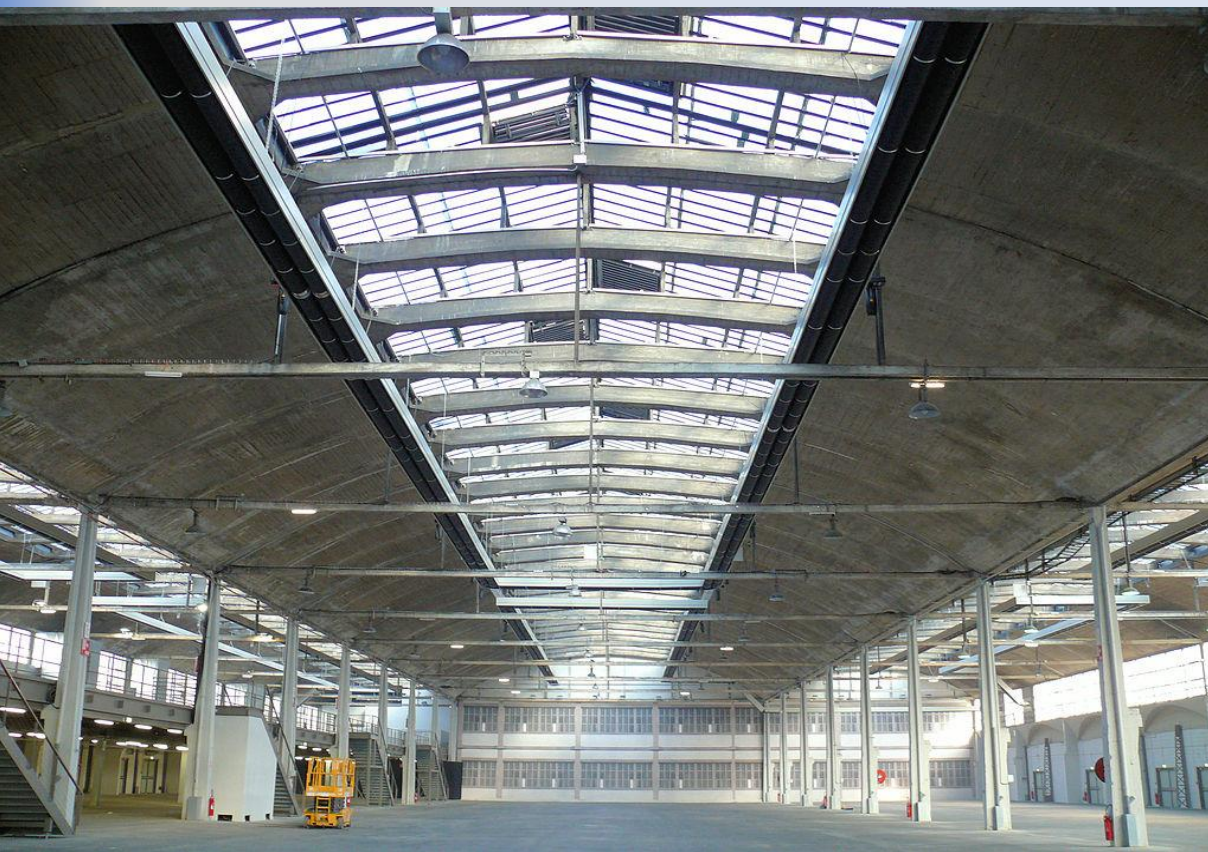


Les Halles du Boulingrin à Reims en 1928



... mais aussi des chevalements de mines, comme celui de Noyant

... et encore ,
les fameuses Messageries de la Gare d'Austerlitz
à Paris, en 1928



aujourd'hui classées monument historique et devenues la Station F
plus grande pépinière européenne hébergeant de jeunes start-ups



Ainsi que de très beaux et grands ponts en arc en béton armé



le **Pont de Villeneuve sur Lot**, commencé en 1912, terminé en 1919, qui avec 96 m de portée détient alors le nouveau record du Monde

L'élégant **Pont de Tonneins** sur la Garonne en 1922, cinq arches de 46 m de portée surmontées d'autres arches de décharge, toujours en service aujourd'hui



le pont bow-string de **Saint-Pierre-de-Vauvray**, sur la Seine, en 1923, nouveau record du Monde avec 131 m de portée



Les exceptionnels hangars à dirigeables d'Orly : en 1920, un concours est lancé... Eugène Freyssinet et Limousin proposent deux voûtes paraboliques de 90 m de portée, 60 m de hauteur et 300 m de longueur chacune, chaque voûte étant formée de 40 nervures de section en V de 7,40 m de largeur, coulée sur un cintre en bois formé de trois parties, déplaçable longitudinalement

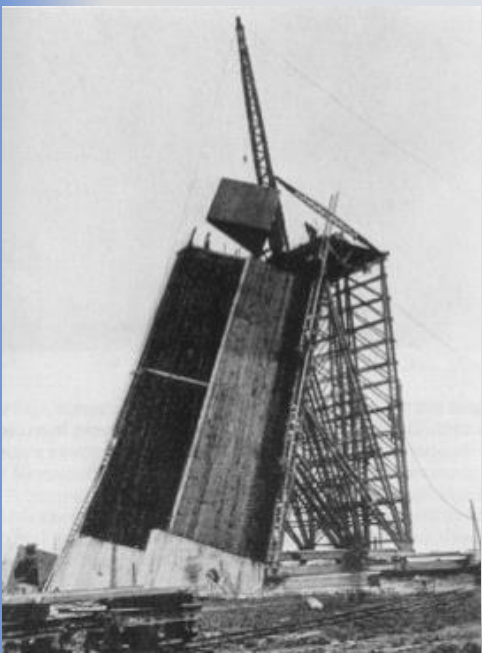
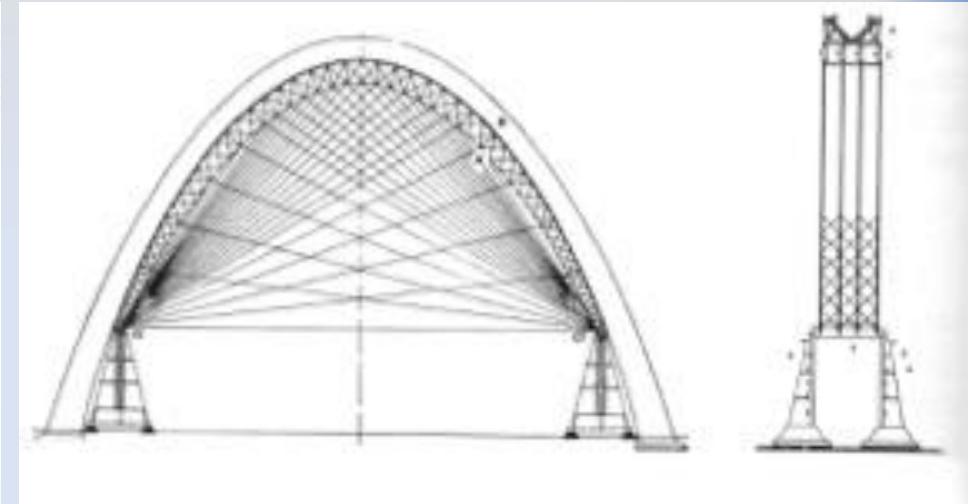
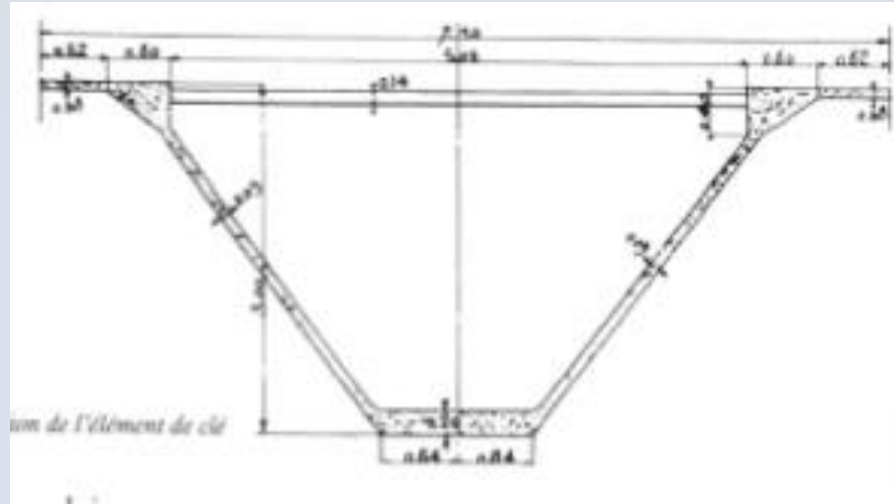
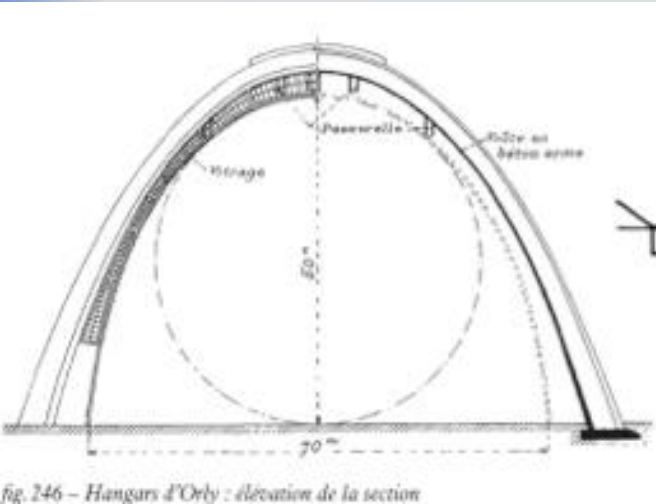
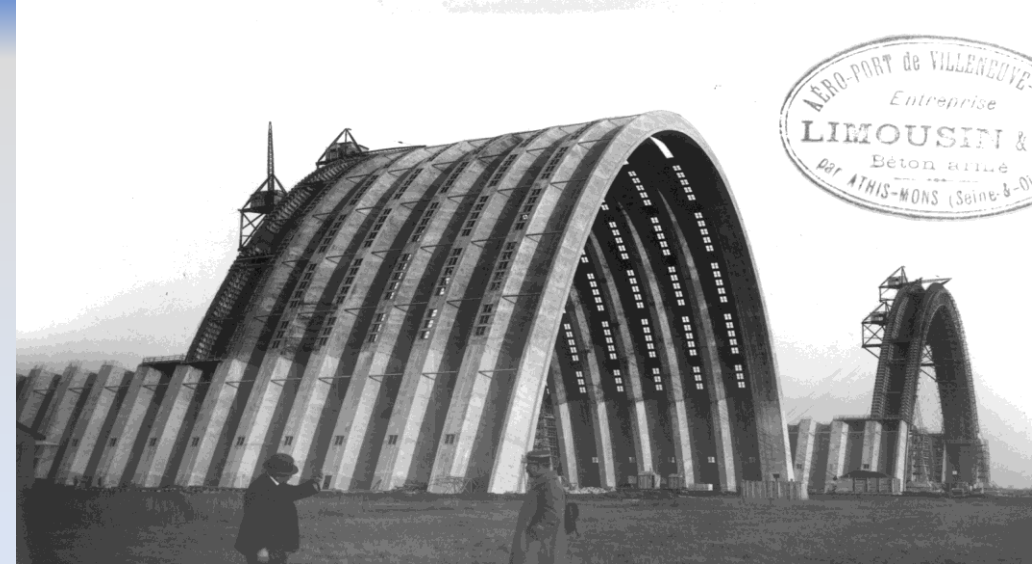
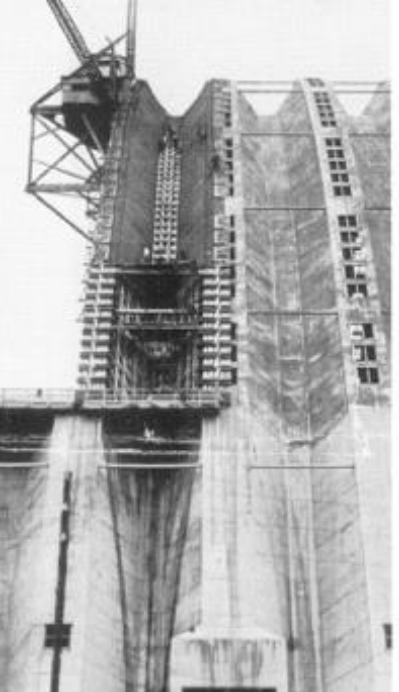


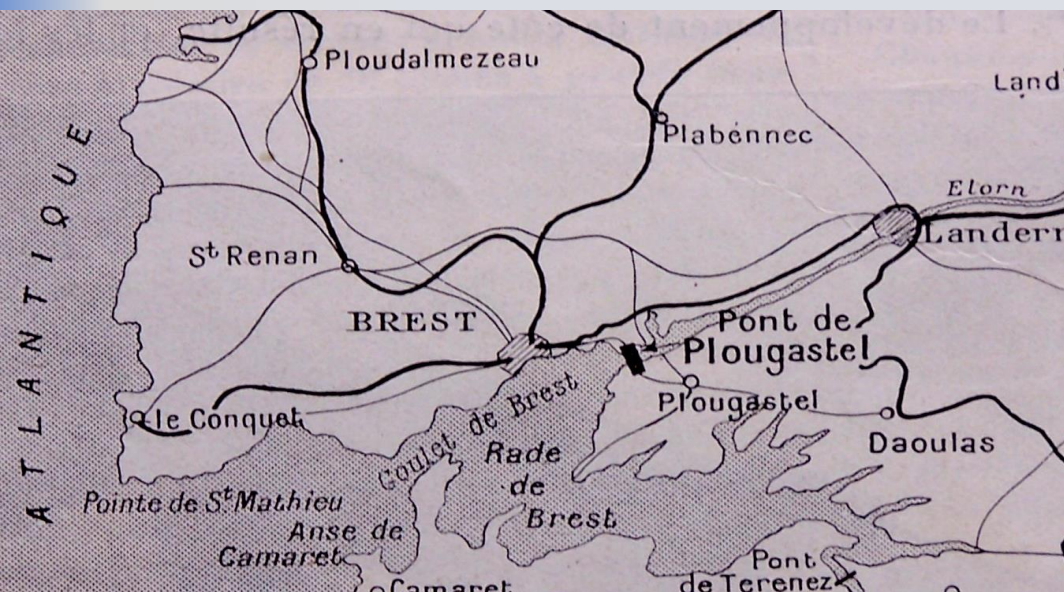
fig. 246 - Hangars d'Orly : élévation de la section



Bien que leur dessin ait été dicté principalement par des considérations techniques et technologiques (résistance de la structure, économie des matériaux, méthodes de construction), le résultat obtenu fut époustouflant : Nul visiteur, en pénétrant dans cette immense nef aux dimensions impressionnantes, ne put ne pas être interpellé par cette sensation d'équilibre, d'harmonie, d'ordre et de beauté, et ressentir ce que l'on ressent devant une œuvre d'art parfaitement réussie.



En 1924 concours pour le franchissement de l'Elorn, au fond de la rade de Brest :
C'est l'aventure du Pont Albert Louppe



- six véritables « prouesses » :
- 3 travées de portée : 186,40 m
 - tablier supérieur à double niveau
 - fondations des appuis en rivière
 - construction des amorces des arcs
 - un « téléphérique » spécial
 - le cintre en bois et son transfert

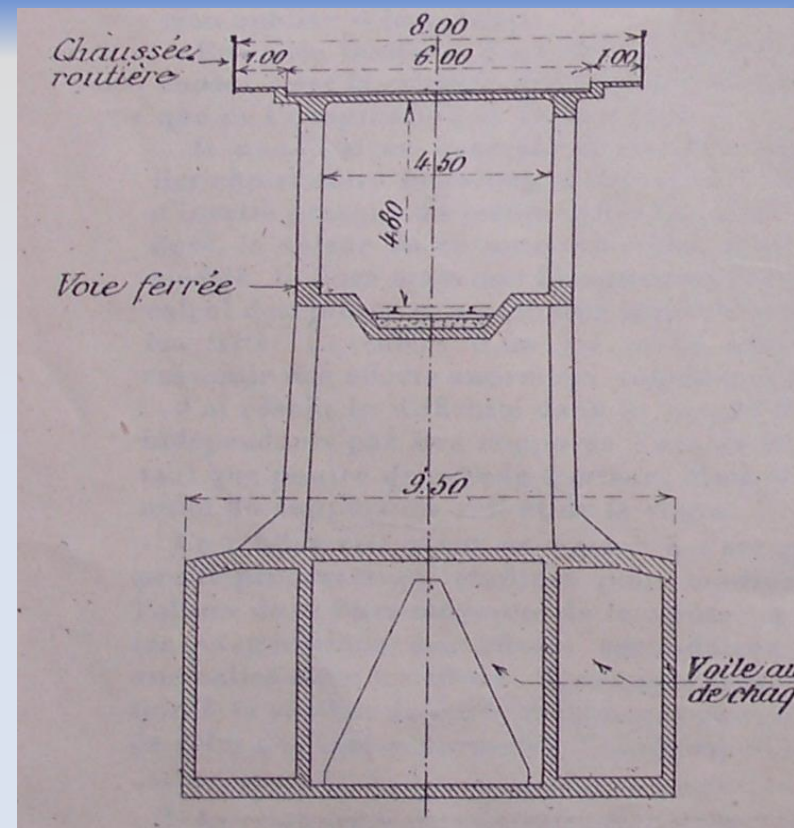
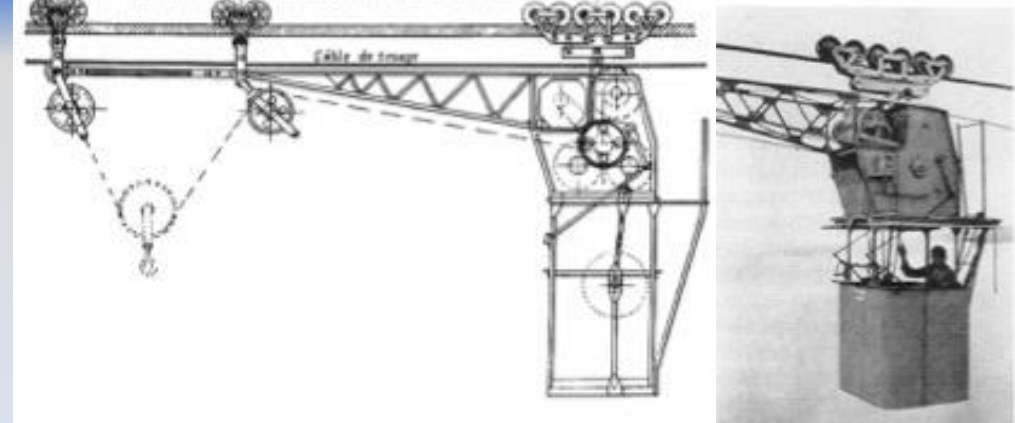
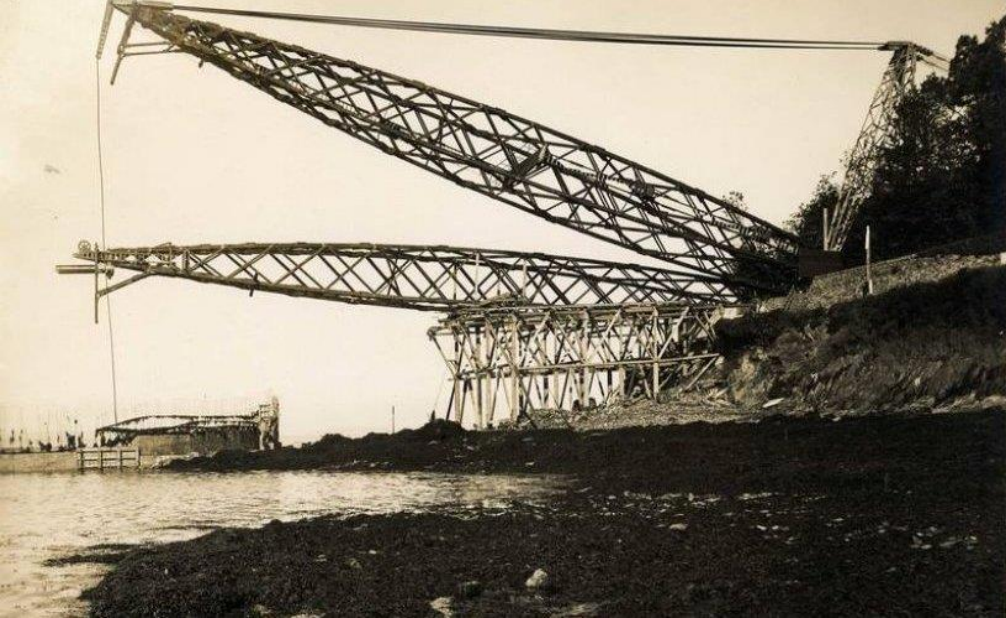
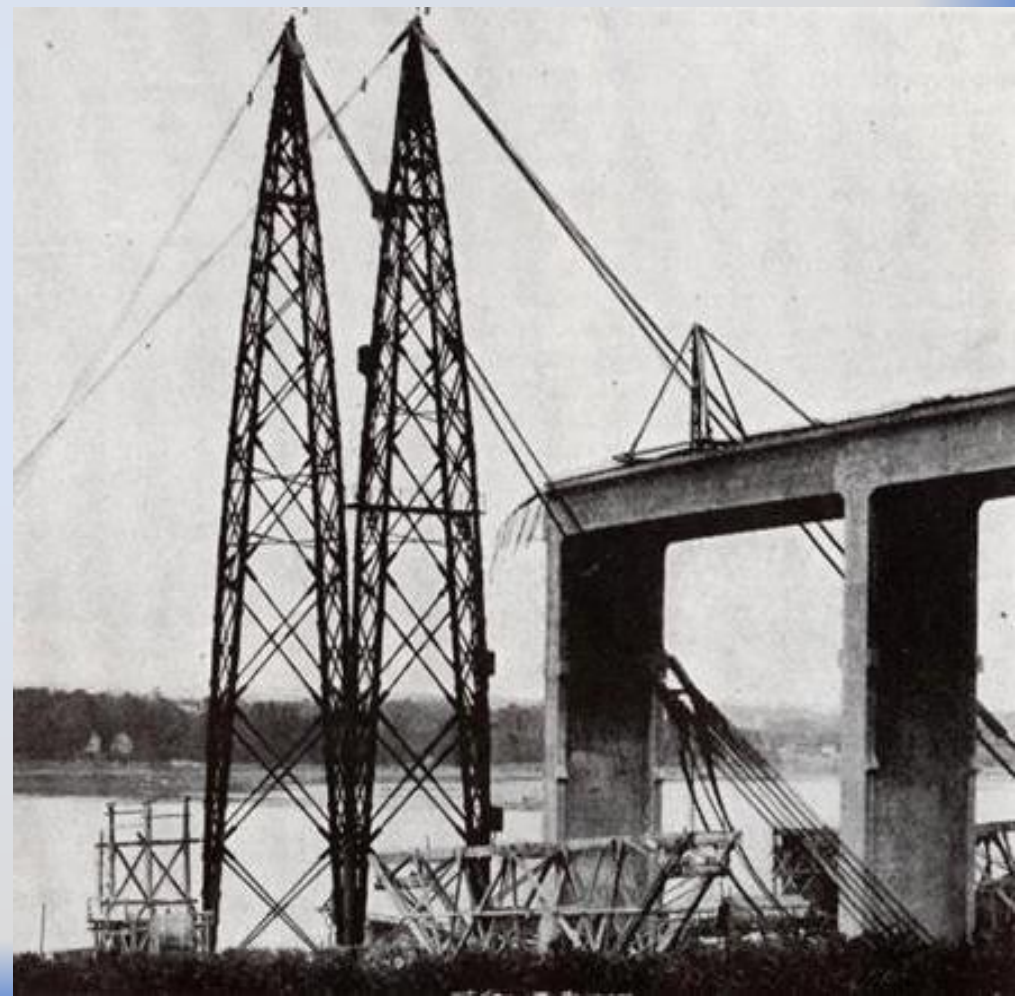
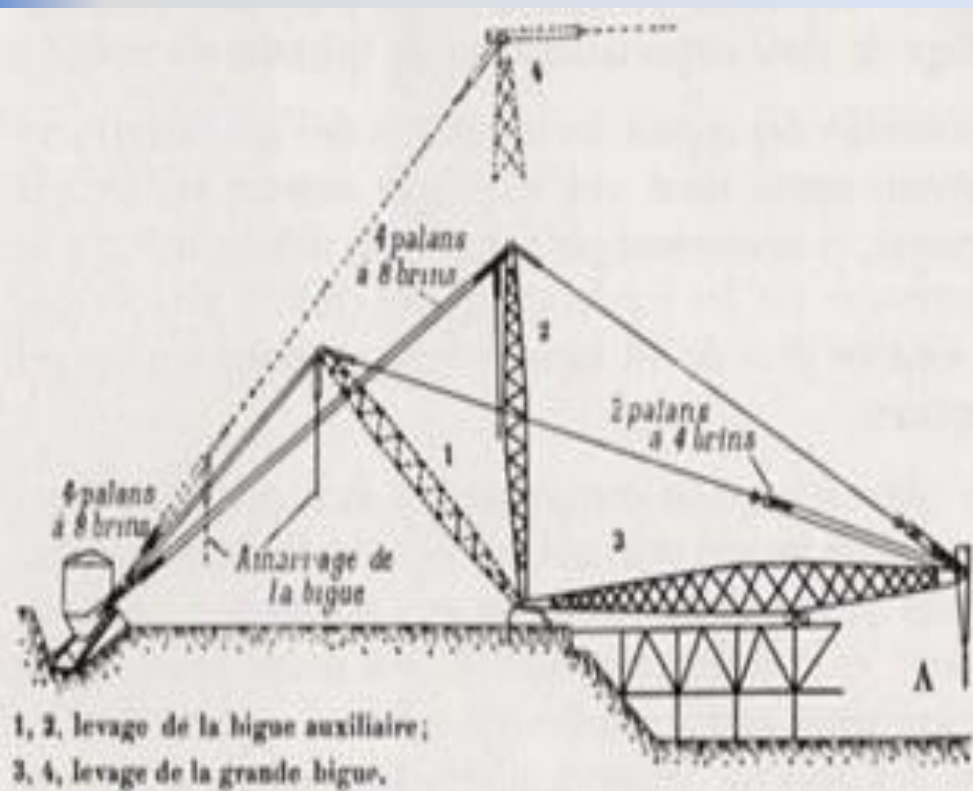
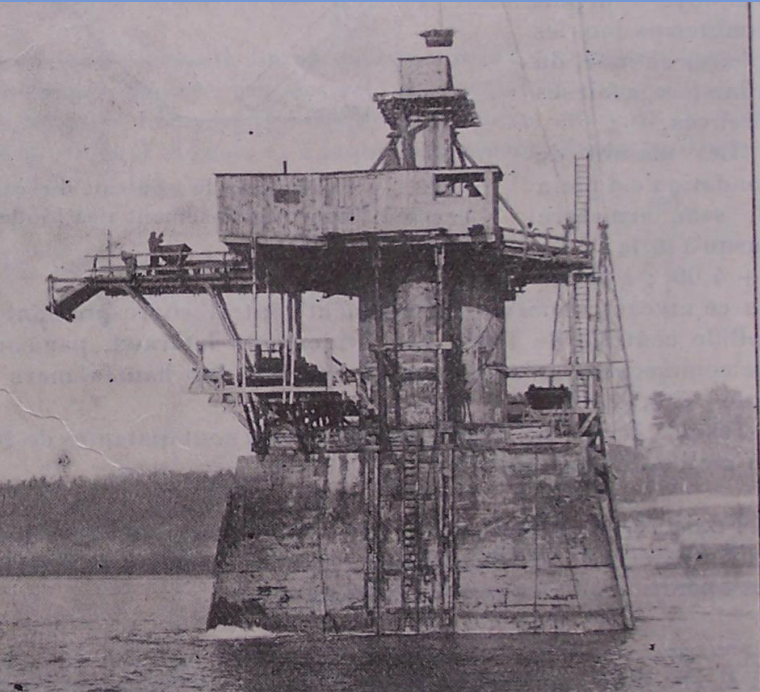


FIG. 3. — Élévation d'ensemble du pont sur l'Elorn (A, Basse du Prince russe).



Un double blondin de 630 m de portée, appuyé sur des mâts de 55 m de hauteur en bois cloué, capable de porter une charge de 2 tonnes chacun avec une nacelle, soit 4 tonnes pour l'ensemble





Caisson pour réaliser les fondations en rivière



Amorces des arcs en encorbellement



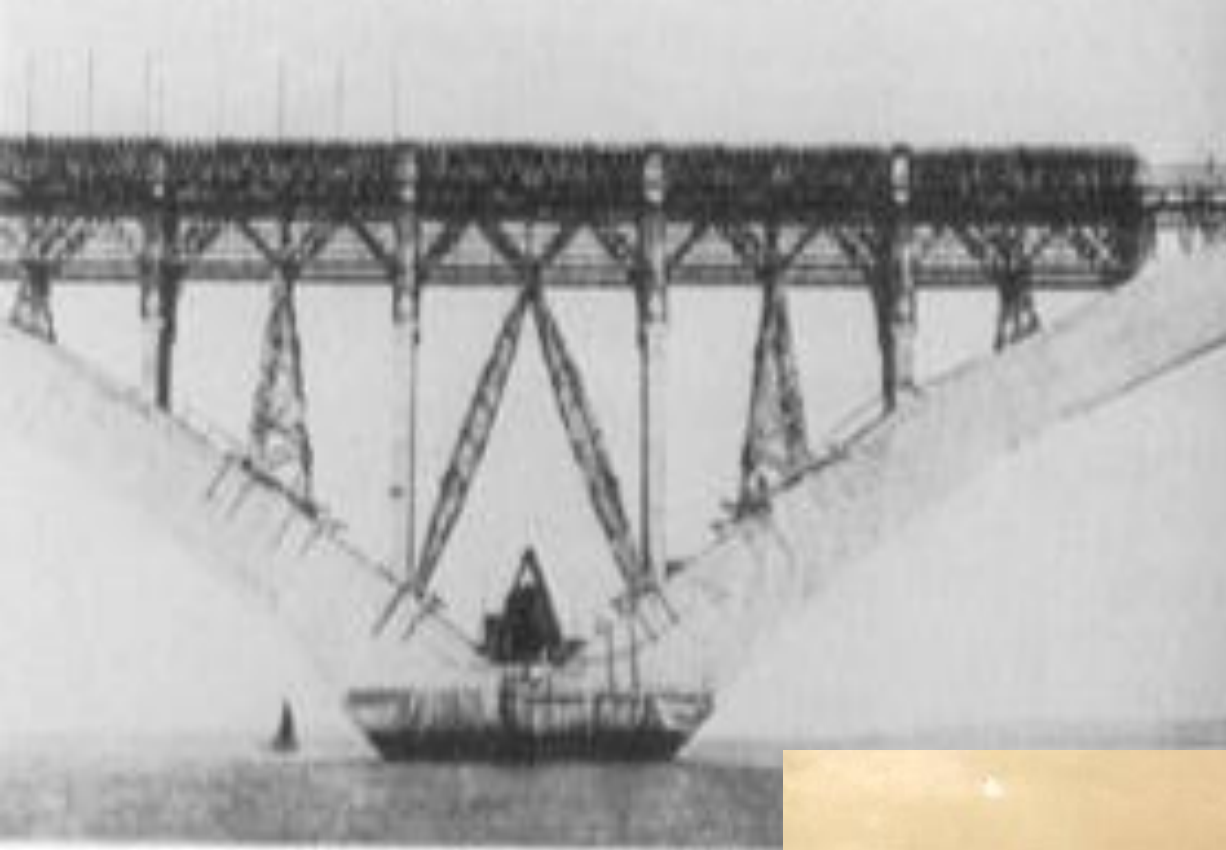
Cintre en bois construit à terre



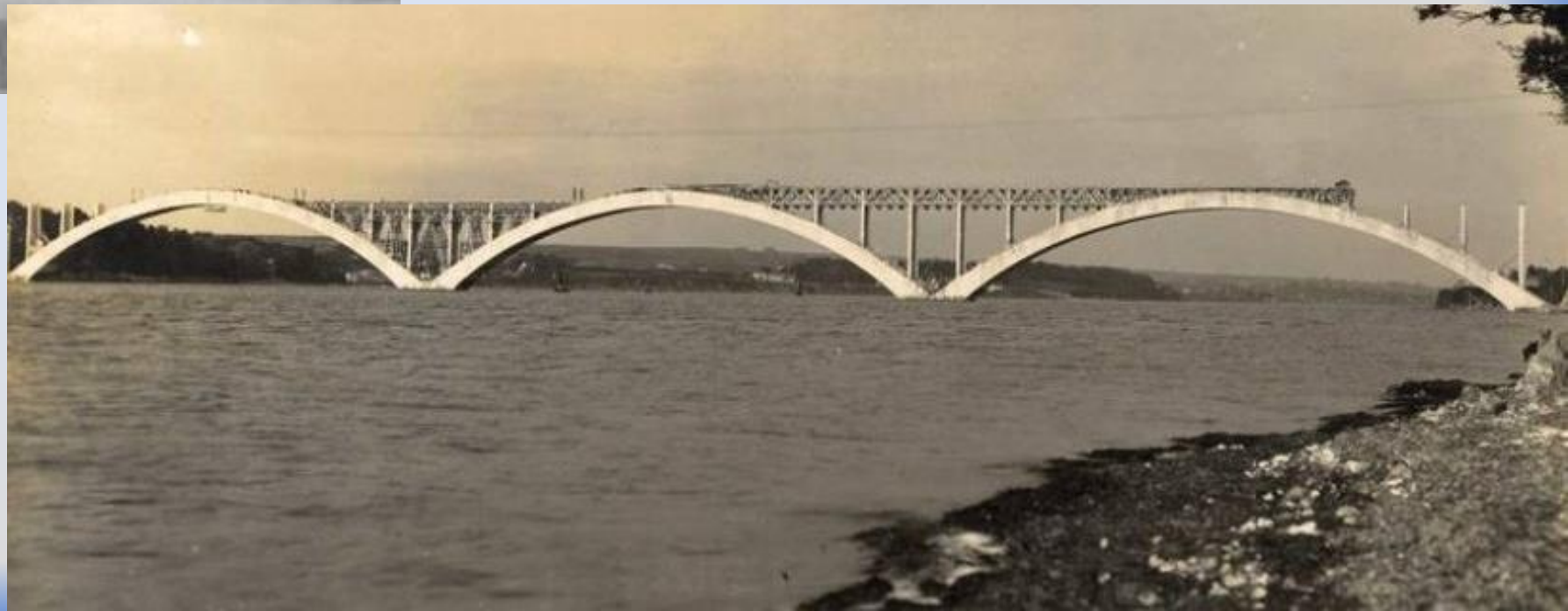
Cintre en place et coulage par plots de la 1^{ère} arche

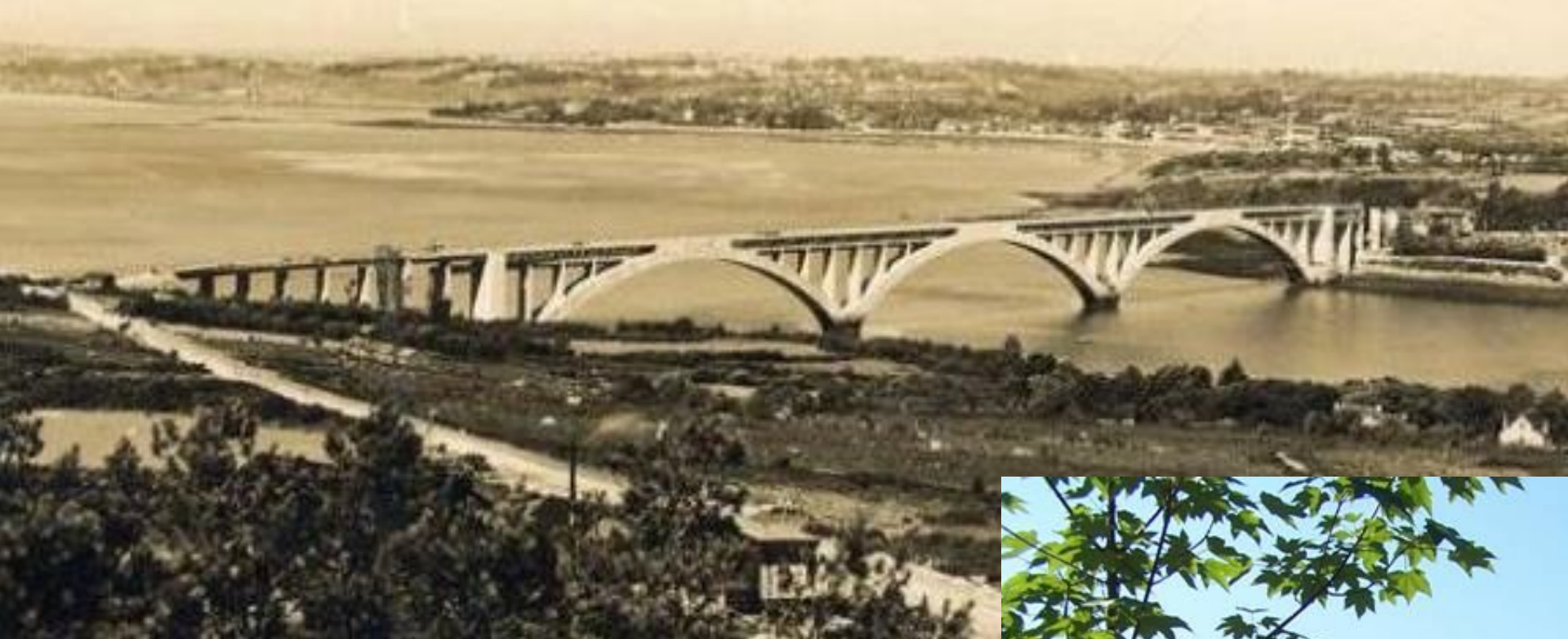


Déplacement du cintre de la 1^{ère} travée vers la 2^{ème} travée par flotaison sur ses barges



Réalisation du tablier supérieur, travée par travée, sur cintres et palées en bois cloués, ce tablier en béton armé étant constitué de deux hourdis, un supérieur et un inférieur reliés par des âmes latérales en treillis.





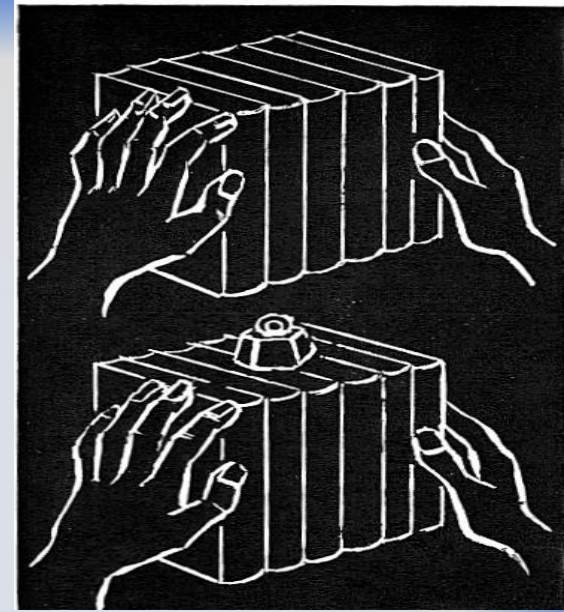
Inauguré le 9 octobre 1930 par le Président de la République, Monsieur Gaston Doumergue, il détient pendant plus de 30 ans le record du monde de portée des ponts en arc en béton armé.

Le Pont Albert Louppe
aujourd'hui, en 2024

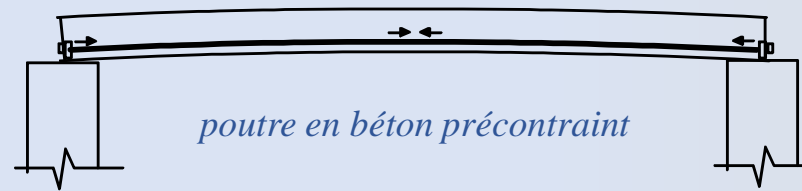
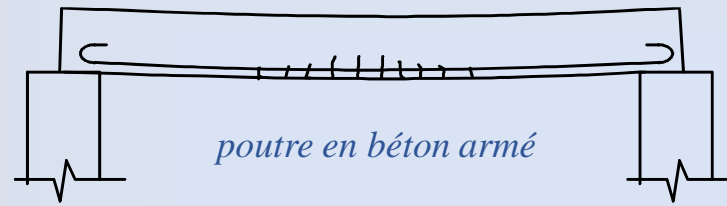


Malgré ses succès en béton armé, ses propres records du monde, sa gloire et sa notoriété, c'est vers un autre matériau, qu'Eugène FREYSSINET va désormais se tourner et auquel il va consacrer toute sa carrière et tout le restant de sa vie..... : le béton précontraint

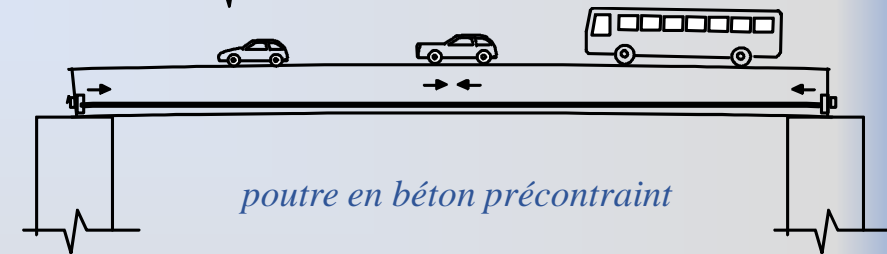
Le principe est simple :



Le 2 octobre 1928, il dépose son premier **brevet sur la Précontrainte**



Le comportement en flexion d'une poutre en béton n'est pas le même selon que l'armature est « passive » (béton armé) ou « active » (béton précontraint)



Mais son patron et ami, Claude Limousin ne croit pas en la Précontrainte, alors Eugène Freyssinet quitte l'entreprise Limousin et 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 22 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 1844 modifiée par la loi du 7 avril 1902.]

La présente invention a pour objet une méthode de fabrication de pièces ou éléments en béton armé moulés d'avance et destinés à n'être employés ou mis en place qu'après leur prise et leur durcissement, tels que poteaux, poutres, formes, traverses de chemin de fer, caniveaux, clôtures, panneaux, 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 seul utilisé.

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 efforts de flexion, ce qui, à résistance 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 représentatif, à raison de son prix, la matière première la plus onéreuse,

Dans ce but, les armatures sont tendues au moyen de tout dispositif convenable dans le moule de façon, non seulement à les raidir, mais encore à les y soumettre à un effort de traction plus ou moins important, mais qui pourra être poussé plus loin, en vue de leur donner une tension initiale qui sera généralement d'un ordre tel, qu'elle correspondra à un allongement élastique important du métal.

Les armatures ainsi tendues, sont de préférence pourvues de dispositifs d'ancrage destinés à transmettre au béton après prise, les efforts de tension initiale auxquels sont soumises, de telle sorte qu'après démoulage, les dispositifs de tension étant relâchés, le métal reste tendu dans le béton qui sera, par là même, mis en état de compression permanente. L'ensemble de la pièce armée obtenue sera donc composé d'un bloc dans lequel, avant tout effort de charge ou de surcharge, tout ou partie du métal travaille déjà à la traction et le béton à la compression.

La description qui va suivre, en regard du dessin annexé, donné à titre d'exemple, fera bien comprendre de quelle manière l'invention peut être réalisée.

La fig. 1 est le schéma d'une installation de moulage d'un bloc parallélépipédique, 60

Prix du fascicule : 5 francs.

Eugène Freyssinet saisit une opportunité : la nouvelle « Energie électrique » se développe de façon très importante

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 métalliques coûteux, et l'acier est plutôt réservé à l'industrie en plein développement

Poteaux en béton armé commencent mais peu satisfaisants

Marché donc potentiellement très important.

Seul, il se lance dans l'aventure des **poteaux en béton précontraint** et trouve un partenaire avec La Forclum

Problème très 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

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

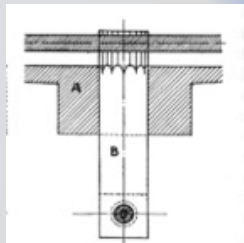
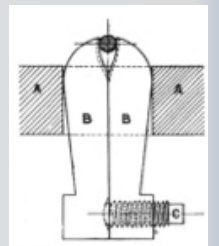
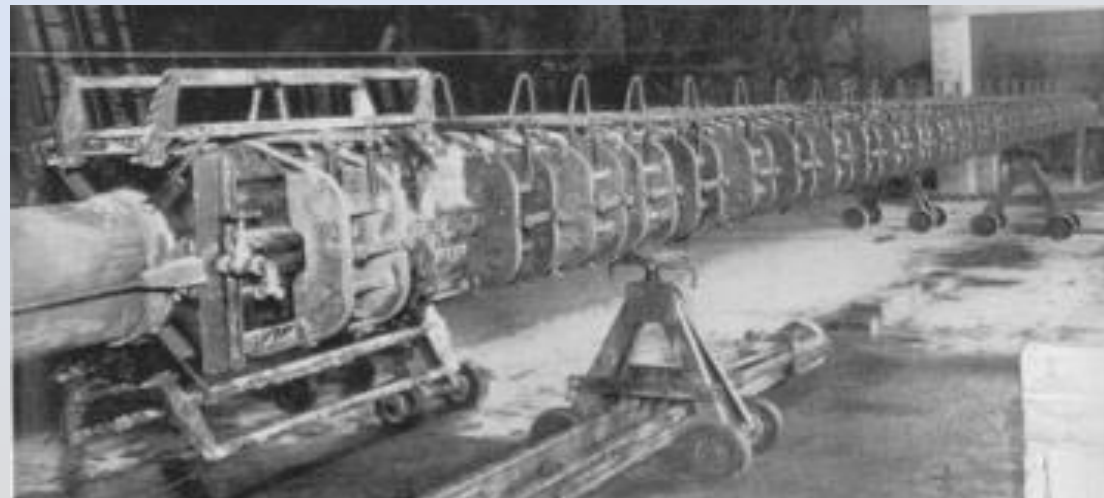
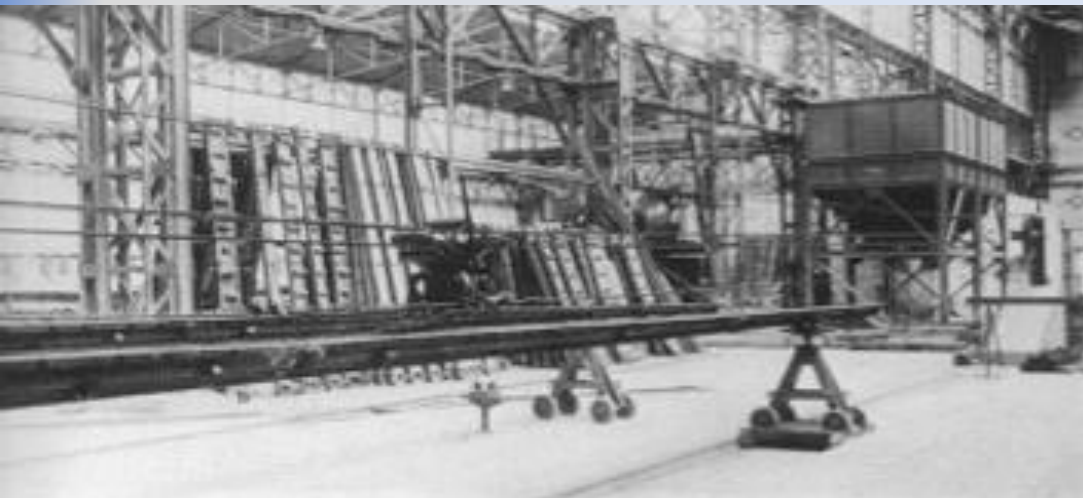
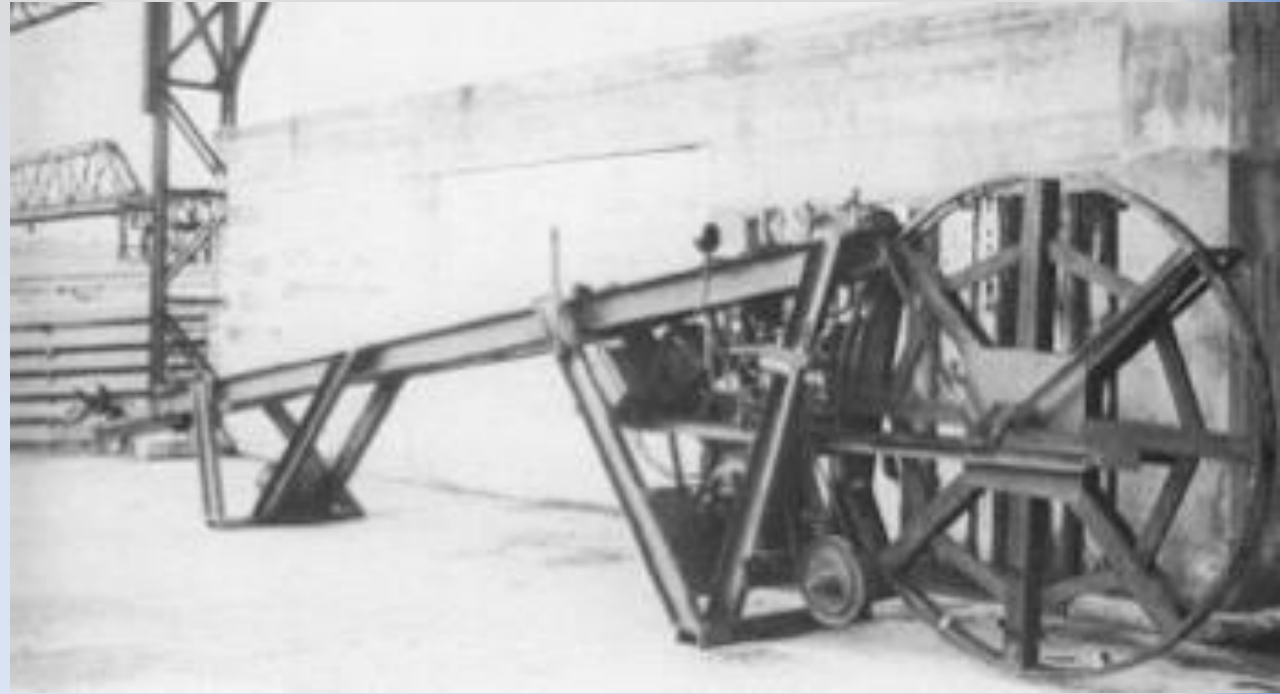
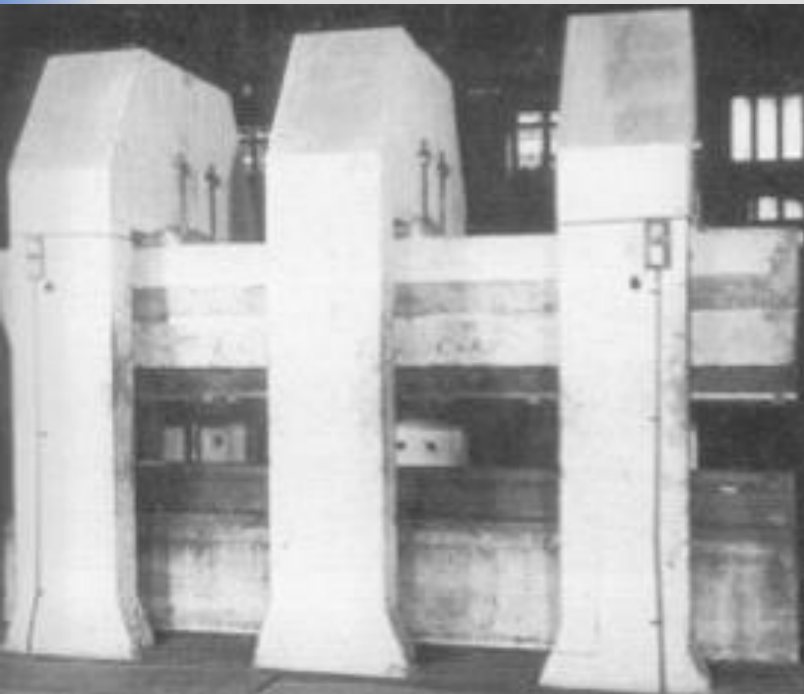
Mise à disposition immédiate d'une ancienne usine désaffectée à Montargis

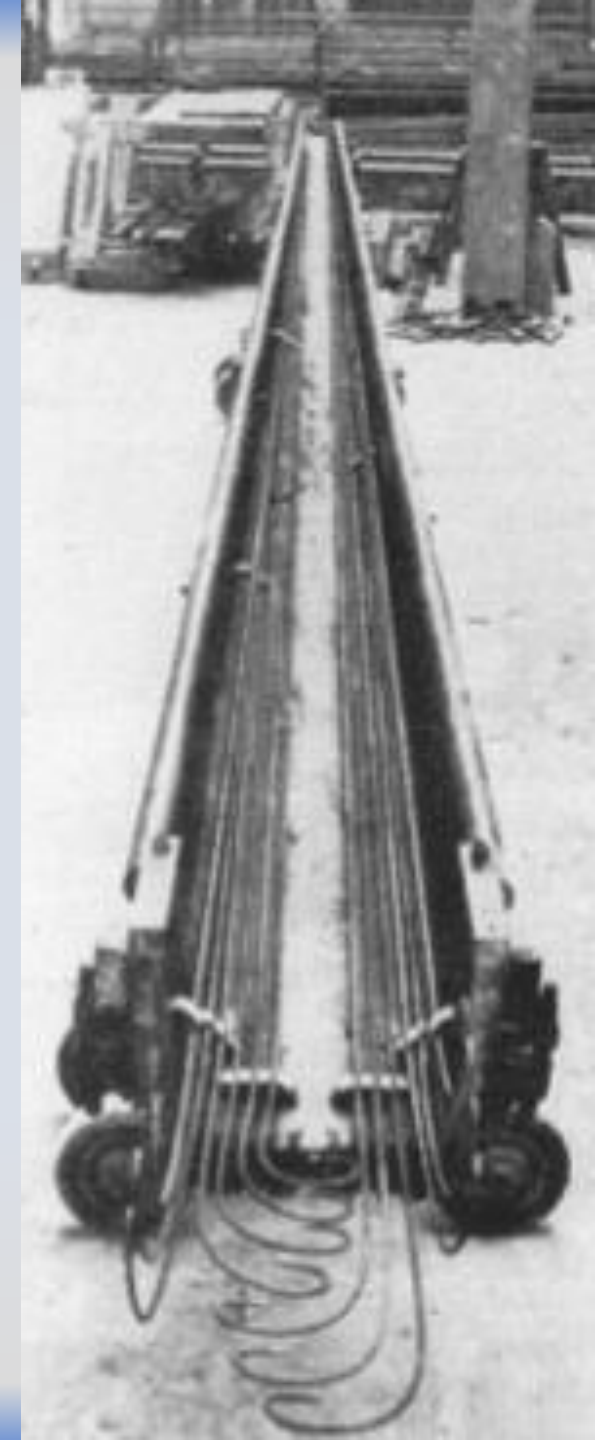
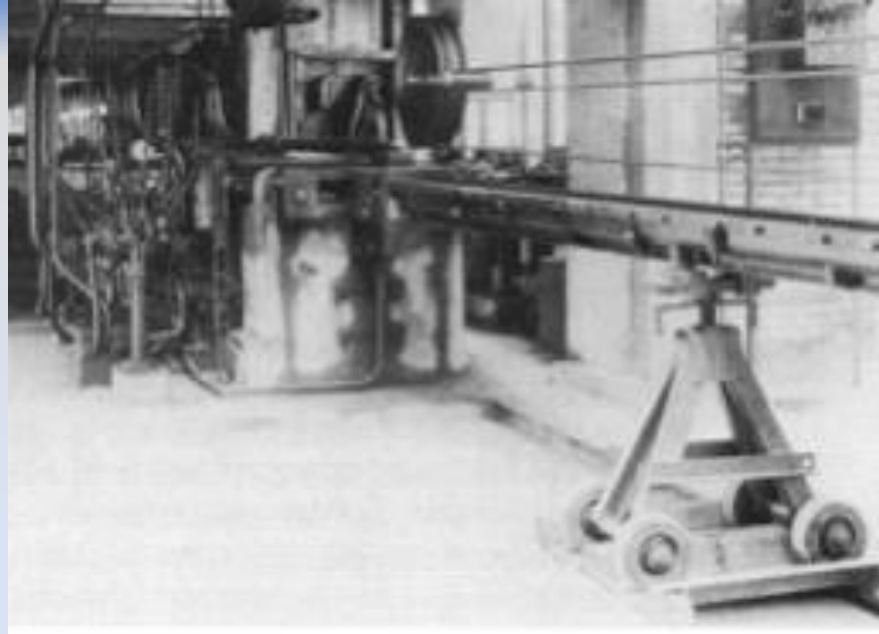
Création à frais communs à Bezons d'un laboratoire-atelier bien outillé

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

Précontrainte au moyen de fils tendus avec ancrage par adhérence

Eugène Freyssinet imagine et construit tout un ensemble de machines permettant de réaliser ces poteaux





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,

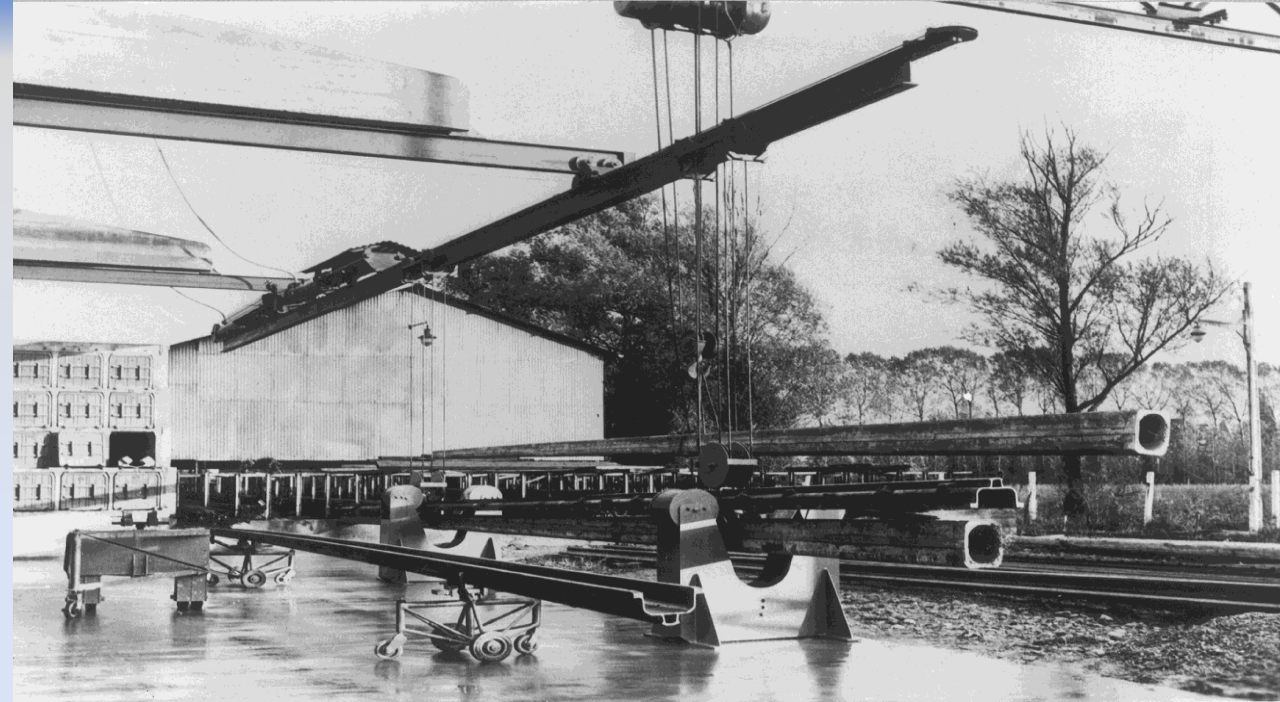
Eugène Freyssinet a obtenu :

- . 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 !

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 1/4 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 la crise de 1929 est passée par là
Les clients se dérobent, les perspectives s'effondrent,
L'usine de Montargis ferme en décembre 1933,
toutes les machines sont ferrillées

L'échec commercial est retentissant

Eugène Freyssinet qui avait tout investi est ruiné

En 1934, un miracle va se produire, le sauvetage de la **Gare Maritime du Havre**, une nouvelle *aventure* commence, aussi fantastique que rocambolesque

- 1920 – 1925 : redémarrage de l'activité industrielle, accroissement du commerce avec les Etats Unis, les bateaux, principaux moyens de transport
- une nouvelle génération de Grands Transatlantiques avec une forte concurrence des deux compagnies britanniques Cunard Line et White Star
- la Compagnie Générale Transatlantique C.G.T. lance en 1928 le projet du futur paquebot **Normandie**, le plus grand, le plus beau, le plus rapide, le plus prestigieux, en un mot la **gloire de la Marine Marchande française**



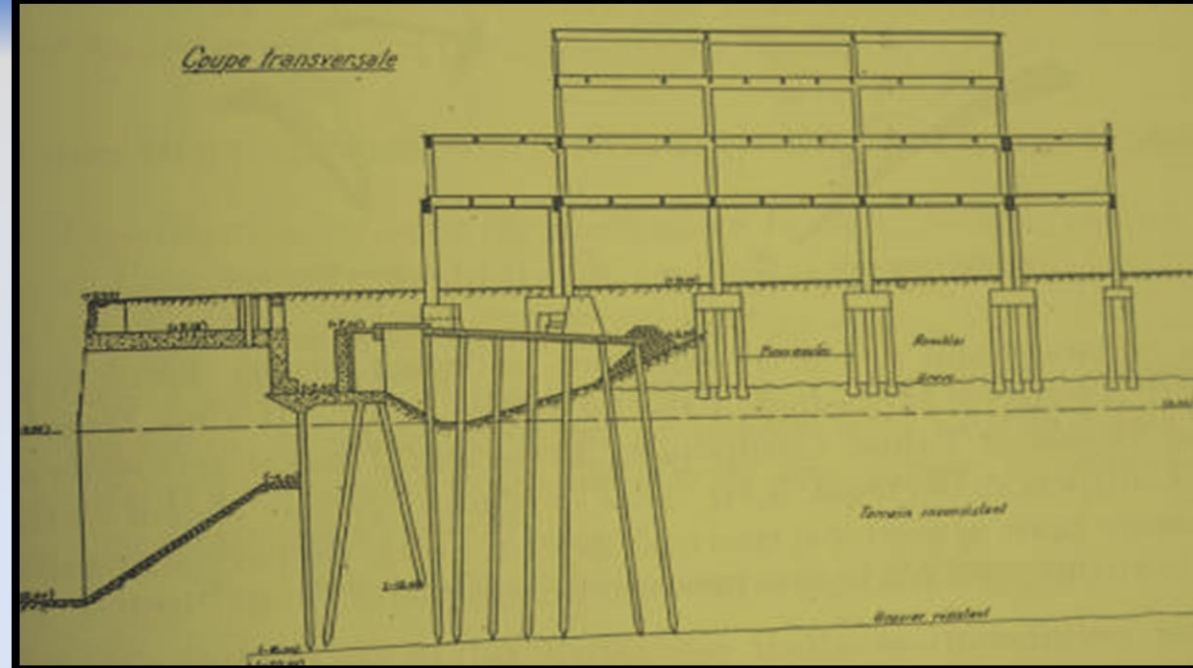
L'ancienne Gare Maritime en 1930

Pour l'accueillir, Le Havre, son Port d'attache, 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 immense et somptueux : un grand Architecte : Urbain CASSAN (polytechnicien, architecte de grand renom) et toute une équipe d'ingénierie

le Projet :

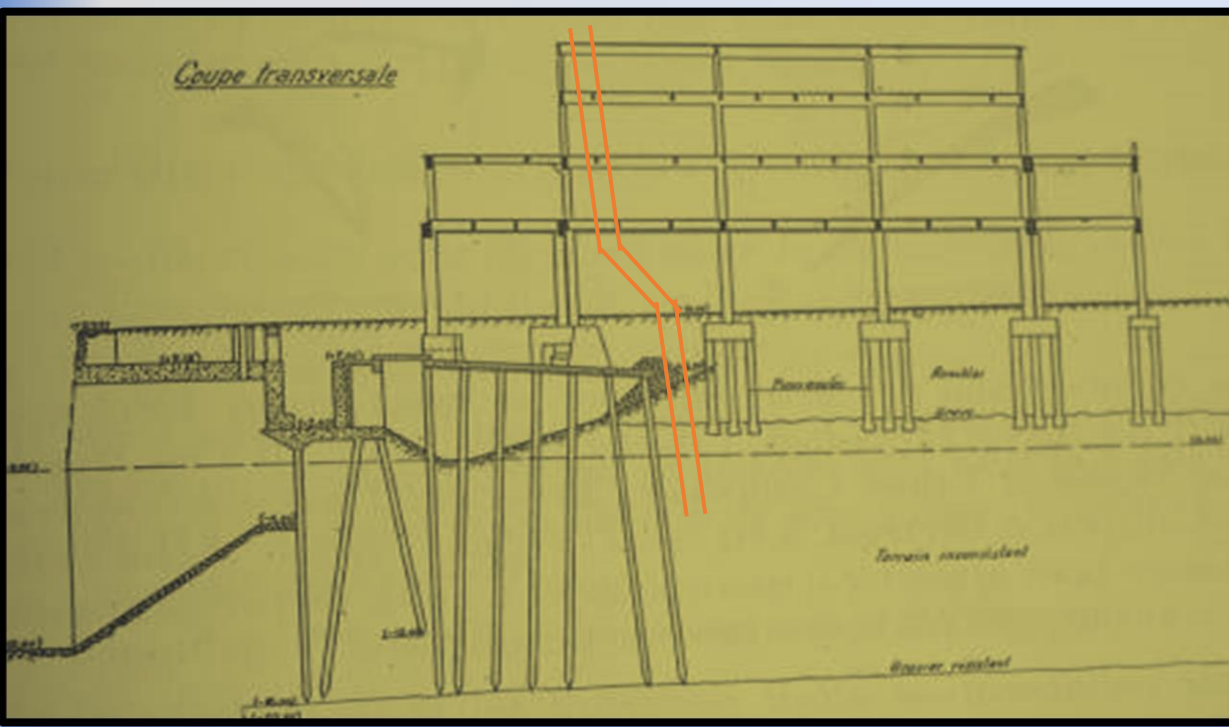
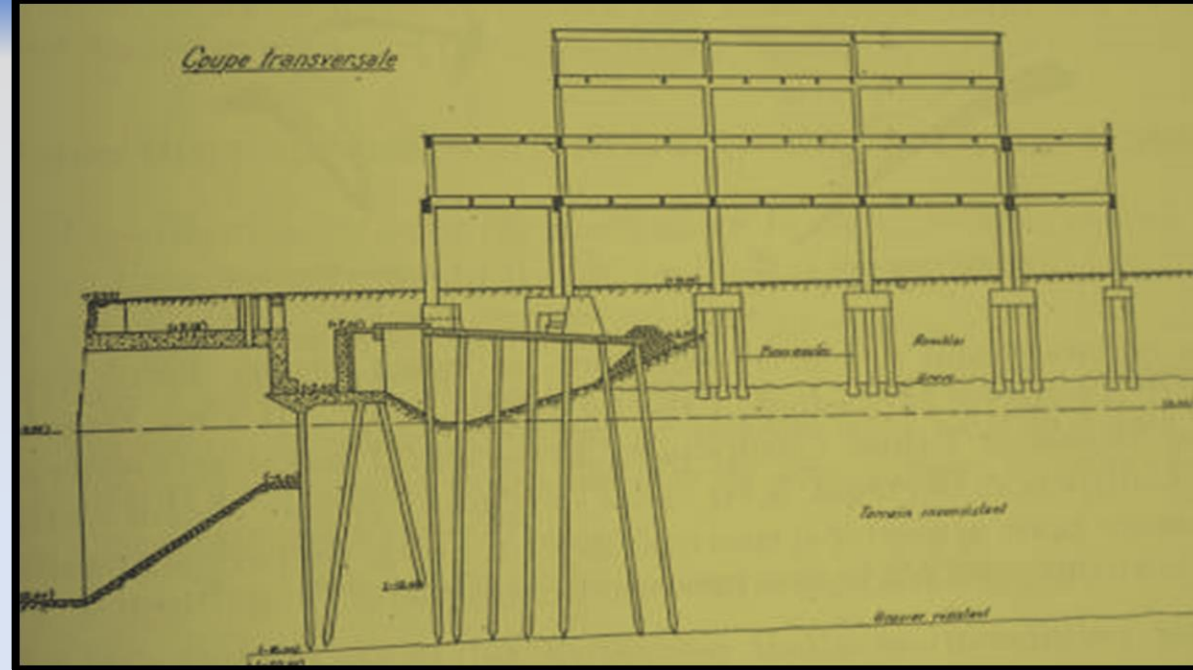
Un immense bâtiment de 588 m de long comprenant un grand hall en béton armé, à la décoration somptueuse, surplombé d'une très large verrière et quatre niveaux de planchers, le tout pesant plus de 100.000 tonnes transversalement six files de poteaux fondés sur pieux (coupe ci-contre) accolé à l'arrière à une gare ferroviaire abritant trois voies de trains après de rapides essais de portance des pieux le projet est validé.....
délai **très court** : de janvier 1933, ce chantier devait être terminé en mai 1935, pour l'inauguration du Normandie, mais....



Sur les six files de poteaux, les deux files avant s'appuient sur une dalle en béton, elle-même fondée sur des pieux profonds réalisés en 1925 lors de la reconstruction du quai qui s'était effondré à la suite de l'approfondissement du bassin, alors que les quatre files de poteaux arrière sont fondées sur des pieux courts ancrés par frottement dans le remblai ancien. Ce sont ces pieux qui ont fait l'objet d'essais de portance

le 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 transversalement six files de poteaux fondés sur pieux (coupe ci-contre) accolé à l'arrière à une gare ferroviaire abritant trois voies de trains après des essais de portance des pieux le projet est validé.....
délai **très court** : de janvier 1933, ce chantier devait être terminé en mai 1935, pour l'inauguration du Normandie



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, et des fissures de plus en plus larges dans les murs, les poutres et les planchers

En décembre 1933 un effondrement total paraît inévitable à plus ou moins court terme

Une catastrophe nationale aux retombées internationales s'annonce qui va anéantir l'espoir de montrer le « Prestige de la France »

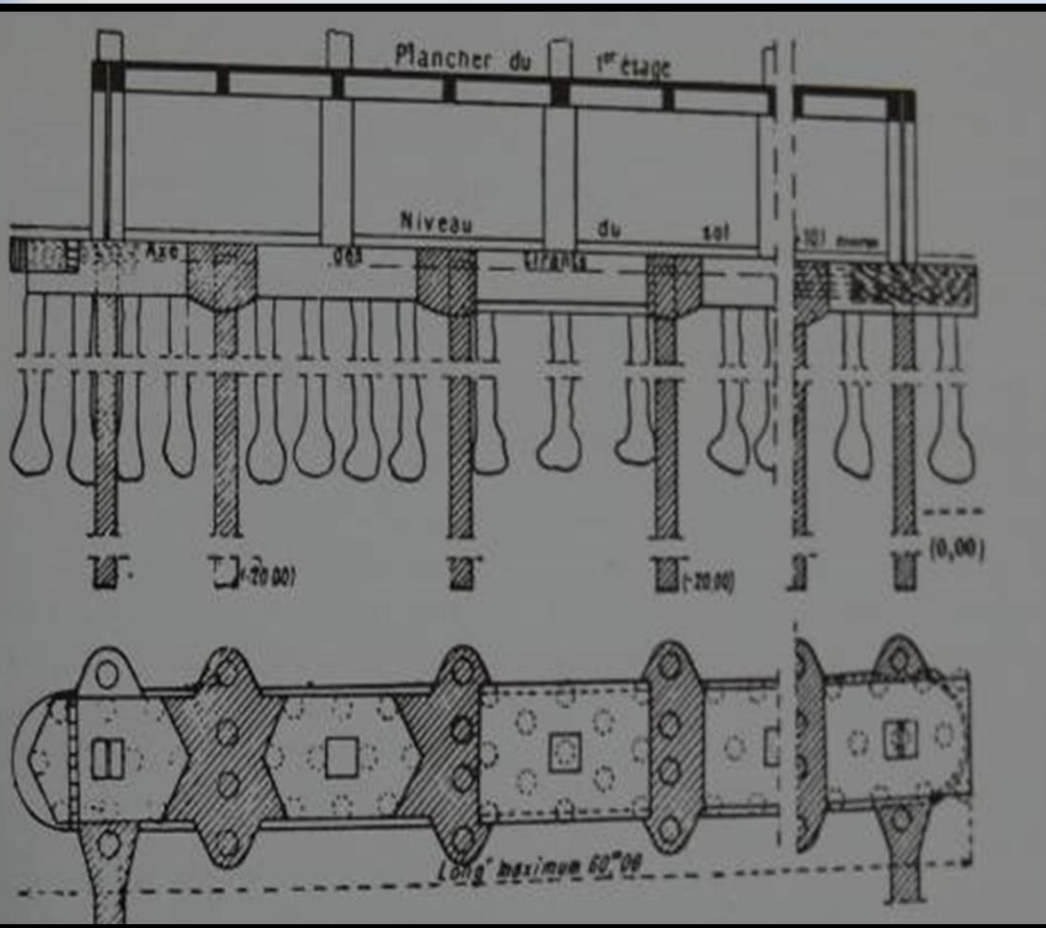
Tous les experts, ingénieurs et géotechniciens sont appelés, aucun n'accepte de relever le défi, avec, en plus, un délai aussi court

En janvier 1934, en désespoir de cause, Urbain CASSAN, sur les conseils de Raoul DAUTRY, 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 ».

Cette solution consiste à dédoubler tous les pieux courts par des pieux longs traversant les 20 m de remblais et appuyés sur le substratum résistant, constitués de tronçons préfabriqués assemblés, foncés par précontrainte, ancrés en tête dans des bouts de semelles solidarités aux semelles existantes par précontrainte longitudinale

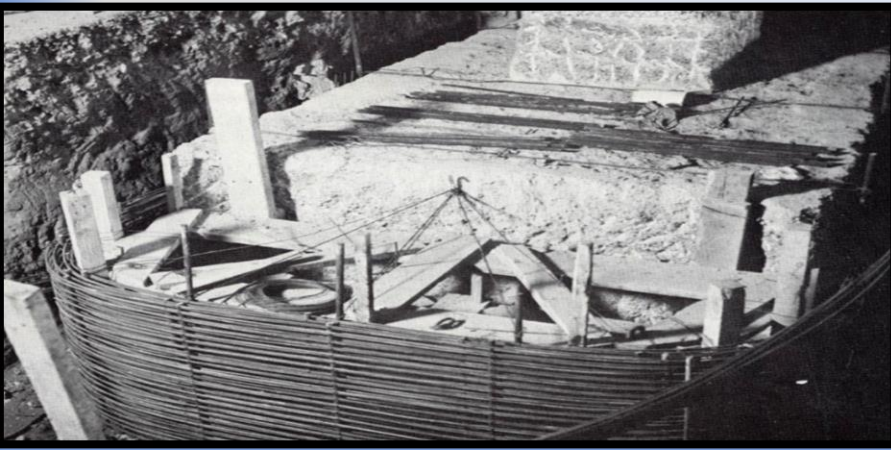
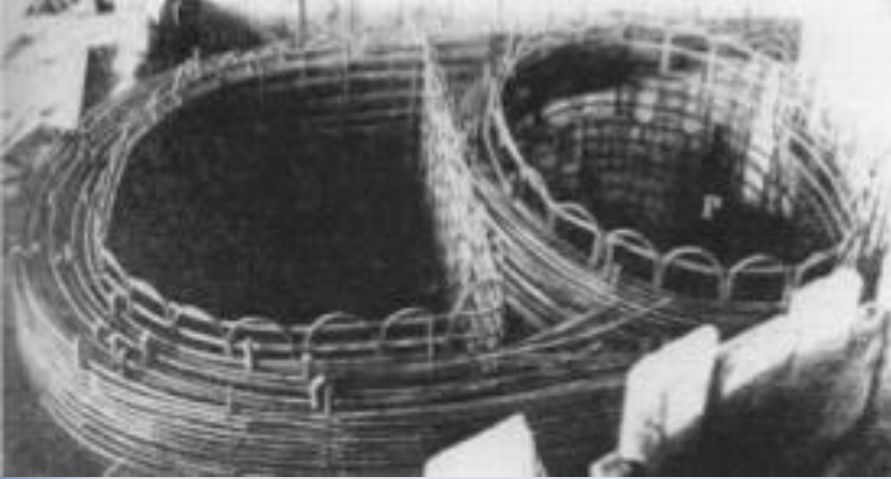


Cette solution repose sur la mise en œuvre de 3 types de précontrainte :

- 1 . précontrainte des grandes poutres horizontales au moyen de câbles tendus avec une tête d'ancrage poussée par vérins hydrauliques,
- 2 . précontrainte par adhérence de barres prétendues avant coulage du béton des tronçons de pieux, pour assurer leur durcissement accéléré
- 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

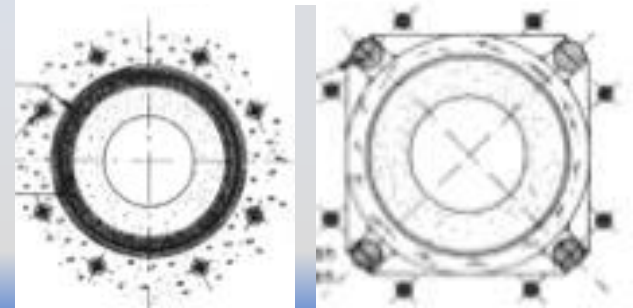
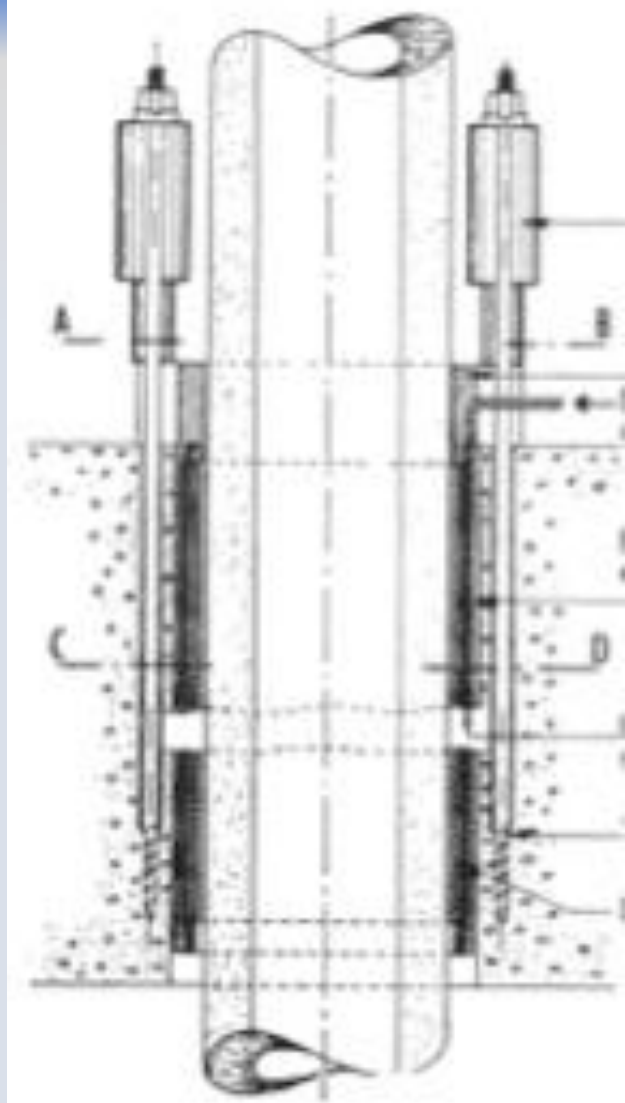


- A** : anciennes semelles supportant les poteaux appuyées sur des pieux courts
B : nouvelles semelles coulées entre les anciennes, traversées par les pieux longs, solidarités entre elles par précontrainte



Un dispositif absolument génial et fabuleusement audacieux

- 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 préfabrication 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





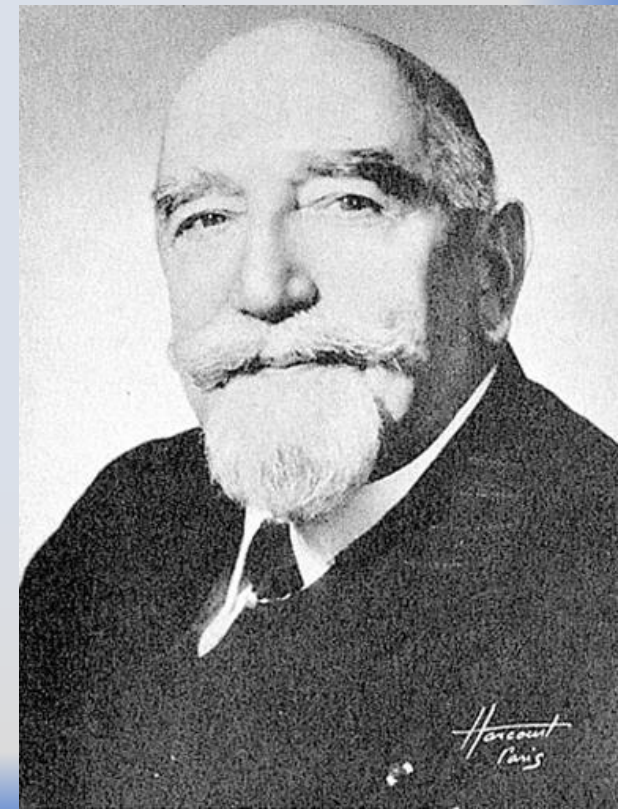
Le 11 mai 1935, en fin de journée, lorsque le paquebot Normandie, après ses essais en mer concluants et prometteurs, put rejoindre son port d'attache, Le Havre, toutes les parties du bâtiment de la gare qui lui étaient destinées étaient fin prêtes pour l'accueillir.

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

De très nombreux visiteurs venus du monde entier, se sont pressés pour visiter ce fabuleux 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

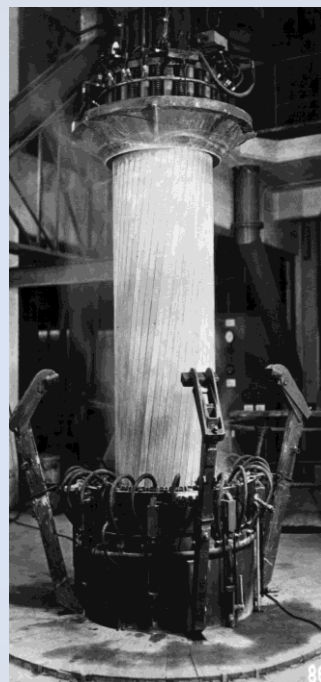
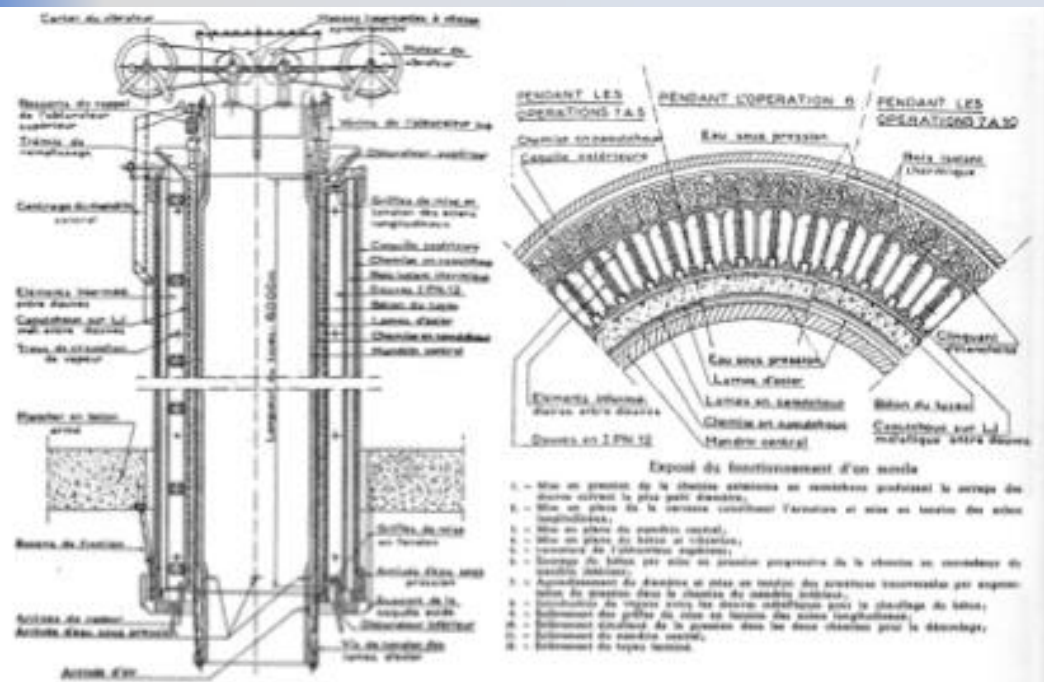
En 1935, un contrat de collaboration exclusive est signé entre Eugène FREYSSINET et l'Entreprise CAMPENON BERNARD

un nouveau départ qui va faire basculer son destin



Dès son arrivée chez Campenon Bernard, Eugène Freyssinet est mobilisé sur trois très gros contrats en Algérie :

1. L'aménagement hydraulique de l'Oued-Fodda : 50 km de conduites en béton précontraint, tuyaux de diamètre pouvant aller jusqu'à 1,40 m et devant résister à 18 bars (0,18 Mpa) de pression (en service 0,75 Mpa)

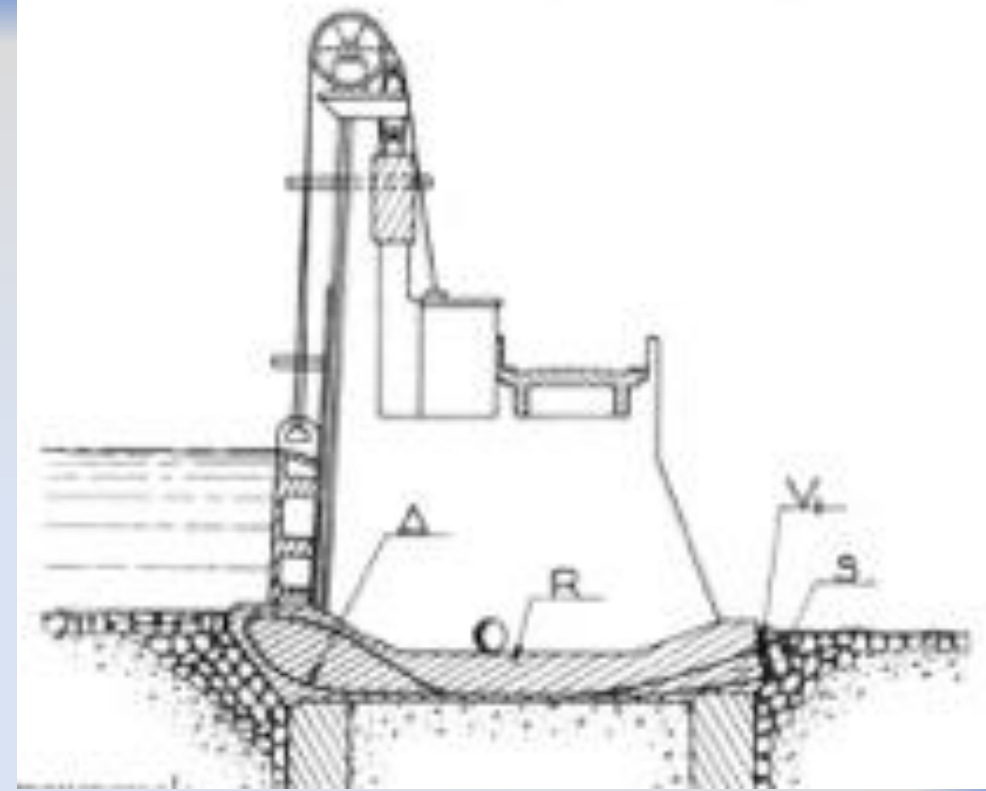


Eugène Freyssinet conçoit des moules à double paroi d'une extraordinaire sophistication et une procédure de fabrication d'une minutie remarquable, permettant d'obtenir une précontrainte du béton dans les trois directions. Il installe une usine de préfabrication de ces tuyaux. Un résultat exceptionnel et une qualité remarquable. Etanchéité parfaite sous pression de service.

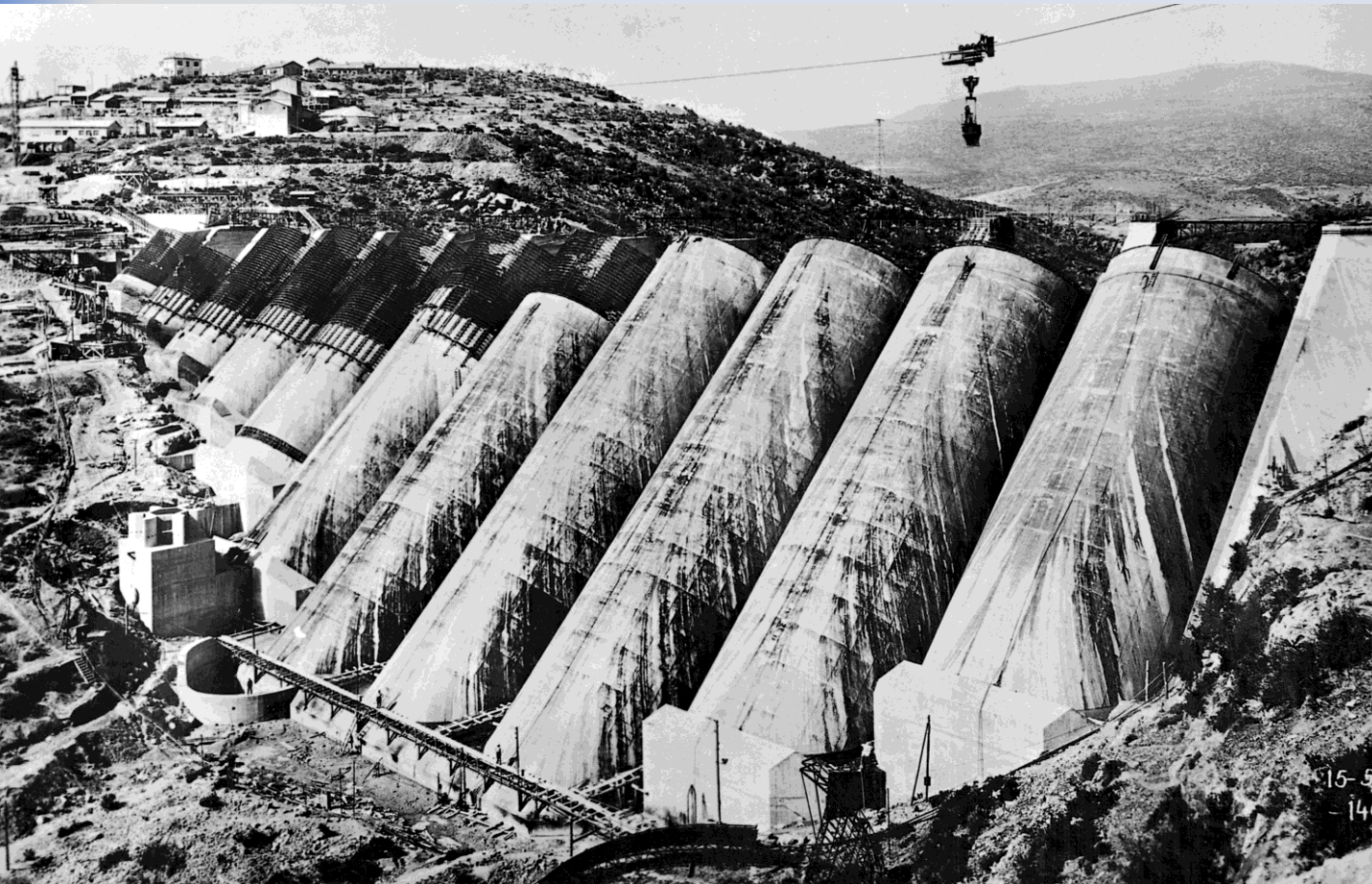
2 . Le barrage de régularisation et de prise d'eau des Portes de Fer sur l'Oued Fodda



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



3. Sur le barrage de Beni-Badhel, l'utilisation de vérins plats que venait d'inventer Eugène FREYSSINET lui a permis 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)

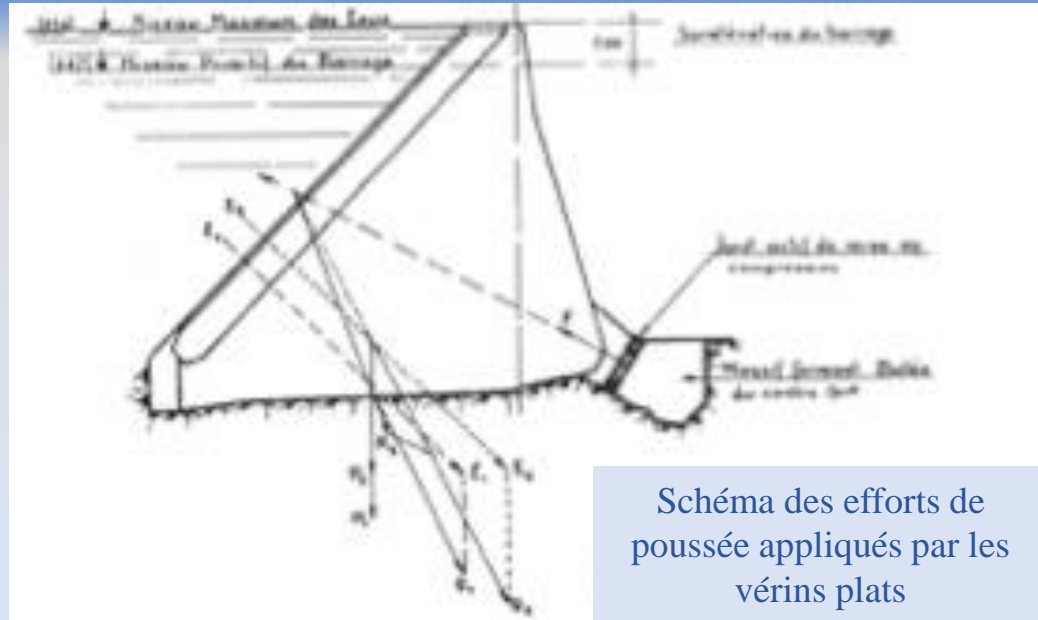
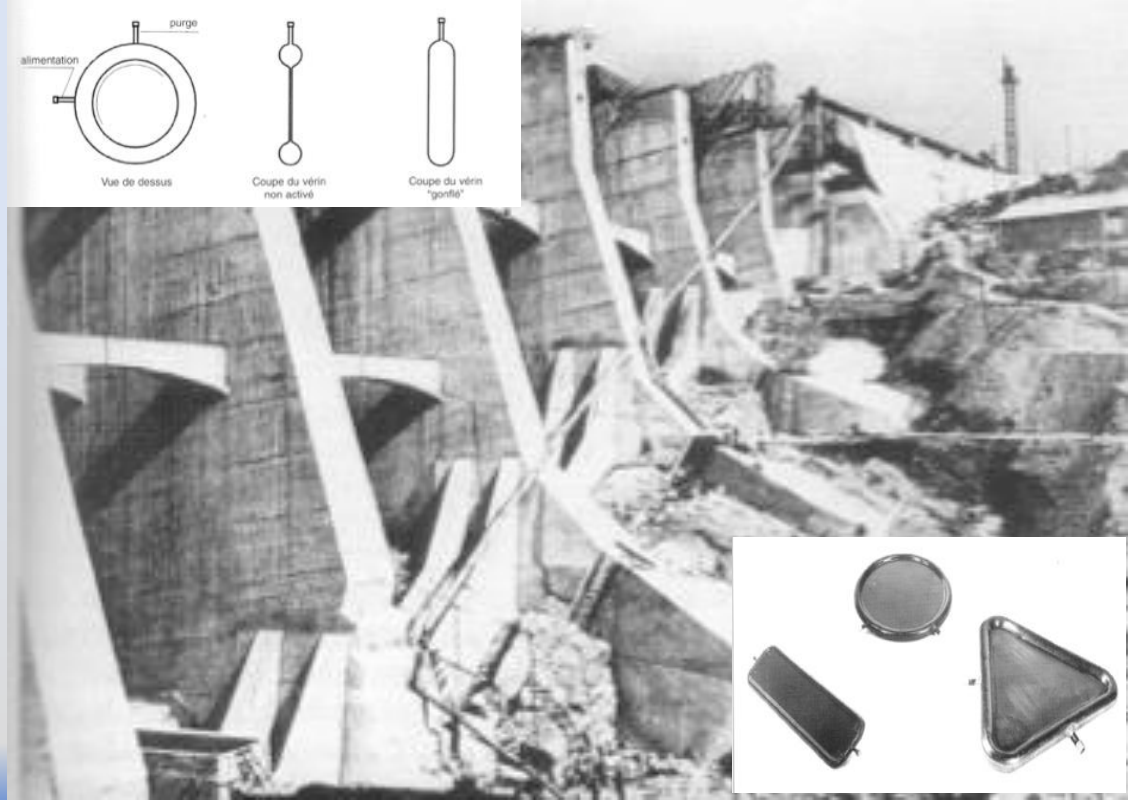
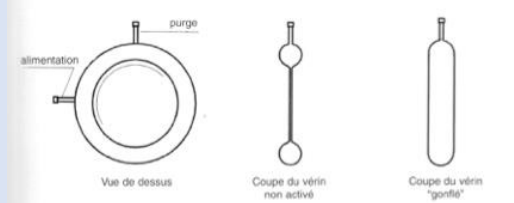


Schéma des efforts de poussée appliqués par les vérins plats



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 voutes 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

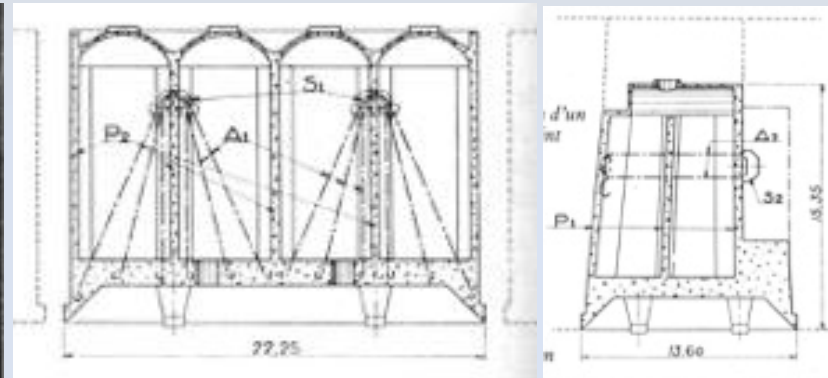
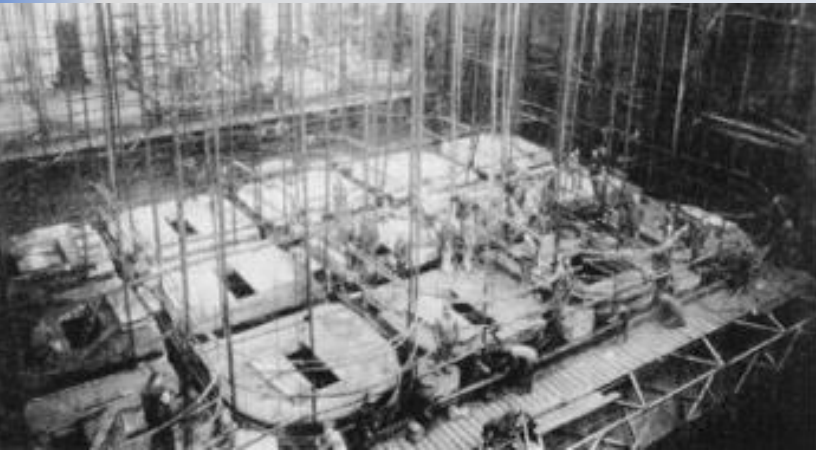


Le Barrage d'Erraguène
(ci-dessous batterie de vérins plats
à la base des contreforts actifs)



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



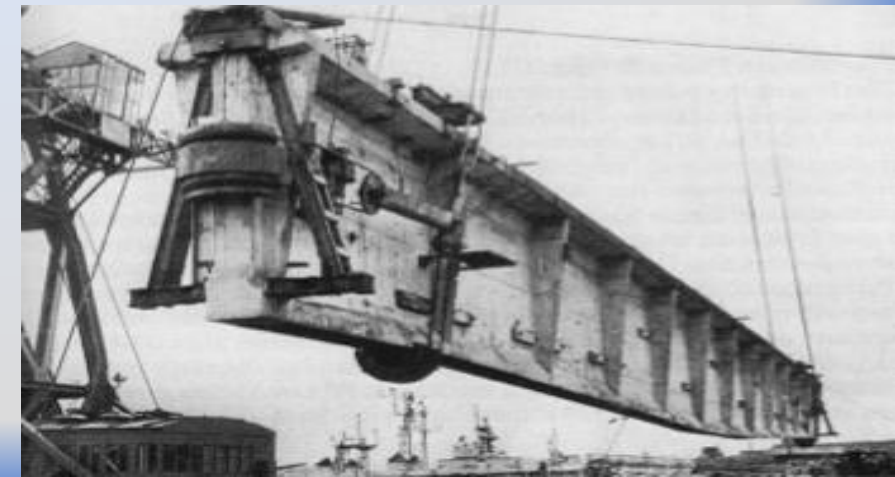
Précontrainte des caissons



D'autres travaux importants toujours dans le Port de Brest, comme la Darse n°3 de Laninon



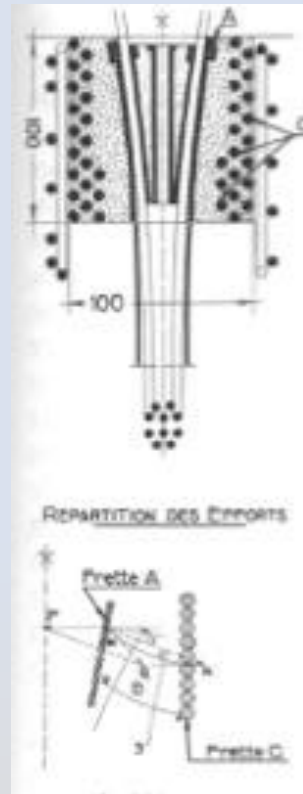
ou le Pont de la Grande Rivière avec des poutres précontraintes de 63 m de portée
3,40 m de hauteur aux abouts
4,00 m au centre de la poutre



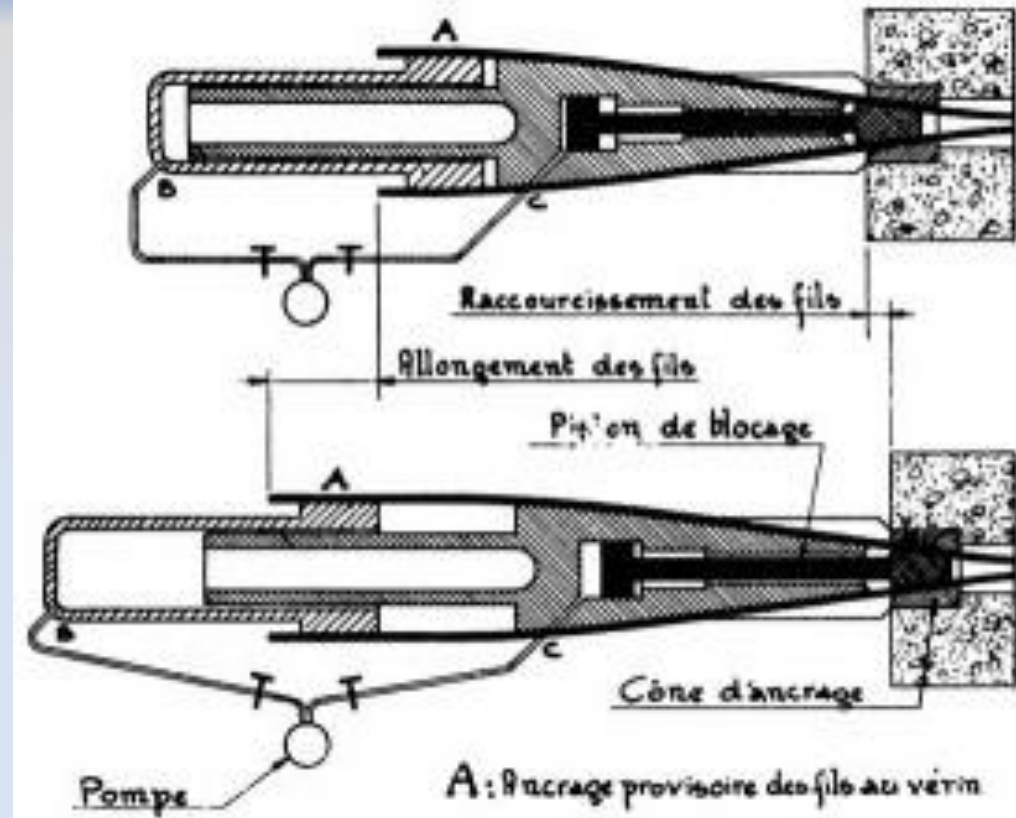
En 1939, une grande étape va être franchie, Eugène Freyssinet invente **l'ancrage en béton à cône** mais aussi le **vérin** spécial permettant la mise en tension des câbles formés de fils et leur blocage dans cet ancrage

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* ».

STUP

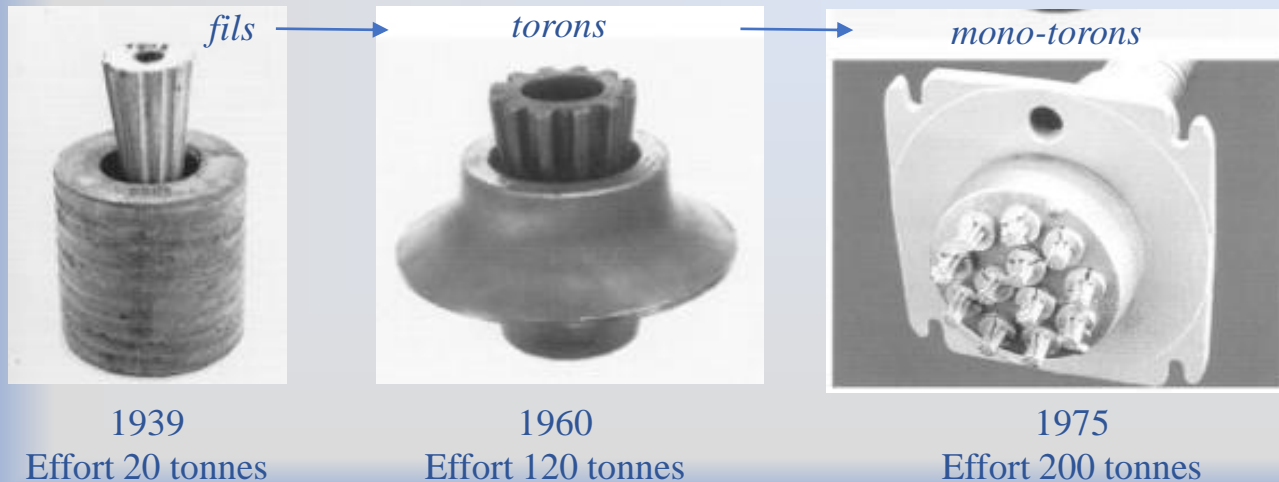
SOCIÉTÉ TECHNIQUE POUR L'UTILISATION DE LA PRÉCONTRAINTÉ

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

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

C'est cette Société qui a fait évoluer et commercialise aujourd'hui notamment les ancrages du « Procédé Freyssinet »



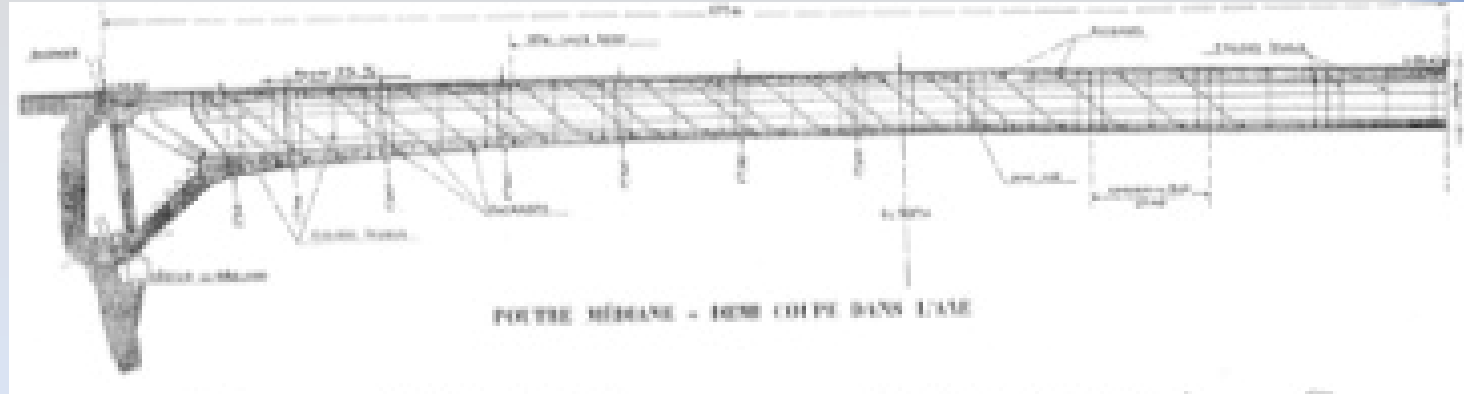
Aujourd'hui : 1.292 tonnes avec des câbles 55 T 16

Et nous arrivons à l'ouvrage, objet de notre visite de ce jour, le **Pont de Luzancy**

En 1940, à la suite d'un concours attribué à Campenon Bernard, le chantier du Pont de Luzancy, sur la Marne, commence, mais il est interrompu en 1942 du fait de la guerre. Il ne sera redémarré qu'en 1945 et terminé en 1947.

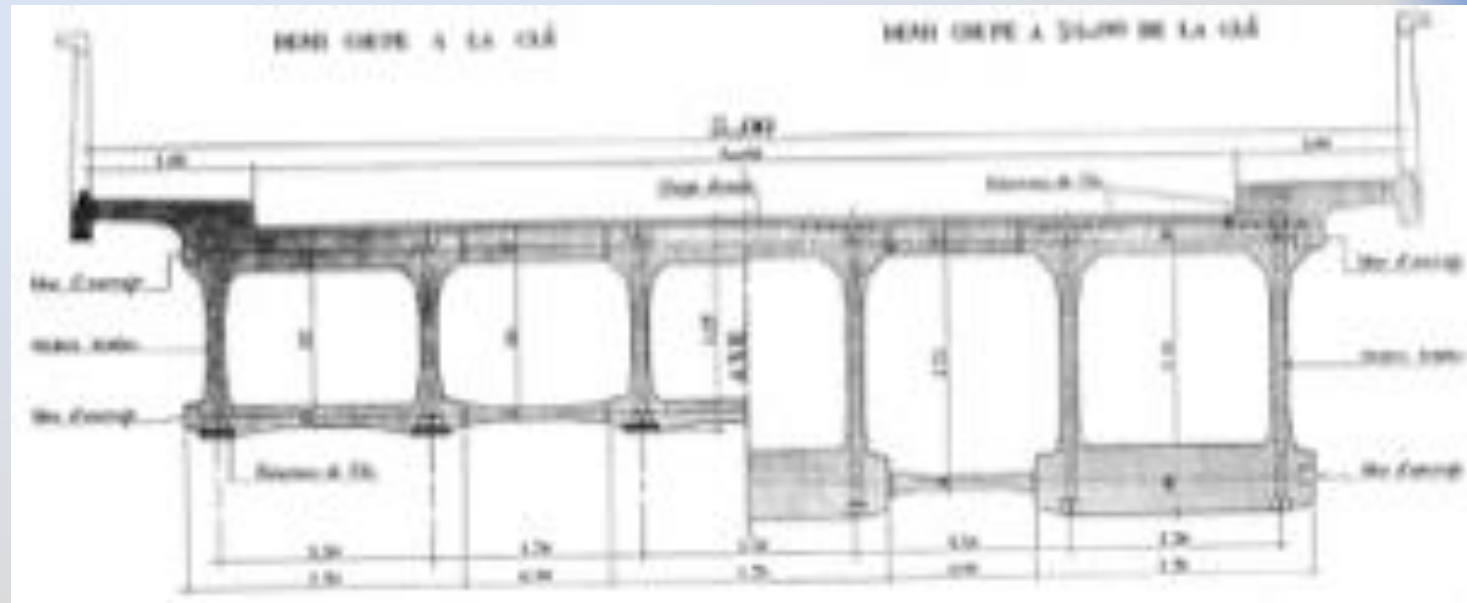
Bien que de dimensions modestes, 55 m de portée, 8 m de largeur, Eugène FREYSSINET conçoit là un ouvrage qui concentre toute l'expérience et les connaissances acquises au cours des réalisations de ses ouvrages précédents :

- une apparence de structure de type poutre portique
- mais en réalité un arc très surbaissé
- des épaisseurs 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 : la **préfabrication d'éléments** successifs en béton assemblés par précontrainte posés en encorbellement pour constituer 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 l'un et l'autre transversalement.

Initialement, Eugène FREYSSINET avait prévu de mettre en place les voussoirs en les suspendant à une poutre en treillis formée de membrures en bois reliées par des nœuds en béton, précontrainte par des câbles, 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.



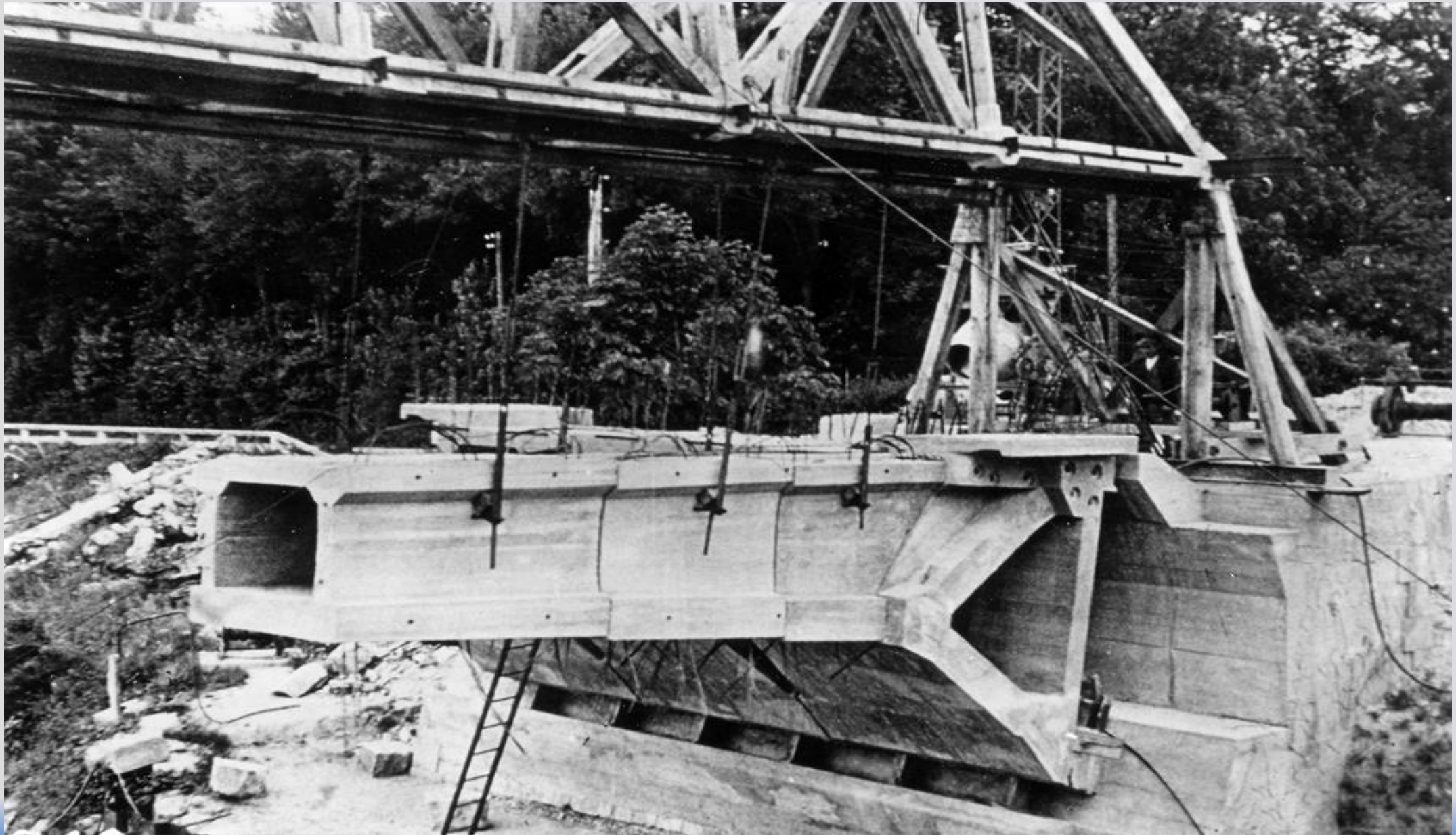


Aire de préfabrication des voussoirs



Poutre de pose des voussoirs constituée d'une structure en treillis triangulaire en bois (nœuds en béton), permettant d'acheminer les voussoirs (véritable précurseur des poutres de lancement modernes utilisées aujourd'hui partout dans le monde pour les ponts en encorbellement)

Dans cette solution prévue initialement, les voussoirs ainsi préfabriqués étaient mis en place en encorbellement à partir des culées, et suspendus par une paire d'élingues à cette poutre en bois précontrainte, comme Eugène Freyssinet savait si brillamment le faire

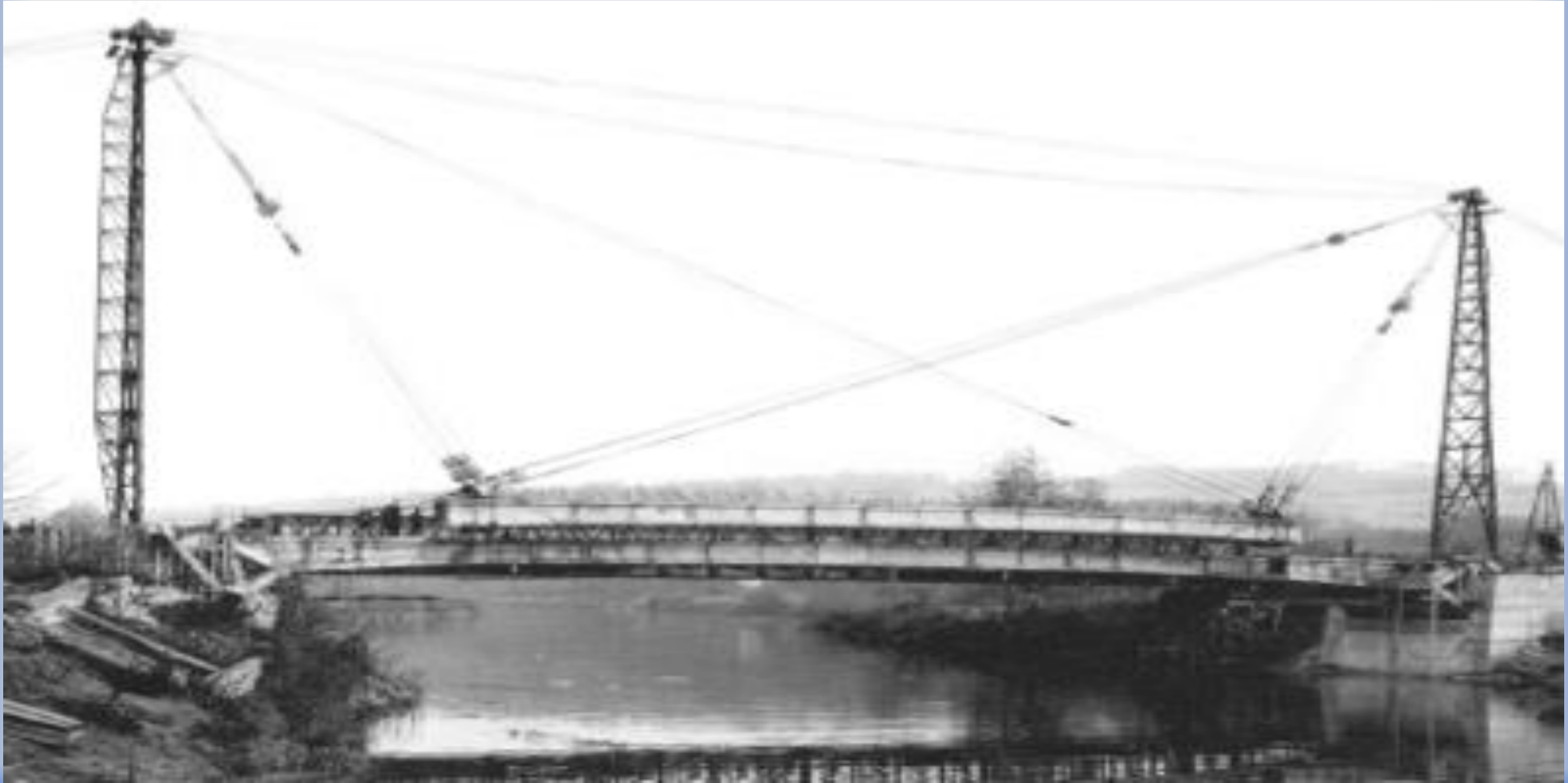


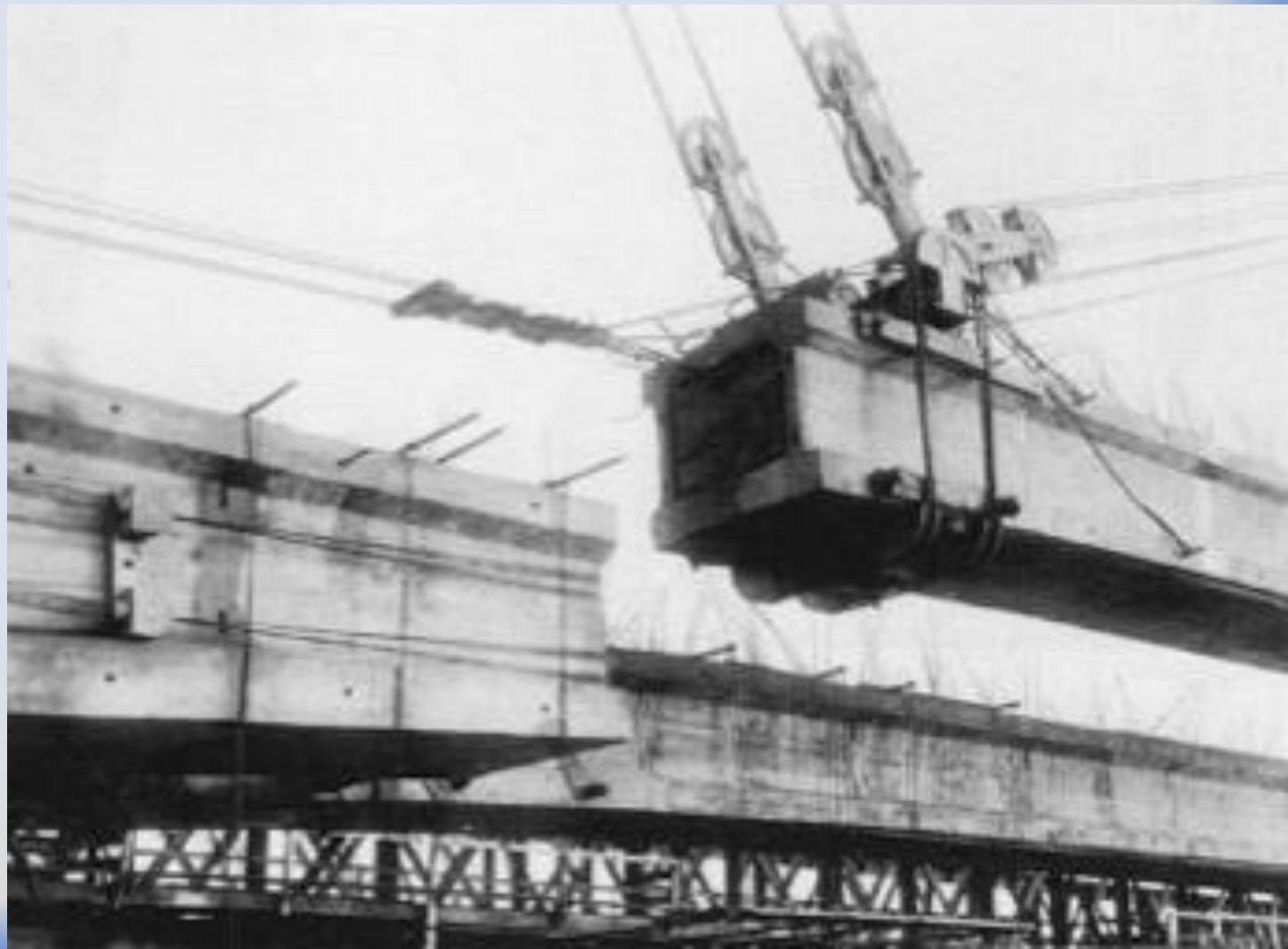
A la suite d'un enchainement de malheureux incidents, inévitables conséquences des désordres causés par le déclenchement de la guerre en 1939 et qui avaient provoqué la rupture de la poutre de lancement, quelques jours avant l'arrêt imposé du chantier en juillet 1942, lorsque le chantier redémarre après la guerre, en 1945, Eugène FREYSSINET est amené à modifier la méthode de pose des voussoirs initialement prévue, et imagine de les pré-assembler entre eux par précontrainte provisoire et de poser ces éléments de poutres ainsi constitués 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.

Aire de pré-assemblage des voussoirs pour former des « poutres préfabriquées »



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



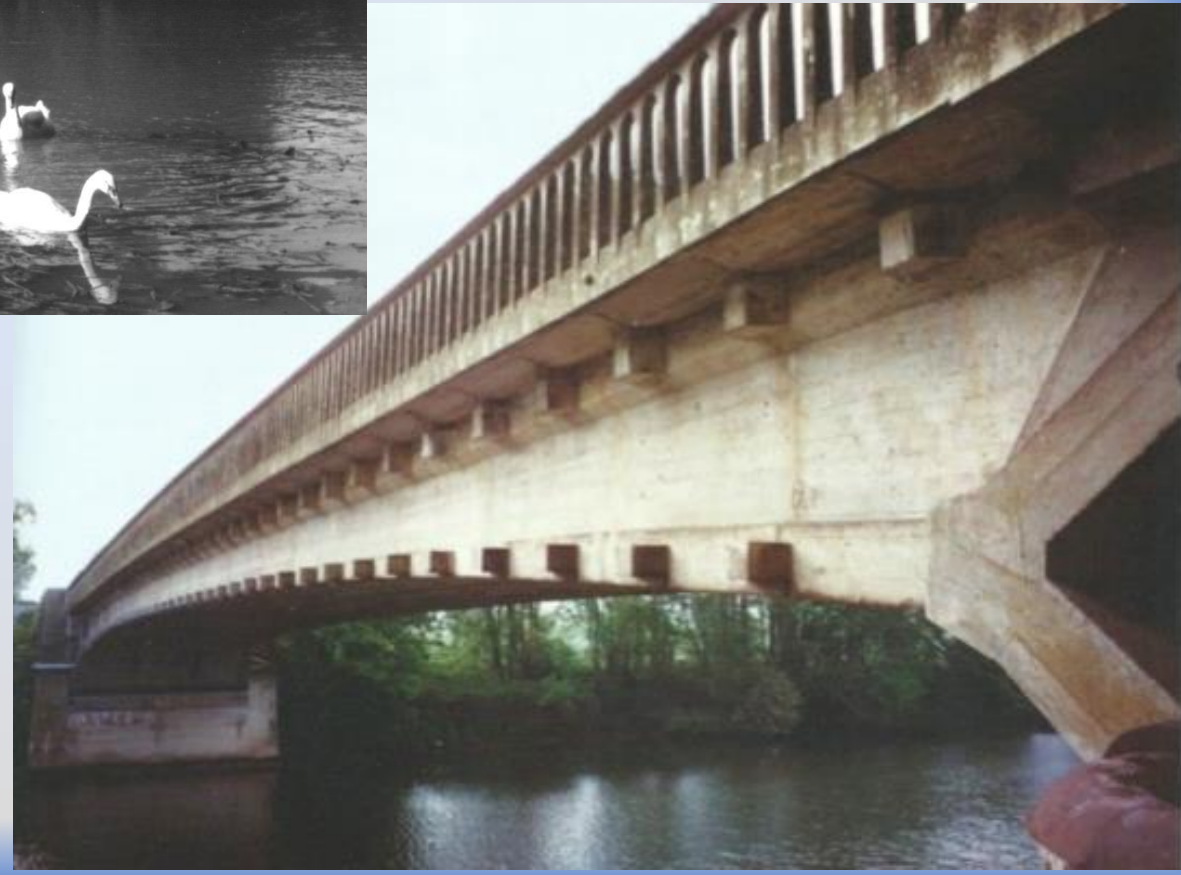


mise en place de
l'élément central
de la poutre pré-
assemblée





le Pont de Luzancy
peu après sa mise en service



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

Le Pont de **Luzancy** : la quintessence et le condensé de toutes les connaissances et expériences acquises par Eugène Freyssinet,

... et le précurseur de tous les futurs grands ponts en béton précontraint réalisés dans le Monde



Après cette remarquable réussite et le succès de ce magnifique Pont de Luzancy, cinq autres ouvrages sur la Marne, identiques, et formés d'une structure similaire à celle de Luzancy, ont été confiés par l'Administration à l'Entreprise Campenon Bernard, et conçus par Eugène FREYSSINET

Il s'agit successivement, en partant de Luzancy, depuis l'amont vers l'aval, des ponts :
d'Ussy de Changis d'Esbly de Trilbardou d'Annet





Le Pont
d'Ussy

Le Pont de
Changis





Le Pont d'Esbly





Le Pont de Trilbardou

Le Pont
d'Annet



Outre cette fantastique aventure du Pont de Luzancy et des 5 ponts sur la Marne, durant cette période de l'après guerre, Eugène FREYSSINET participe aussi, avec Campenon Bernard à la construction d'un grand nombre d'ouvrages, divers et variés, la plupart du temps, en béton précontraint, notamment de nombreux ponts à poutres précontraintes préfabriquées dans différents régions françaises (Pyrénées orientales, Isère, Savoie, etc.) et même à Rio de Janeiro au Brésil.

Mais aussi à des ouvrages aussi variés que :

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.

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

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).

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.

C'est durant ces 17 années, de 1945 à 1962, qu'Eugène FREYSSINET s'entoure de plusieurs brillants collaborateurs qui deviendront ses disciples, Yves GUYON, Pierre LEBELLE, Jean CHAUDESAIGUES, Pierre XERCAVINS, Jean MULLER formant ainsi une véritable « Ecole du Béton Précontraint ».....



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

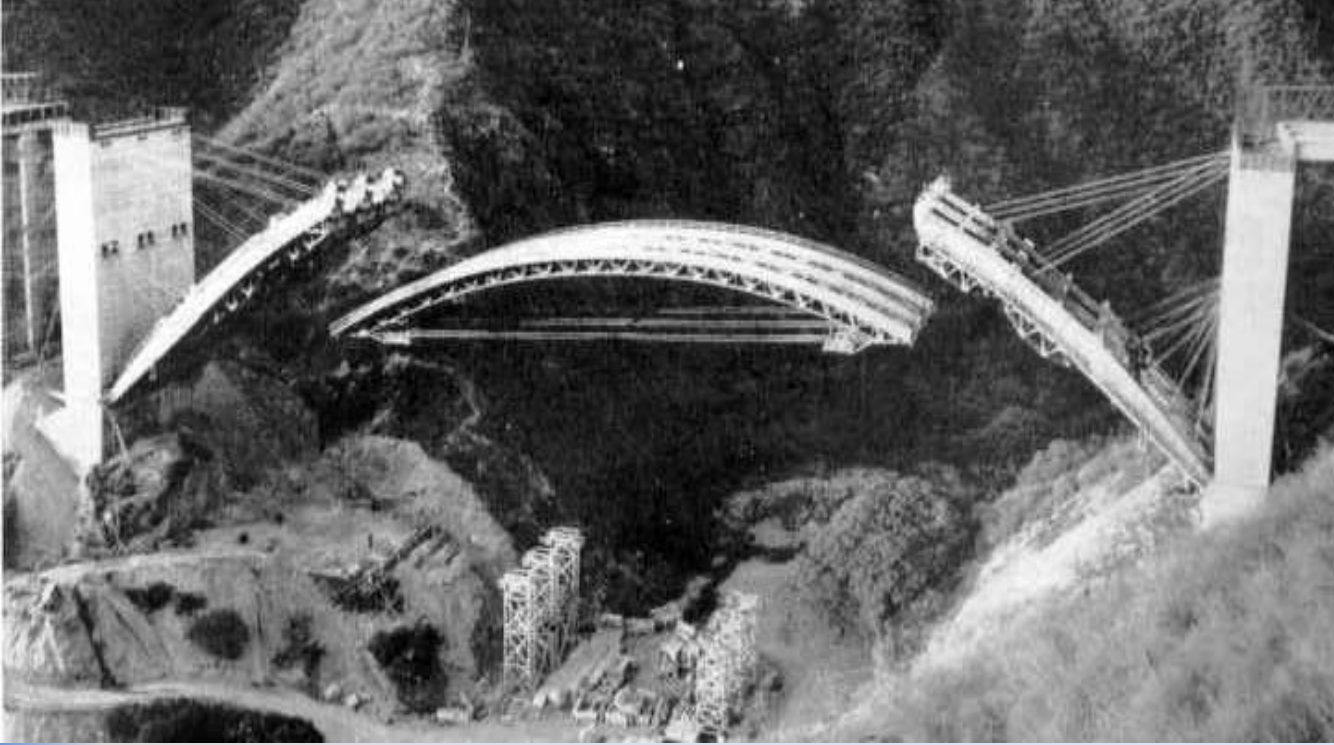
Eugène FREYSSINET, après des études très poussées, propose une solution très originale, qu'il nomme « pont à consoles », dont le tablier pouvait être soit en béton soit métallique et dont le prix serait diminué d'un tiers par rapport à un pont suspendu classique

(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)...



Les trois Ponts en arc de Caracas (Vénézuéla)

En 1950, 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.

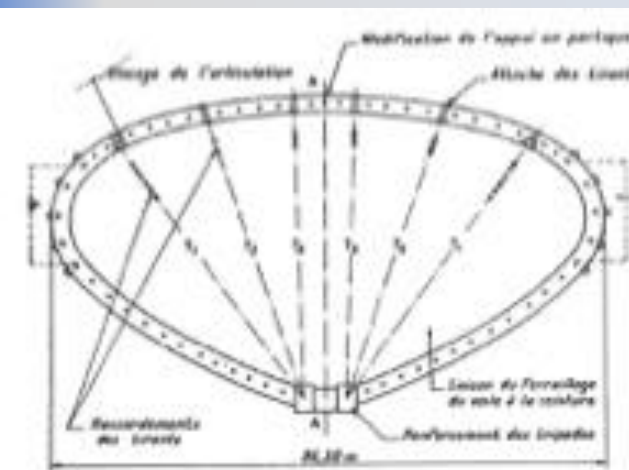
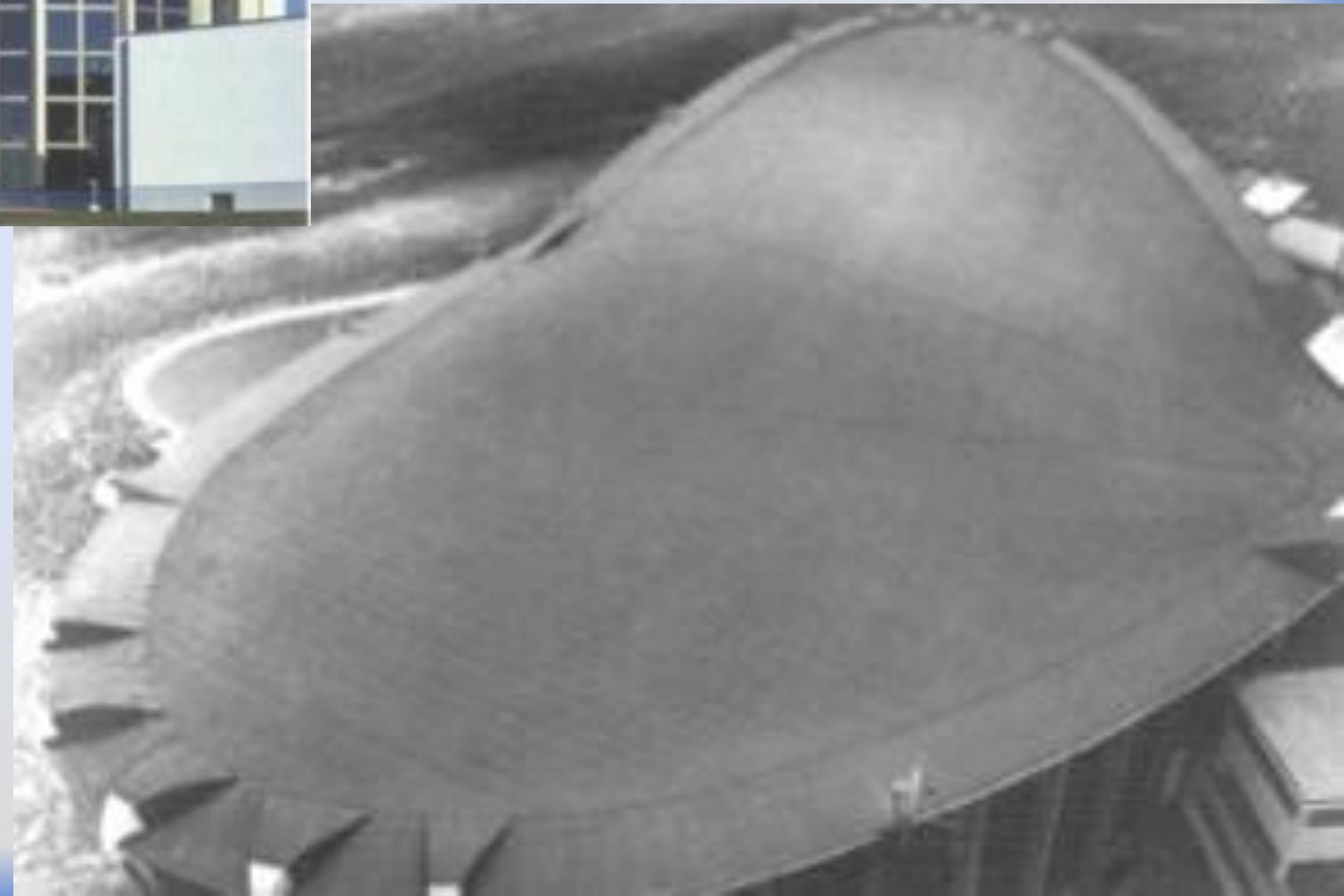




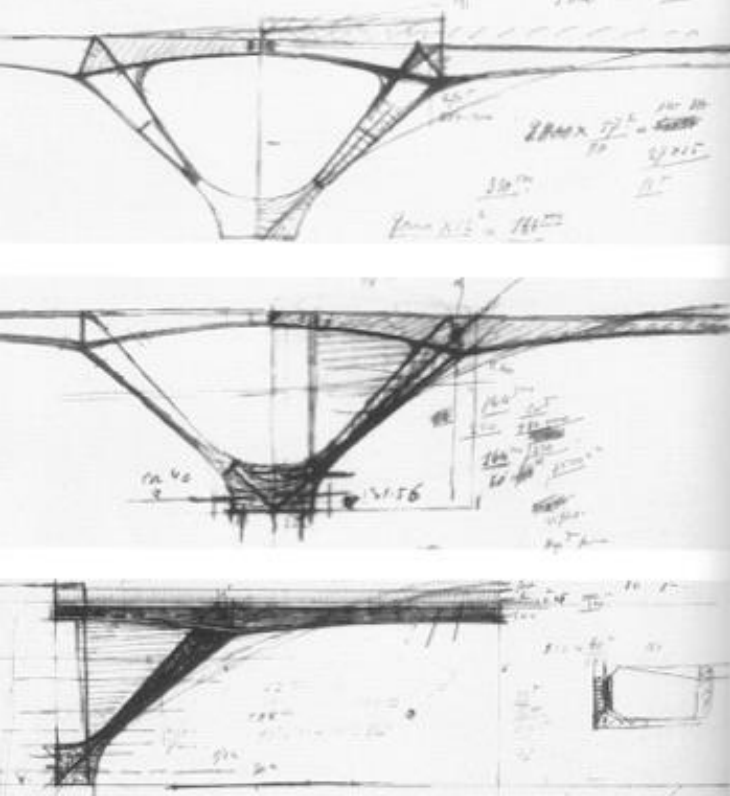
Le sauvetage en 1954 de la Station de radio d'Europe 1 du Feldsberg, près de Sarrelouis (Sarre)

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 et réduire le délai d'exécution très réduit du chantier

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 apporta le remède qui permit d'éviter la catastrophe. Sous sa direction, tout fut repris et le délai final respecté



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'intercalent 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



... et comme un dernier Hommage au Pont de Luzancy, puisque c'est cet ouvrage qui a « inspiré » Eugène FREYSSINET, lorsqu'il conçoit, en 1960, alors qu'il a 81 ans, la structure de la **Basilique souterraine Saint Pie X à Lourdes**



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, qui unanimement reconnaissent son caractère transcendantal, fut inaugurée par Son Eminence le Cardinal RONCALLI, quelques mois seulement avant qu'il ne devienne Sa Sainteté le Pape Jean XXIII



Eugène FREYSSINET s'éteint le 8 juin 1962, à l'âge de 83 ans,
dans sa maison de campagne, 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 un héritage pas seulement technique,
mais aussi éthique....

Merci de votre attention ...