

Le béton armé, matériau né avec le siècle

Dans un premier article¹, Gilbert Lacombe avait présenté l'essor du Génie Civil en France et dans le monde depuis le début du siècle et mis en évidence l'importante contribution apportée dans ce secteur par les Centraliens.

Aujourd'hui, il décrit les concepts fondamentaux de cette évolution dans les domaines techniques, économiques, éducatifs.

Dans un troisième article à paraître prochainement, il montrera le dynamisme des Centraliens comme moteur dans l'évolution de la profession du Génie Civil.

Jacques Dureuil (49)

La naissance du béton armé (jusqu'en 1914)

L'histoire du Béton Armé démarre avec la découverte des ciments dits hydrauliques, durcissant en présence d'eau, même en l'absence d'air.

A la fin du XVIII^e siècle, des ingénieurs anglais découvrirent des gisements de calcaires argileux, permettant d'obtenir directement par calcination un liant durcissant dans l'eau. C'est en 1824 que fut attribué à ce ciment le nom de « Ciment Portland ».

Vers la même époque, en France, Louis VICAT, jeune ingénieur des Ponts et Chaussées, publie le résultat de ses recherches concernant ce que l'on appelle maintenant en France le CPA, Ciment Portland Artificiel. Il détermina les composants nécessaires : nature de la chaux hydraulique employée et quantité d'argile à y incorporer avant cuisson pour obtenir le « Clinker » dont la mouture conduit au CPA, le plus couramment employé pour réaliser du béton.

Si les caractéristiques mécaniques des mortiers devenaient excellentes en compression, elles restaient toujours

très faibles en traction. Les bétons réalisés avec de tels ciments ne pouvaient donc constituer que des pierres artificielles (Béton Aggloméré de François COIGNET en 1861), incapables de résister en flexion sauf à y incorporer des profilés métalliques.

C'est à deux bricoleurs français de génie que l'on doit d'associer au béton des armatures métalliques en fers ronds, permettant de réaliser des ouvrages « imputrescibles et ignifuges ». Le premier LAMBOT réalisa en 1849 sa première barque en « ciment armé ». MONIER ensuite déposa en 1865 une demande de brevet pour un système de « caisses-bassins mobiles en fer et ciment applicables à l'agriculture », complété en 1873 par la description d'un système pour la construction de passerelles.

Si la barque de LAMBOT resta sans suite, le brevet de MONIER, concédé à des Allemands, fut exploité et véritablement pillé par les entreprises concessionnaires le diffusant dans tout l'empire austro-hongrois. En 1887, il n'en restait guère que le nom d'origine lorsque fut fondée en Allemagne l'AKTIEN GESELLSCHAFT FÜR BETON UND MONIERBAU, rattachée à FREYTAC puis à WAYSS.

En France, si l'Administration des Ponts et Chaussées se montrait réticente à l'emploi de ce nouveau matériau, au fonctionnement mal connu et

si les architectes ne s'estimaient pas concernés, les entrepreneurs et leurs ingénieurs, par contre, s'intéressaient vivement aux idées de LAMBOT et de MONIER.

Dès 1882, le Centralien Edmond COIGNET (1879), fils de François cité plus haut, dépose son premier brevet concernant le « ciment armé ». COTTANCIN (1886) fait de même en 1889, ainsi que COULAROU (1885) en 1897. Les brevets initiaux comportèrent de nombreux compléments qui ajoutés aux demandes de nouveaux constructeurs, constituent en 1912 un total de plus de 150 dépôts en France.

En particulier, un ancien maçon, né près d'Arras en 1842, devenu entrepreneur à Bruxelles, François HENNEBIQUE, dépose en 1892, dix ans après COIGNET, un brevet pour une poutre en béton, armée haut et bas de fers ronds solidarités entre eux par des étriers en fer plat. Devant la difficulté de concurrencer, depuis Bruxelles, des entreprises solidement implantées en France, il abandonne dès 1898 son entreprise de construction pour exploiter uniquement, au titre d'ingénieur consultant, la concession de ses brevets à travers le monde. Il développe ainsi « à l'américaine » un vaste réseau d'agents généraux répartis dans le monde entier (290 en 1902) soutenus techniquement par des agents régionaux et par un bureau d'études faisant appel à de nombreux

1. L'Essor du Génie Civil - Centraliens, N° 500 (novembre 1998).

jeunes Centraliens dont la mission est de projeter les ouvrages, de prescrire les méthodes d'exécution et d'assurer l'assistance technique sur chantier, véritable B.E.T. avant l'heure.

Son succès est considérable. En 1914, il compte sept cent vingt cinq concessionnaires répartis dans 38 pays, construisant selon les plans établis par la centaine d'ingénieurs et dessinateurs qui travaillent dans son bureau d'études.

Pour améliorer son image de marque, il fait appel en 1898 à Edouard ARNAUD (ECP 1888), Ingénieur-Architecte, pour dessiner les plans du futur Siège Social moderne qu'il veut

construire à Paris, 1 rue Danton. Le terrain, exigu, de forme triangulaire, se révélait inconstructible si l'on faisait appel aux structures traditionnelles de l'époque : murs en pierres de taille et planchers à « l'ancienne », lourds et épais.

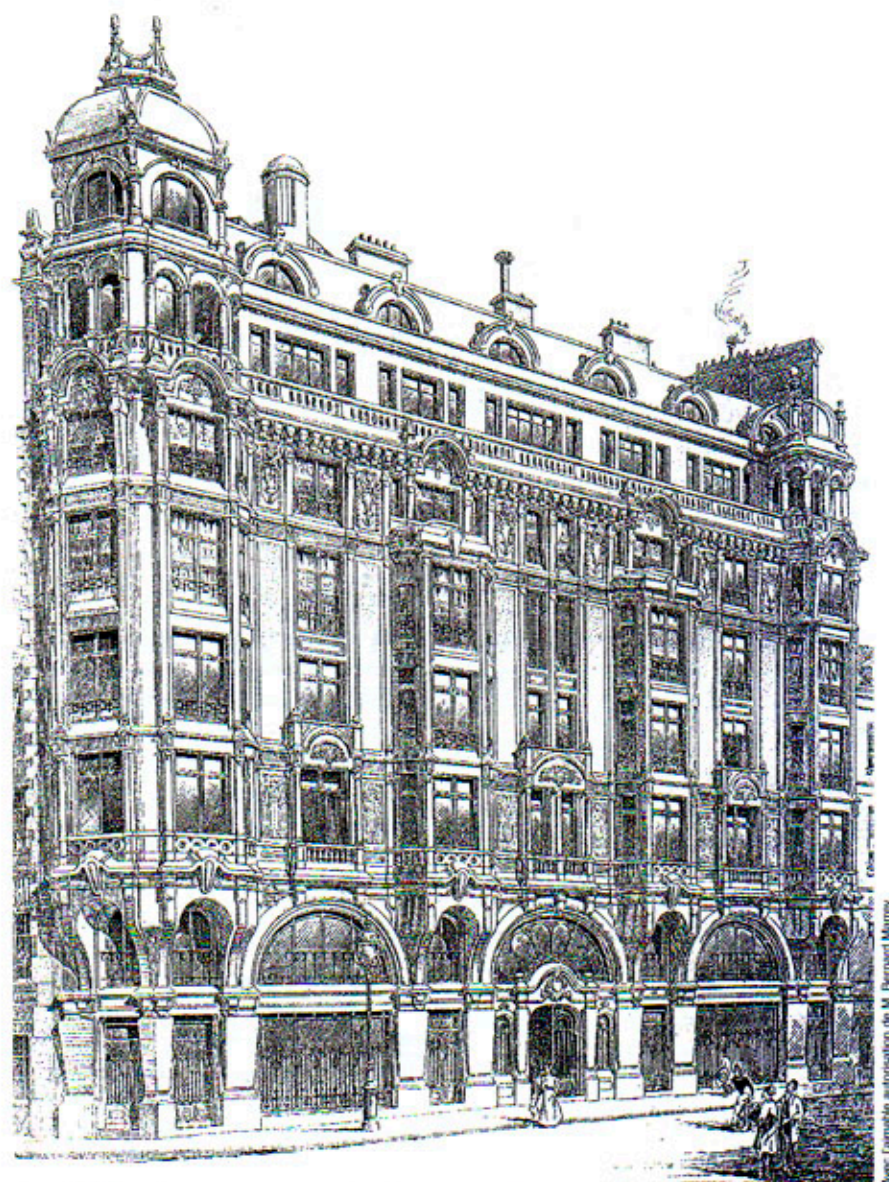
L'utilisation par ARNAUD de poteaux en B.A., l'emploi de porte-à-faux permettant de gagner de la surface sur les façades en créant des Bow-Windows, et enfin la faible épaisseur des planchers en B.A. autorisant un étage de plus dans le gabarit imposé, permirent à HENNEBIQUE d'obtenir la surface habitable qu'il désirait.

C'est dans ces nouveaux bureaux, constituant une démonstration éclatante des possibilités du nouveau matériau, que s'installent les jeunes Centraliens constituant le noyau technique de l'entreprise. On peut ainsi, relever dans l'annuaire 1913 de l'Association les noms suivants : RENOUS (1881), SERVIN (1888), PICOT (1891), BAFFREY (1894), FLAMENT (1895), GENOUVILLE (1897), MARTIN (1898), FOURNIER (1899), HERMANT (1901), GOUYAUD et MODIANO (1905). En 1930, BAFFREY (cité ci-dessus), qui fut Président de la « HENNEBIQUE CONSTRUCTION Cie à New York », devint Administrateur Délégué de la Société BAFFREY HENNEBIQUE qui succéda à la Société des Bétons Armés HENNEBIQUE. Un autre Centralien, BOILLEVE (1924), en fut plus tard Président Directeur Général.

Signalons qu'ultérieurement ARNAUD fut pendant de longues années (de 1910 à 1936) professeur du cours d'Architecture et de Constructions Civiles à l'Ecole Centrale. Son cours, publié, est resté pour beaucoup la Bible du Constructeur.

On peut rapprocher du succès mondial de Hennebique, celui de la Société Technique pour l'Utilisation de la Précontrainte (STUP) fondée en 1943 par Edme CAMPENON, Président de l'Entreprise CAMPENON-BERNARD, ayant pour objet la mise en valeur, la défense et l'exploitation des procédés de précontrainte inventés par Eugène FREYSSINET, procédés dont elle était alors la seule détentrice. Cette société, présente dans la plupart des grands pays du monde, garda pendant longtemps une part très importante du marché de la précontrainte grâce à un système utilisant les mêmes méthodes d'intervention auprès des entreprises (conception des projets, moniteurs, instructions techniques très détaillées, cession de brevets, etc.).

De nombreux Centraliens y firent carrière, en particulier : CHAUDESAIGUES (1945), Jean MULLER (1947 A), KOVANYKO (1949), FUZIER (1965) déjà cités par ailleurs.



Immeuble de bureaux, 1, rue Danton, Paris 6^e. Architecte : Edouard Arnaud. Procédés Hennebique.

Edmond COIGNET (1879) le plus souvent directement, mais aussi comme Hennebique, grâce à des concessionnaires, appliqua ses brevets principalement en Europe mais également en Afrique (Maroc) et en Amérique du Sud (Brésil et Argentine).

La seule différence importante entre les deux techniques résidait dans les étriers destinés à résister à l'effort tranchant. Au lieu d'étriers en fer plat contre coudés, très simples à mettre en œuvre, employés par Hennebique, COIGNET préconisait des étriers en fer rond, façonnés à la main, dont le tracé n'a pas changé depuis cette époque. Aujourd'hui, façonnés mécaniquement, ils sont les seuls utilisés dans le monde entier.

COIGNET, plus théoricien que son concurrent HENNEBIQUE, qui refusa toujours de communiquer ses méthodes de calcul (de son aveu « tant soit peu entachées d'empirisme »), énonça en 1889 le principe qui nous paraît aujourd'hui évident : « le fer résistant à l'extension et le béton à la compression ont constitué par la combinaison des deux matières, *un ensemble homogène* ».

En 1894, il exposa à la tribune des Ingénieurs Civils de France, ses méthodes de calcul déduites de nombreuses expériences et réalisations. Ceci lui valut de participer dès 1901 aux travaux de la Commission chargée d'établir le règlement de calcul du B.A., dans laquelle il fut rejoint ultérieurement par son Camarade CANAL (1903).

La rédaction très controversée aboutit difficilement le 20 octobre 1906 à la publication, sous la présidence du Mathématicien Maurice LEVY, professeur à l'Ecole Centrale depuis 31 ans et au Collège de France depuis 21 ans, d'une circulaire, qui malgré ses imperfections notoires, assura le développement du Béton Armé.

Pour réaliser ses études et ses travaux, COIGNET s'entoura, comme son grand concurrent, de Centraliens. Dans l'annuaire de 1913, on trouve : de TEDESCO (1872), RAGENARD (1902), DUMOUCHEL, JACOBSON



Le Château d'Eau de l'Exposition 1900 (Edmond Coignet).

et GILLET (tous de 1905), RIGAL et MENA (de 1906). On leur doit entre autres :

- le Château d'Eau de l'Exposition de 1900,
- le Casino de Biarritz, première application de la préfabrication,
- le platelage du Pont sur la Pétrusse à Luxembourg,
- les bureaux de la Compagnie Générale du Canal à Suez,
- les caissons en B.A. du port de Bahia au Brésil.

Le développement du béton armé entre les deux guerres

Ce développement résulte essentiellement de l'intérêt porté dès 1905, par les architectes, à la suite d'Anatole de BAUDOT, au nouveau matériau dont les entreprises ont alors acquis une grande maîtrise du projet et de la mise en œuvre. Des architectes comme Auguste et Gustave PERRET et François LE CŒUR s'efforcent alors de créer ce que l'on peut appeler le nouvel ordre architectural du Béton Armé.

Dès 1920, ces idées novatrices sont relayées par MALLET-STEVENS, LE CORBUSIER, POL-ABRAHAM, Jean DEMARET (ECP 1924), professeur de Génie Civil à l'Ecole Centrale, ROUX-SPITZ, etc.

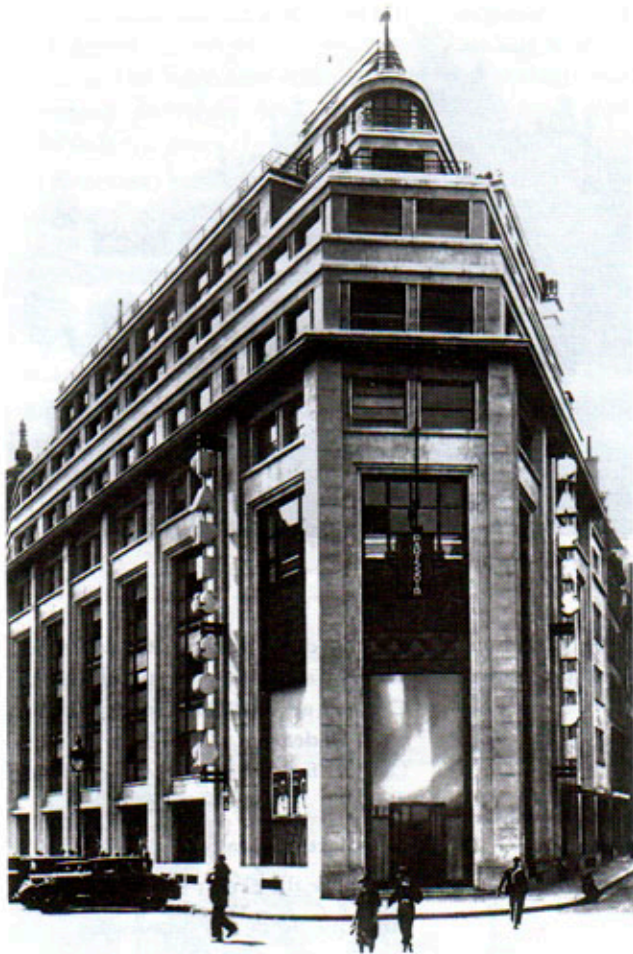
Du côté des entreprises nouvellement créées, signalons particulièrement CANAL et SCHUHL, société fondée et présidée en 1909 par CANAL (1903), fervent promoteur du Béton Armé.

A son actif, signalons :

- le Siège du Crédit Lyonnais à Paris ainsi que 30 de ses succursales ;
- 17 succursales de la Banque de France ;
- l'immeuble de Paris Soir (actuellement occupé par le Figaro) Rue du Louvre à Paris dont les sous-sols baignent dans la nappe phréatique sur 15 m de profondeur ;
- le siège de l'Air Liquide ;
- les Hôtels George V et Ambassador à Paris ;
- les Usines Cadum à Courbevoie ;
- etc.

CANAL embaucha en 1927 BALENCY-BEARN (1923), grand technicien également qui remit en marche l'entreprise à la Libération en 1945 sous le nom de BALENCY et SCHUHL, avec l'aide de LEROY (1942 B).

COIGNET étant mort en 1915, l'entreprise ne reprit vie qu'après l'Armistice sous la direction dynamique d'Alfred JACOBSON, major des majors de l'Ecole Centrale, qui avait été embauché en 1906 et qui à la déclaration de guerre était Directeur Technique de la Société. Il avait déjà en 1912 dirigé pour un concessionnaire à Dakar, la construc-



Immeuble de bureaux, rue du Louvre à Paris pour le journal « Paris Soir » (actuellement occupé par « Le Figaro ». Architecte : M. Leroy, Entreprise : Canal et Schuhl.

tion de quais en A.O.F. (St Louis - Rufisque et Kaolack). Ses recherches sur l'emploi du Béton en zone tropi-

cale lui permettent en 1928 de traiter la construction du nouveau port archidien de Kaolack au Sénégal

(apportement de 700 m de longueur fondé sur pieux battus en B.A.) et de réaliser le franchissement de la rivière Le Saloum par un pont en B.A. de 200 m de longueur. Ce pont représente la première application de la technique maintenant généralisée de construction d'un ouvrage travée par travée par coulage sur un cintre auto-lanceur métallique.

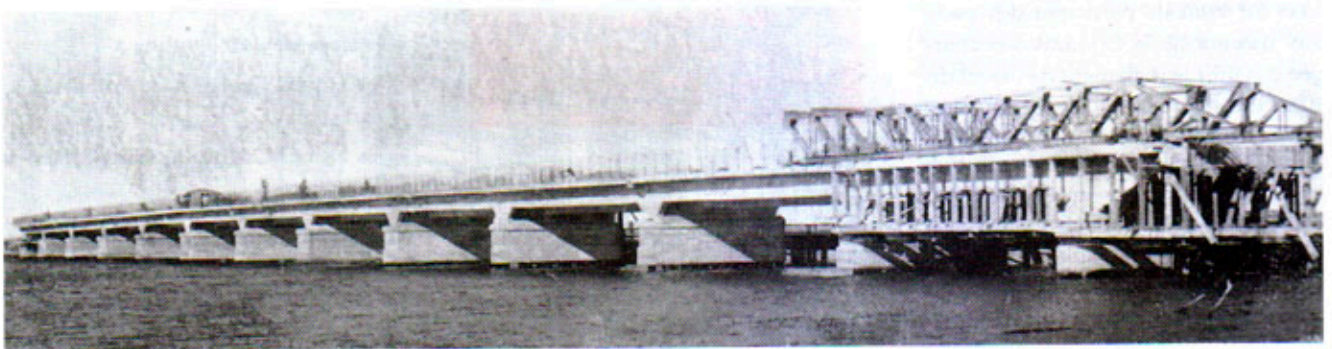
En France sont réalisés sous sa direction de nombreux travaux de Génie Civil : bâtiments industriels, installations minières, le Cinéma Marignan à Paris, des gares (Versailles Chantier - Le Havre), des travaux d'eau multiples, etc.

Alfred JACOBSON (cinq fois blessé) dont la conduite fut héroïque au cours des deux guerres mondiales où il servait dans l'Artillerie a été élevé en 1967 à la dignité de Grand-Croix de la Légion d'Honneur à titre militaire.

Sa connaissance approfondie des problèmes africains lui a valu de siéger de 1947 à 1958 à l'Assemblée de l'Union Française dont il était Président de la Commission du Plan, de l'Équipement et des Communications. Il fut Président de la Société des Amis de l'École Centrale et Vice Président du Conseil de l'École. ■

(A suivre)

Gilbert LACOMBE (1946)



Pont-route en béton armé sur le Saloum, à Kaolack, Sénégal (longueur 200 m ; 12 travées de 17 m, pieux de 16 à 20 m). Entreprise Coignet, 1928.

A la suite de mon premier article, paru dans le numéro 500 de la revue des Centraliens, j'ai reçu de précieuses indications de nombreux lecteurs, dont j'ai tenu compte pour rédiger ce second article s'arrêtant à 1940.

Je fais, de nouveau, appel aux spécialistes du Génie Civil pour m'aider à terminer la rédaction du troisième papier à paraître prochainement, relatif à la période comprise entre la Libération et aujourd'hui.

Merci à l'avance.

Gilbert LACOMBE
Ingénieur des
Arts et
Manufactures
Professeur à
l'École
Centrale de
Paris



Ingénieur Conseil