



## Les Grands Centraux

# BERTRAND DE FONTVIOLANT

(1862-1954)

PROMOTION 1882

## Sa vie, son œuvre

PAR J. BLEVOT (27)

**C'**est avec émotion que tous les Centraux ont appris, au début de l'année 1954, le décès, à l'âge de quatre-vingt-douze ans, de BERTRAND DE FONTVIOLANT, qui enseigna la Résistance des Matériaux à 45 promotions de notre École.

Une courte notice biographique est parue dans le numéro 31 d'*Arts et Manufactures*, mais l'Association amicale a pensé que la longue et brillante carrière de BERTRAND DE FONTVIOLANT méritait d'être retracée plus complètement dans sa revue.

Le privilège d'avoir travaillé à ses côtés au Bureau Securitas, d'avoir été Répétiteur du Cours qu'il avait professé avec tant d'éclat, et d'avoir entretenu fidèlement quelques relations avec lui jusque dans sa retraite m'a valu d'être choisi pour évoquer, dans ces colonnes, la carrière et la figure de notre Maître, de l'ingénieur, du savant et du professeur qu'il fut tout à la fois.

Né à Romilly-sur-Seine le 17 septembre 1861, Eugène BERTRAND DE FONTVIOLANT était entré à l'École Centrale à l'âge de dix-huit ans. Il en sortait en 1882, 3<sup>e</sup> de sa promotion et 2<sup>e</sup> de la spécialité « Constructeurs », spécialité qu'il ne devait jamais abandonner.

En 1883, il entra à la Compagnie du Chemin de Fer du Nord et y resta jusqu'en 1887 comme Sous-Chef du Bureau des Études du matériel des voies et des ponts métalliques.

En 1888, il fut appelé à la Compagnie Fives-Lille comme Sous-Chef du Service des Ponts et Charpentes et Constructions diverses. Il devait diriger ce Service de 1900 à 1919.

Dans ces fonctions, il eut à établir les projets d'exécution d'ouvrages importants, parmi lesquels on peut citer notamment :

- Pont en arc à trois rotules sur la Saf-Saf (Algérie) (1888);
- Montage des charpentes de la grande Galerie des Machines de l'Exposition Universelle (1889);
- Pont sur le Danube à Cernavoda (Roumanie) (1891);
- Pont sous voie ferrée comportant une tracée centrale de 190 m et quatre travées de 140 m;
- Pont international sur le Peï-Ho à Tien-Tsin (1902);
- travée tournante à double volée de 28,2 m de longueur;
- Viaduc sur le Guadahortuna (Espagne) (1892-1898);
- ouvrage de 621,30 m de longueur totale;

— Viaduc sur le Rio Salado (Espagne) : ouvrage de 314 m de longueur à trois travées de 105 m;

— Charpente métallique de la Gare du quai d'Orsay à Paris;

— Ponts-routes sur le Nil, à Boulak et à Ghezireh (1908);

— Grue pivotante de 150 t, de l'Arsenal de Brest (1908);

— Viaduc d'Eauplet, sur la Seine, près de Rouen (1912-1915).

En 1919, BERTRAND DE FONTVIOLANT passait aux Établissements Daydé comme Ingénieur-Conseil. Il devait conserver ces fonctions jusqu'en 1937. Il a dirigé à ce titre les études d'ouvrages particulièrement importants, parmi lesquels on peut mentionner :

— Pont de Pirmil, à Nantes (1923) : cantilever de portées 59 + 108 + 59 m;

— Pont tournant du Bassin Président-Wilson à Marseille (1924);

— Pont Rama VI sur le Ménam à Bangkok (1925);

— Pont mixte de 442 m de longueur totale, travées de 84 m et 120 m;

— Pont-rail à l'Usine à Gaz du Cornillon en travées courbes continues;

— Pont sur la Seine à Billancourt (Usines Renault) (1926) : cantilever à membrures de suspension;

— Viaduc à La Rochelle-Pallice (1930);

— Pont flottant sur la lagune Ebrié à Abidjan (1930) : pont mixte de 290 m de longueur totale;

— Pont sur le Tarn à Moissac (1931) : pont-rail à treillis; trois travées 95,80 m + 120 m + 95,70 m;

— Pont de Port de Pascau (1933);

— Pont sur la Seine à Neuilly (1937).

Dès la fondation du Bureau Securitas, BERTRAND DE FONTVIOLANT était choisi comme l'un des Vice-présidents de cet Organisme et comme Président de la Commission de la Construction Métallique. A ce titre, les difficultés rencontrées par les ingénieurs dans l'exercice du contrôle lui étaient soumises. Il les étudiait avec cette rigueur et cette clarté qui lui étaient propres, s'attachant surtout au problème important et si souvent négligé de la transmission des efforts dans les assemblages.

En 1937, BERTRAND DE FONTVIOLANT se retirait dans sa propriété de Valesville, en Haute-Garonne. S'il terminait ainsi

sa carrière si remplie de constructeur, il n'abandonnait pas pour autant toute activité intellectuelle et, dans sa retraite, il devait poursuivre ses travaux scientifiques. Son œuvre, dans le domaine de la Résistance des Matériaux, est considérable.

De 1885 à 1947, plus de trente mémoires originaux ont été publiés par BERTRAND DE FONTVOLIANT dans les Comptes rendus de l'Académie des Sciences, dans le Bulletin des Sciences Mathématiques ou celui de la Société des Ingénieurs Civils, dans le Génie Civil, dans les Annales de l'Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics.

Il n'est pas possible, dans le cadre de cette notice, d'analyser — même sommairement — les mémoires les plus importants de BERTRAND DE FONTVOLIANT mais, parmi tous ses travaux, il en est un qui domine les autres, c'est l'établissement de son « Équation générale de l'élasticité » dont la démonstration a été donnée en 1907.

Les méthodes dont l'ingénieur dispose pour déterminer les déformations élastiques et calorifiques d'un système quelconque et pour calculer les forces de liaison surabondantes d'un système hyperstatique peuvent se classer en deux grandes catégories :

— celles d'ordre géométrique, comme les équations de Bresse;

— et celles d'ordre énergétique, tels les théorèmes de Castigliano et de Menabrea.

Les équations de Bresse, d'un usage très répandu en France, présentent l'avantage incontestable de procéder d'une façon plus directe. Elles ont, par contre, le double inconvénient de ne pas se prêter à l'étude des systèmes à trois dimensions et de nécessiter très souvent l'introduction d'inconnues auxiliaires.

Quant à l'utilisation des théorèmes énergétiques, elle ne permet de déterminer les effets calorifiques que moyennant l'introduction d'une expression modifiée du potentiel interne due à Ernest FLAMARD et tous les spécialistes savent que les dérivations qu'on est conduit à faire comportent certains pièges dont il importe de se méfier.

De pareilles difficultés ne se rencontrent pas dans l'application des méthodes déduites de l'Équation générale de BERTRAND DE FONTVOLIANT. Cette équation permet d'aborder l'étude des systèmes à trois dimensions sans difficultés excessives. D'autre part, les calculs découlant de son application permettent généralement d'arriver plus vite aux résultats car il n'y intervient aucune inconnue auxiliaire, ainsi que l'a signalé Augustin MESNAGER dans son analyse du livre « Les Méthodes modernes de la Résistance des Matériaux », de BERTRAND DE FONTVOLIANT.

La méthode consiste à considérer le système étudié dans deux états conjugués :

— le premier étant l'état réel, généralement hyperstatique;

— le second, un état où le système est rendu isostatique et soumis à des forces auxiliaires judicieusement choisis.

L'Équation de BERTRAND DE FONTVOLIANT exprime l'égalité entre :

— le travail des forces auxiliaires calculé pour les déplacements réels dans le système hyperstatique sous l'influence des forces extérieures et de la variation de température;

— et le travail des forces élastiques internes engendrées par les forces auxiliaires dans le système isostatique, ce travail étant calculé pour les déformations réelles du système hyperstatique sous l'influence des forces extérieures et de la variation de température.

Comme l'a remarqué notre Camarade R. CHAMBAUD (1909), ceci revient à écrire une forme polaire de l'équation de CLAPEYRON. M. CHAMBAUD a également noté que divers auteurs ont retrouvé dans des cas particuliers, notamment celui des poutres continues, par application directe du théorème des travaux virtuels et du théorème de MAXWELL, des méthodes qui rentrent dans le cadre de l'Équation de BERTRAND DE FONTVOLIANT mais sans reconnaître la généralité de cette Équation.

A. MESNAGER a pu dire, dans l'analyse citée plus haut, que l'« Équation générale de BERTRAND DE FONTVOLIANT synthétise toute la théorie de déplacements élastiques et calorifiques en Résistance des Matériaux » et il ajoutait : « Elle est à cette science ce qu'est à la Mécanique rationnelle la formule générale de la dynamique de LAGRANGE. Il en découle immédiatement une méthode générale de calculs des déplacements élastiques et calorifiques et une méthode générale de détermination des forces de liaison dans les systèmes hyperstatiques soumis à des forces extérieures quelconques ainsi qu'à des actions calorifiques, que ces systèmes soient plans ou à trois dimensions. Ces méthodes conduisent au résultat cherché d'une façon pour ainsi dire automatique. »

L'Équation générale de BERTRAND DE FONTVOLIANT a permis à son auteur d'aborder des questions qui n'avaient pu être résolues avant lui d'une façon satisfaisante :

— l'étude de l'effet du vent sur les ponts à poutres droites et les ponts en arc;

— l'étude des ponts circulaires à une seule travée ou à travées continues;

— l'étude des ponts polygonaux à travées continues.

Signalons que BERTRAND DE FONTVOLIANT est le premier en France qui, à notre connaissance, ait donné l'expression exacte du potentiel mettant en compte les déformations dues à l'effort tranchant.

L'œuvre maîtresse de BERTRAND DE FONTVOLIANT est son Traité de Résistance des Matériaux analytique et graphique, en trois volumes, parus en 1923, 1927 et 1935 aux Éditions Baillière.

— Le premier volume expose les théories générales et traite des poutres droites isostatiques et hyperstatiques. On y trouve notamment des méthodes nouvelles permettant de tenir compte des déformations dues à l'effort tranchant dans la construction de la ligne élastique d'une poutre droite et dans l'étude analytique et graphique des poutres continues.

— Le deuxième volume est consacré à l'étude des arcs isostatiques et hyperstatiques et des portiques continus articulés ou encastrés.

Les méthodes exposées permettent de mettre en compte non seulement les déformations dues au moment de flexion et à l'effort normal, mais également celles dues à l'effort tranchant par la considération des lignes et des moments conjugués.

— Le troisième volume est consacré à l'étude des systèmes à trois dimensions : systèmes tubulaires soumis à la torsion, action du vent sur les ponts à poutres droites et en arc, ponts circulaires à une seule travée et travées continues, viaducs polygonaux à travées continues. Ensuite sont exposées la question de l'équilibre et de la poussée des terres et celle des ouvrages en maçonnerie, notamment des voûtes.

Ses travaux scientifiques ont valu à BERTRAND DE FONTVOLIANT l'attribution :

— par l'Académie des Sciences, du prix Monthyon de Mécanique appliquée (1894), du Grand prix des Sciences mathématiques (1926) et du Prix Poncelet (1933);

— par la Société des Ingénieurs Civils de France, du prix annuel (1885), du prix Nozo (1894), du prix Schneider (1902) et du prix Félix Moreaux (1912 et 1922);

— par la Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale, la Grande médaille d'or des Constructions et Beaux-Arts (1911).

Le renom que valut à BERTRAND DE FONTVOLIANT l'ensemble de ses travaux scientifiques l'a fait désigner pour remplir diverses fonctions officielles :

— en 1888-89, il fut Membre du Comité d'Organisation du Congrès International des Procédés de Construction à l'Exposition Universelle de 1889 (Ministère du Commerce et de l'Industrie);

— de 1891 à 1900, il fut Membre de la Commission des Méthodes d'Essais des matériaux de construction, sous l'égide du Ministère des Travaux Publics;

— de 1908 à 1918, Membre du Conseil de perfectionnement de l'École Nationale Supérieure des Mines;

— de 1911 à 1928, Membre du Conseil de la Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale;

— de 1918 à 1920, Membre de la Commission Technique pour l'unification des cahiers des charges des produits métallurgiques (Ministère du Commerce et de l'Industrie).

Il fut Président de la Société Mathématique de France pour l'année 1927.

\*

Mais, autant qu'un grand constructeur et qu'un grand savant, BERTRAND DE FONTVOLIANT fut, pour 45 promotions de Centraux, un professeur incomparable. Par son enseignement, il a participé activement à la formation de nombreux ingénieurs dont les travaux industriels ont démontré la valeur et augmenté le prestige de notre École et de notre Pays.

Nommé en 1888 Répétiteur du Cours de Mécanique Appliquée, il devenait en 1893, à l'âge de trente-deux ans, titulaire de la chaire du Cours de Résistance des Matériaux professé en seconde année. Ce Cours prenait, en 1897, la dénomination de « Résistance des Matériaux théorique et appliquée » et, en 1910, celle de « Cours de Mécanique appliquée à la Résistance des Matériaux ». Il restait titulaire de ce Cours jusqu'en 1937, année où il prit sa retraite avec le titre de Professeur honoraire.

L'originalité de l'enseignement de BERTRAND DE FONTVIOLANT résidait dans le fait qu'il considérait la Résistance des Matériaux comme entité et science propre et non comme un succédané de la Théorie mathématique de l'Élasticité. Cette conception, qui a toujours été repoussée dans d'autres écoles, est souvent discutée. Elle soulève, sur le plan théorique, des objections évidentes et, cependant, si on la juge à ses fruits, on peut l'estimer généralement justifiée.

L'appareil mathématique de la Théorie de l'élasticité est souvent si complexe qu'il laisse sans réponse nombre de problèmes qui se posent journalièrement à l'ingénieur.

La Résistance des Matériaux introduit, dès le départ, des hypothèses simplificatrices qui permettent une solution suffisamment approchée de beaucoup de problèmes courants.

Les premières leçons du Cours de BERTRAND DE FONTVIOLANT, et notamment celles consacrées à l'étude géométrique de la déformation la plus générale de la tranche d'une pièce prismatique jetaient une lumière particulièrement vive sur les notions fondamentales de la Résistance des Matériaux.

Combien d'entre nous, parmi ceux que l'exercice de leur profession a mis en contact avec de jeunes ingénieurs, ont pu constater que ceux qui ont débuté par l'étude de la Théorie mathématique de l'élasticité ont souvent plus de difficulté à aborder les problèmes simples et à assimiler certaines notions usuelles fondamentales que l'enseignement de la Théorie de l'élasticité noie pour beaucoup dans un flot d'équations.

Les caractéristiques essentielles de l'enseignement de BERTRAND DE FONTVIOLANT étaient une extrême clarté et un grand souci de la forme.

Il commençait toujours l'étude d'un problème par l'exposé complet et précis des hypothèses, ce qui est encore plus essentiel dans les sciences appliquées que dans les sciences exactes.

Dans ses livres et ses mémoires comme dans son cours oral, BERTRAND DE FONTVIOLANT utilisait toujours le terme ou l'expression propres; il apportait dans ce choix une rigueur de mathématicien.

Enfin, ses anciens élèves ont souvent admiré les figures et les épures qu'il dessinait au tableau; même les plus compliquées restaient parfaitement lisibles, mais peu d'entre nous savent que cette netteté était le fruit d'un effort supplémentaire que BERTRAND DE FONTVIOLANT s'imposait en dessinant complètement en traits fins, avant l'amphi, toutes les épures difficiles.

Toutes ces qualités lui conféraient une grande autorité sur les élèves et, même dans les dernières années où sa voix perdait un peu de sa force, il retenait leur attention. Son nom fut tellement inséparable du Cours de Résistance des Matériaux que, dix ans après la retraite de BERTRAND DE FONTVIOLANT, le Cours de Résistance des Matériaux, bien qu'enseigné par le remarquable professeur que fut son disciple Edouard CALLANDREAU, était encore souvent, pour les Élèves, le « Cours B. D. F. ».

Nommé Membre du Conseil de l'École en 1897, BERTRAND DE FONTVIOLANT en était Vice-Président en 1923, Président en 1930, et enfin Président d'Honneur en 1935. De 1919 à 1944, il avait assumé la présidence du Concours d'admission.

Pour reconnaître les grands services rendus par BERTRAND DE FONTVIOLANT comme ingénieur, comme savant et comme professeur à l'École Centrale, le Gouvernement l'avait promu Chevalier de la Légion d'honneur en 1903, Officier en 1923, Commandeur en 1931.

Ce portrait serait bien incomplet si l'on n'évoquait en quelques mots l'homme, sa grande probité et aussi, sous des dehors quelquefois un peu rudes, son grand cœur.

Certaines réactions assez vives ont contribué à établir la réputation d'un caractère difficile souvent faite à BERTRAND DE FONTVIOLANT; la vérité est qu'il avait trop de droiture d'esprit et de cœur pour ne pas mobiliser son dynamisme contre tout ce qui ne lui paraissait pas vrai ou juste. Tous ceux qui l'ont approché savent combien il était capable de délicatesse de sentiments, d'amitié et même de fidèle affection.

La grande œuvre de constructeur et les travaux scientifiques de BERTRAND DE FONTVIOLANT ont puissamment contribué au renom de notre École et de notre Pays. A ce double titre, BERTRAND DE FONTVIOLANT mérite déjà l'admiration de tous les Centraux, mais, par la valeur de son enseignement, il a droit à la gratitude de tous ceux qui furent ses élèves et spécialement de ceux qui ont constitué les cadres de tant de bureaux d'études de construction métallique et de béton armé.



**A D I R I G É L A**



**RÉALISATION DE CES**



**IMPORTANTES OUVRAGES**

De haut en bas : Le Viaduc d'Eauplet. Charpente métallique de la Gare d'Orsay à Paris. Le Pont Alexandre-III à Paris.