

Bernard Laffaille (1900-1955), constructeur et ingénieur-conseil L'œuvre pionnière d'un Centralien

Innovation : ce nouvel article est signé d'un historien. Diplômé d'H E C, Nicolas Nogue ne s'accomplissait pas dans la vente des lessives : il avait le virus de l'histoire et préférait les études sociaux économiques aux études de marché. Son cursus l'a conduit dans le monde des ingénieurs et dans celui des architectes, à la Direction de l'architecture et du patrimoine au ministère de la Culture.

C'est sur l'œuvre de Bernard Laffaille, Centralien de la promo 23 A, qu'il a soutenu avec succès l'an dernier une thèse de doctorat en histoire de l'art devant l'Université Paris I Panthéon Sorbonne. Le voici maintenant professeur à l'École d'architecture de Normandie à Rouen.

Alors que CENTRALE HISTOIRE venait élargir nos objectifs et nos forces vives, n'était-ce pas le moment de lui demander sa collaboration ? Il est prêt à la poursuivre, car il connaît bien la contribution des centraliens à l'architecture. A suivre. Si vous n'appréciez pas, dites le nous. Si vous aimez, dites le aussi.

Jacques Dureuil (49),
Président de Centrale Histoire

Au cours d'une œuvre qu'il déploya des années vingt aux années cinquante, Bernard Laffaille inaugura de nouvelles formes constructives en exploitant, grâce à l'outil mathématique, les qualités de résistance propres aux voiles minces de béton armé et de métal. Pionnier des coques gauches, des couvertures suspendues et prétendues, il s'entoura de collaborateurs centraliens pour mener à bien ses recherches qui marquèrent profondément l'architecture « moderne » des années cinquante et soixante. C'est cette articulation entre les innovations conduites par Laffaille et ses relations avec les Centraliens et l'Ecole Centrale que nous souhaitons mettre en lumière dans le présent article.

Les voiles minces de béton armé et de métal

Diplômé de l'Ecole Centrale en 1923 (23c), Laffaille s'intéressa dès les premières années de son activité professionnelle aux propriétés constructives des « surfaces gauches » en coque de béton armé. Ces structures – conoïdes, paraboloides hyperboliques (ou p.h.) et autres hyperboloides de révolution – présentent en effet des qualités de rigidité incomparables que leur confère leur double courbure inverse. L'ingénieur fut l'un des premiers à déceler en elles une solution à la fois fonctionnelle et économique aux problèmes de la couverture des bâtiments industriels qu'il concevait alors.

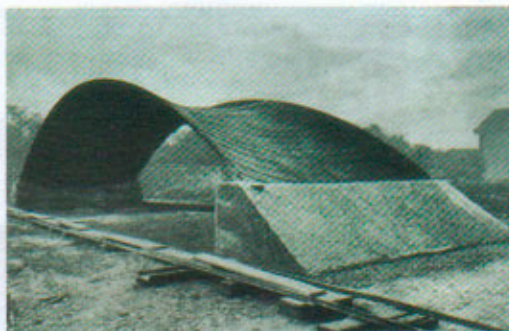
Entre 1928 et 1930, il construisit les premiers conoïdes sous forme de sheds et, en 1933, réalisa à Dreux les premiers paraboloides hyperboliques pour un auvent d'essai, en vue de valider expérimentalement sa théorie générale des surfaces



Garage, Charleville, en 1930, sheds conoïdes

gauches, qu'il publia en 1935 dans le cadre de l'Association internationale des ponts et charpentes (AIPC). L'ingénieur employa ces surfaces dans de nombreux projets en combinant les coques de façon à constituer des types de structures inédits, pour la couverture de hangars d'aviation et des marquises de quai notamment.

Applicant à la construction en tôle mince les idées développées pour les coques de béton armé, Laffaille fit également figure de pionnier dans le domaine des couvertures métalliques. En 1935, il exécuta plusieurs prototypes en tôle conçus comme des éléments de couverture pour hangars et entrepôts. Extrêmement légers et économiques, ces prototypes



Prototype, hyperboloïde de révolution, 1 km de portée, tôle soudée de 2 mm, 1935

explorent les propriétés du matériau tôle sous forme de structures de quelques millimètres d'épaisseur seulement, à double courbure inverse ou à simple courbure, autoportantes ou suspendues. Elles firent l'objet de remarquables projets de hangars dont un seul type put être réalisé sur les bases militaires de Cazaux et Dijon (1935-1936), pour le compte du Ministère de l'Air. Il s'agit d'un hangar d'aviation de 67 m d'ouverture dont la couverture se compose de coques cylindriques de 33 m de longueur pour 3 mm d'épaisseur.

Une équipe de Centraliens

Bien entendu, Laffaille ne conçut pas seul ses innovations. Pour les mener à bien, il s'appuya sur un réseau d'ingénieurs centraliens, aux spécialités et compétences complémentaires. Pour le dépôt de ses brevets d'invention, il fut conseillé par Pierre Loyer (20), professionnel de la propriété industrielle. En 1932, au moment où se posa le problème de la modélisation mathématique des voiles minces qu'il élaborait, il sollicita le concours de Léon Beschkine (32), ingénieur chez l'avionneur Louis Bréguet, excellent mathématicien. Sur les conseils de Jacques Hadamard, son professeur d'analyse géométrique à Centrale (avec qui il entretenait une relation suivie après sa sortie de l'Ecole), Laffaille entra également en contact avec le mathématicien d'origine roumaine, Florin Vasile-



Pavillon de la France à la foire de Zagreb, 1936-1937, vue intérieure sous la couverture suspendue

co, afin de l'assister dans le calcul mathématique de la stabilité des surfaces minces. Les trois hommes – Laffaille, Beschkine et Vasilescu – eurent ainsi l'occasion de publier les résultats de leurs recherches en 1935 et 1936 à l'AIPC et à l'Académie des sciences.

Enfin, toujours dans le cadre de l'établissement de la modélisation mathématique de ces nouvelles structures, Laffaille employa en 1933 Léger Issenmann-Pilarski (26) pour conduire les essais sur les coques en p.h. de son avertisseur expérimental de Dreux. Cette collaboration s'avéra fructueuse puisque Issenmann-Pilarski devint par la suite l'un des principaux « vulgarisateurs » des méthodes de calcul des voiles minces à travers de nombreux articles, dans la revue *Le Génie civil* notamment, et l'ouvrage de référence, *Calcul des voiles minces en béton armé*, publié en 1935 chez Dunod.

Laffaille put aussi compter sur l'appui de deux entrepreneurs centraliens, appui qui s'avéra fondamental. Louis-Pierre Brice (24), dirigeant des établissements Sainrapt & Brice, lui permit de réaliser des essais sur maquettes. Brice dispensait également des cours de formation continue pour les centraliens en activité. Dans ses cours, il présentait les travaux novateurs de Laffaille, à côté de ceux d'autres pionniers des structures en voiles et coques comme Eugène Freyssinet.

Laffaille entra aussi en contact avec l'entrepreneur Pierre Rouzaud (20)

dont il devint l'ingénieur-conseil à partir de 1933. Auparavant, Laffaille était directeur technique et gérant de sa propre entreprise, la « Construction de couvertures et charpentes en ciment », surnommée la « 4C ». Il se rapprocha de Rouzaud après avoir été évincé de sa société par le conseil d'administration qui, semble-t-il, ne souhaitait plus soutenir sa politique d'innovations. L'ingénieur se tourna donc vers Rouzaud pour poursuivre ses recherches, notamment dans le domaine des couvertures métalliques mais aussi, on le verra, dans celui de la préfabrication lourde.

Grâce à ce réseau de centraliens, Laffaille fut à même d'établir la théorie générale des surfaces gauches minces qui, grâce au relais de l'AIPC, reçut un écho international. Ce réseau lui fut d'autant plus précieux qu'il se trouvait alors en concurrence avec l'ingénieur des Ponts et Chaussées, Fernand Aimond (1902-1984), chef du Service des études du ministère de l'Air, qui s'était spécialisé dans l'étude des coques en p.h. et publia également dans la presse française, et dans le cadre de l'AIPC, des communications fondamentales entre 1933 et 1936.

La naissance de la prétension

Dès la seconde moitié des années 30, Laffaille inaugura par ailleurs le concept des couvertures « prétendues » – en cela, il représente aussi l'un des pionniers des structures textiles tendues actuelles. Son idée était d'appliquer une « précontrainte de tension » à des surfaces métalliques suspendues si légères qu'il faut les stabiliser face aux



Hangar à Cazaux, 1935-1936, couverture en tubes cylindriques de 37 m de portée



Centre émetteur de la radio Europe n° 1, Felsberg (Sarrelouis), 1954-1955



Eglise de Bizerte (Tunisie) ; Jean Le Couteur, architecte. Vue intérieure de la nef constituée de paraboloides hyperboliques en coques de béton armé. Façade composée de « V Laffaille », 1950-1953

efforts alternés du vent. Pour la toiture du pavillon de la France à Zagreb (Camelot, architecte), il réalisa, en tôle de 2 mm d'épaisseur, un cône tronqué et renversé de 33 m de diamètre, prétendu sous le poids d'un lanterneau placé au centre de la structure.

En 1951, pour couvrir les 32.000 m² du Centre des Industries Mécaniques, première appellation de ce qui allait devenir le célèbre CNIT, Laffaille inventa la « selle de cheval » moderne qu'il modela sous la forme d'un paraboloides hyperbolique en tôle de 4 mm, de 200 m de portée, suspendu à deux arcs de rives asymétriques, et prétendu à l'aide de câbles transversaux accrochés en sous-face de la couverture. Mais la solution de Laffaille ne fut pas retenue et c'est le projet bien connu en coques de béton armé, établi par les entreprises Balency & Schul, Boussiron et Coignet selon les conceptions de Nicolas Esquillan, directeur technique des établissements Boussiron, qui fut finalement réalisé.

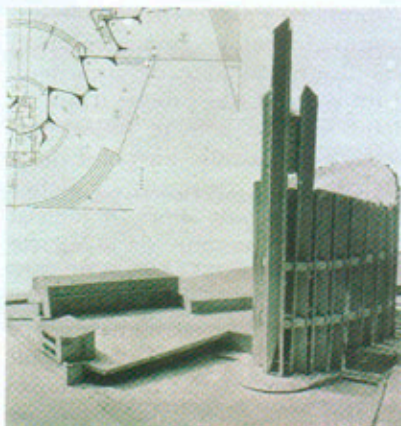
Enfin en 1954, Laffaille projeta de couvrir le centre émetteur de la radio Europe N°1 (Guédy, architecte) à l'aide d'une selle de cheval en voile de béton armé, dans laquelle était prétendue une nappe de câbles longitudinaux. Six câbles transversaux étaient d'autre part placés sous la couverture pour assurer sa stabilité. Lors du chantier, la mise en tension des câbles longitudinaux provoqua la fissuration du voile de béton. Le maître d'ouvrage décida alors d'évincer Laffaille au profit de Freyssinet qui acheva l'édifice. Le projet de Laffaille n'en représente pas moins une date importante de l'histoire de la construction car il marque la

naissance des couvertures en résilles de câbles prétendus dont la première application à grande échelle fut le pavillon de la France à l'Exposition Universelle de Bruxelles (1958), élaboré par l'ancien assistant de Laffaille, René Sarger, en collaboration avec l'architecte Guillaume Gillet.

Le « V Laffaille » et la préfabrication

La préfabrication lourde compose le deuxième volet majeur de l'œuvre de l'ingénieur avec, notamment, l'invention du trumeau plissé ou « V Laffaille ». Dès 1928, le Centralien concevait les façades de ses hangars sous forme de voiles monolithes plissés. Développant cette idée structurale, il réalisa en 1934, avec le soutien de Pierre Rouzaud, des trumeaux individualisés, en voile de béton armé, présentant une section en V, les « V Laffaille ». Ces structures, par leur forme même, ont l'avantage d'offrir une grande résistance au flambement pour un faible volume de matières employées. Préfabriquées au sol, elles sont rapidement dressées par engin de levage, induisant ainsi de substantielles économies de matière et de mise en œuvre.

Laffaille les employa pour de nombreuses réalisations, que ce soient des bâtiments industriels ou des édifices monumentaux (églises, équipements municipaux). Il les mit en œuvre, par exemple, dans ses célèbres rotondes SNCF pour locomotives à vapeur (1944-1952),



Maquette de l'église de Royan ; Guillaume Gillet, architecte. Le projet est constitué d'une vaste selle de cheval suspendue à des arcs de rive symétriques reposant sur des « V Laffaille » monumentaux, 1954-1958

projets pour lesquels l'ingénieur put développer à grande échelle – et avec succès – ses idées en matière de production de masse (définition d'éléments standards, préfabrication, étude économétrique des projets, organisation rationnelle des chantiers).

Désignées en 1948 par Claudius-Petit, futur ministre de la Reconstruction et de l'Urbanisme, comme « les plus belles réussites, dans le bâtiment, depuis la Libération », les rotondes marquèrent un tournant décisif dans la carrière de Laffaille qui acquit dès lors la reconnaissance des architectes. Alors qu'il avait mené jusqu'ici ses recherches dans le domaine de l'architecture industrielle, l'ingénieur fut sollicité, à partir de la fin des années quarante, par de nombreux architectes désireux de mettre en œuvre ses conceptions constructives novatrices. Dès la Reconstruction, son activité déborda ainsi le cadre de l'architecture industrielle pour investir de nombreux autres programmes, en particulier l'architecture scolaire, religieuse (avec notamment l'église Notre-Dame à Royan) et l'habitat collectif.

Un « moderne » engagé

Participant pleinement au débat architectural de son temps, Laffaille nous lègue aussi l'image d'un « moderne » qui s'engagea dans de nombreuses actions afin de faire valoir ses idées, tant sur le plan technique et artistique que sur celui de l'économie de la construction.

En 1953, il fonda, avec les architectes Robert Camelot et André Lurçat, le « Comité pour une politique française du logement » en vue de proposer des solutions à la pénurie qui affectait alors le pays. Il devint membre de trois organisations assurant le relais des idées « modernes » en architecture : l'Union des Artistes Modernes, le Cercle d'Etudes Architecturales, et le Groupe Espace animé par André Bloc, qui était également centralien (24). Fondateur en 1930 de la première revue d'architecture moderne, *L'Architecture d'aujourd'hui*, Bloc manifesta un réel intérêt pour les recherches de Laffaille au point de publier pratiquement tous ses projets après la Seconde Guerre mondiale.



Eglise de Villeparisis ; Maurice Novarina, architecte. Vue de la maquette. Voûte constituée d'un parabolioïde hyperbolique suspendu, en voûte de béton armé, 1953-1958

L'engagement de Laffaille se manifesta en outre dans son activité d'enseignant. Pour ne citer que les expériences de l'après-guerre, mentionnons qu'il fut professeur d'économie sociale à l'Ecole Centrale ; il élaborait également des cours par correspondance pour les métiers du bâtiment et anima un atelier à l'Ecole nationale supérieure des Beaux-Arts de Paris (ENSBA), entre 1953 et 1955, en collaboration avec l'architecte Guy Lagneau (avec qui il conçut le Musée du Havre). Parmi ses étudiants architectes, il comptait alors Paul Chemetov et David-Georges Emmerich, devenus par la suite des figures professionnelles importantes.

Il est clair que l'enseignement de Laffaille s'inscrivait dans une tradition de relations serrées entre l'ECP, les Centraliens et l'ENSBA. Edouard Arnaud (1888), qui était titulaire du cours d'architecture à Centrale, fut en effet le professeur de construction de l'ENSBA de 1905 à 1934. Son successeur, François Vitale, était également diplômé de l'ECP (major de la promotion 21c). Dans l'entre-deux-guerres, sous l'impulsion d'Emmanuel Pontremoli, nouveau directeur de l'Ecole des Beaux-Arts, d'autres Centraliens furent sollicités pour des conférences sur des sujets techniques qui ouvrirent l'institution à la modernité : Raymond Guillaume (06) sur le béton armé, Marcel Véron (22b) au sujet de la ventilation et du chauffage, Félix Marboutin (1888) pour traiter de l'hygiène et de la salubrité dans l'habitation...

L'influence d'une œuvre pionnière

En occupant les champs de l'invention constructive et de la pratique

architecturale, Laffaille exerça une influence profonde sur cette architecture « moderne » des années 50 et 60 qui puisa son renouvellement formel dans les ressources plastiques des techniques nouvelles. Après avoir œuvré, durant les années trente, dans le cadre de l'architecture industrielle, il appliqua ses structures novatrices à d'autres programmes, après la Seconde Guerre mondiale. Laffaille est ainsi à l'origine de l'introduction dans l'architecture des parabolioïdes hyperboliques, des couvertures suspendues (en selle de cheval, notamment) et prétendues, structures qui ont connu un réel engouement – confinant à l'effet de mode parfois – durant les années 60 et jusqu'à aujourd'hui en ce qui concerne les toiles tendues.

Après sa disparition en 1955, ses conceptions furent développées en France par son disciple, René Sarger (1917-1988), qui l'avait assisté de 1946 à 1954. Des édifices comme le pavillon de la France à Bruxelles (Gillet, architecte, Sarger, ingénieur) ou la Basilique d'Alger (Herbé et Le Couteur, architectes ; Sarger, ingénieur) s'inscrivent en effet dans la lignée des travaux de Laffaille dont l'influence marqua également le célèbre architecte allemand Frei Otto, comme le prouve la très intéressante correspondance qu'échangèrent les deux créateurs, de 1952 à 1955.

Pour mener à bien ses travaux, on a vu qu'il a pu et su s'appuyer sur des réseaux de Centraliens. Ses relations avec les « camarades » et les institutions proches de l'Ecole ont connu toutefois une évolution significative au cours de sa carrière. Il fut d'abord très proche d'eux au début de son activité professionnelle, pour la mise au point de la théorie des surfaces gauches minces : il était alors ingénieur d'entreprise, membre de la Société des Ingénieurs Civils de France (SICF) et publiait dans la revue *Le Génie civil*. Fait révélateur de son attachement à l'Ecole, Laffaille avait été nommé dans l'entre-deux-guerres Président du « groupe Centrale » de l'Association des anciens élèves de l'école Sainte-Genève où il avait effectué ses « classes préparatoires » pour le concours de l'ECP.



Hangar d'aviation à Pancevo, Serbie, près de Belgrade, façade constituée de « V Laffaille » préfabriqués, 1937

Après la Seconde Guerre mondiale, l'ingénieur a ensuite sensiblement ouvert son champ relationnel en même temps qu'il s'est éloigné du monde de l'entreprise pour devenir ingénieur-conseil. Il se rapprocha alors des architectes et de leurs cénacles. Son activité de résistant durant la guerre – il accueillit chez lui le Conseil National de la Résistance – lui ouvrit aussi de nombreuses portes au sein de l'administration centrale, tout comme son appartenance au parti chrétien de centre droit, le Mouvement républicain populaire (MRP), l'un des principaux partis gouvernementaux de l'après-guerre.

Cette ouverture ne signifiait en aucune manière que Laffaille avait rompu tout contact avec son milieu professionnel d'origine. Le fait qu'il donnait des conférences d'économie sociale à l'ECP l'atteste amplement. Mais la preuve la plus manifeste de son attachement à l'école qui l'a formé est sans aucun doute qu'après 1945 il signait systématiquement ses articles : « Bernard Laffaille, professeur à l'Ecole Centrale des Arts et Manufactures ». ■



Nicolas NOGUE
Historien de l'architecture
Ecole d'architecture de Normandie