

Centraliens poursuit sa quête dans les domaines de la recherche.

Hier, Jean-Louis Bordes (58) retraçait l'insigne développement de la mécanique des sols, Gilles Pomey (50) celui de l'analyse des métaux dans le courant du XX^e siècle.

Aujourd'hui, c'est Elie Absi (56) lui-même, le coordinateur de la série, qui attaque le sujet en diagonal pour faire ressortir, avec quelques exemples concrets, la diversité des niveaux de la recherche et de l'innovation.

Dans une livraison ultérieure, Jean Perchat (52) prendra la suite et viendra nous raconter l'histoire du béton, matériau du XX^e siècle.

Nous demeurons attentifs aux critiques de nos lecteurs et invitons tous ceux qui connaissent le sujet à nous rejoindre, pour qu'ils apportent leur contribution à nos recherches... sur la recherche et l'innovation.

Jacques DUREUIL (49)

Les Centraliens, l'innovation et la recherche

L'Ecole Centrale a pour vocation de former des ingénieurs généralistes capables d'appréhender globalement les problèmes et de naviguer entre la théorie et l'expérience, entre la science et ses applications industrielles. Il n'est donc pas surprenant de rencontrer des Centraliens dans tous les secteurs de l'industrie et notamment dans le domaine des techniques avancées telles que l'aéronautique, le nucléaire ou l'informatique... Certains sont attirés par les études fondamentales, d'autres trouvent dans la recherche un point d'appui indispensable pour innover et favoriser le progrès technologique.

Pour illustrer ces divers aspects, nous présentons des Centraliens qui se sont distingués chacun dans un secteur différent. La présente publication est consacrée à :

- Bertrand de Fontviolant (1882), pour son importante contribution à la résistance des matériaux modernes.
- Solomon Lefschetz (1905), grand mathématicien.

Bertrand de Fontviolant (1882)

Né le 17 octobre 1861, Bertrand de Fontviolant a partagé sa vie professionnelle entre la recherche, l'enseignement et ses activités d'ingénieur constructeur, concevant et dimensionnant de nombreux ouvrages d'art, aussi bien en France qu'à l'étranger (Chine, Egypte, Espagne, Portugal...). Il a effectué l'essentiel de sa carrière professionnelle à la Compagnie de Fives-Lille comme chef du service « Ouvrages d'art ». Il est décédé le 6 janvier 1954.

Ses réflexions et sa large expérience professionnelle ont fait de lui, dès les débuts du siècle, un des grands promoteurs de la résistance des matériaux modernes, apportant d'importantes contributions dans ce domaine. Son théorème fondamental, développé pour l'analyse des structures, était à la base de son enseignement à l'Ecole Centrale de 1893 à

1919 et figurait à l'époque dans le cours de Mécanique professé à l'Ecole Polytechnique, par Léon Lecornu (tome III, 1918). Ce théorème, d'une portée très large, s'applique au comportement de la structure soit linéaire ou non-linéaire, réversible ou non-réversible, et prend en compte les actions d'origine thermique. Basé sur le théorème des travaux virtuels, il englobait ou généralisait d'autres approches déjà existantes (Mohr, Castigliano...).

Pour illustrer l'étendue des contributions de Bertrand de Fontviolant à la résistance des matériaux, citons deux témoignages :

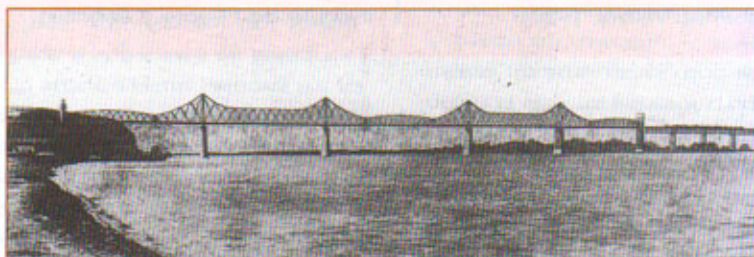
- Dans son traité de mécanique rationnelle (Gauthiers-Villars, 1952, tome 3, page 648), Paul Appel, recteur de l'université de Paris, présente les travaux de Bertrand de Fontvio-

Pour illustrer ses activités d'ingénieur constructeur, nous reproduisons quelques figures extraites de la bibliographie 2 [voir page suivante] et se rapportant à des ouvrages métalliques auxquels Bertrand de Fontviolant a largement participé, tant sur le plan de la conception que pour la définition des procédés d'exécution.



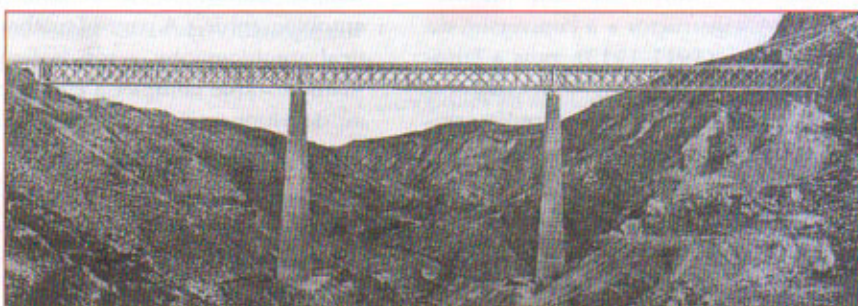
▲ Pont en arc à trois rotules, sur la Saf-Saf (Algérie). Corde 68 m, flèche 6,70 m, voie en courbe de 300 m de rayon.

► Gare du quai d'Orsay, à Paris. Ossature métallique des coupoles du vestibule.



◀ Pont sur le Danube à Cernavoda (Roumanie).

► Viaduc sur le Guadafortuna (Espagne). Pont principal en 8 travées continues de 60,50 m, reposant sur 7 piles métalliques de 30 et 37 m de hauteur, longueur totale 621,30 m.



Viaduc sur la Seine, à Ecouplet, près de Rouen. Superstructure métallique de 354 m de longueur. ▼

▲ Viaduc sur le Salado (Espagne). Trois travées continues de 105 m de portée, deux piles de 92 m de hauteur, longueur totale 315 m.



lant comme « ... de belles méthodes, introduites dans la science et dans l'enseignement... pour ramener à un principe unique et à une façon d'opérer uniforme, les procédés épars autrefois usités dans la théorie de la résistance des matériaux... ».

• **Gaston Pigeaud**, professeur à l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, écrit dans son cours de résistance des matériaux et élasticité (Gauthier-Villars, 1934, tome 1, page 395) au sujet des théories énergétiques appliquées à la résistance des matériaux : « ... Ces sortes d'études ont été surtout en faveur à l'étranger, en Angleterre, d'abord, avec Rayleigh et Maxwell ; en Italie avec Betti, Castigliano et Ménebra ; en Allemagne avec Mohr. En France, il faut cependant citer les noms de Maurice Lévy, de Boussinesq et de M. Bertrand de Fontviolant, lequel

a appliqué le principe des travaux virtuels à la recherche d'équations d'élasticité très générales ».

Bien que le théorème de Castigliano soit, pour des raisons historiques, d'un usage plus courant en France, il est incontestable que le théorème de

Bertrand de Fontviolant reste d'une portée plus grande et d'une utilisation plus commode.

L'expression de ce théorème, telle qu'elle est donnée dans la bibliographie 1, page 34, dans le cas d'une structure plane, est la suivante :

$$\lambda = \int \left(\frac{N}{E\Omega} \frac{d\mathcal{U}}{d\mathcal{F}} + \frac{T}{G\Omega} \frac{d\mathcal{U}}{d\mathcal{F}} + \frac{M}{EI} \frac{d\mathcal{U}}{d\mathcal{F}} \right) ds,$$

$$\varphi = \int \left(\frac{N}{E\Omega} \frac{d\mathcal{U}}{d\mathcal{Z}} + \frac{T}{G\Omega} \frac{d\mathcal{U}}{d\mathcal{Z}} + \frac{M}{EI} \frac{d\mathcal{U}}{d\mathcal{Z}} \right) ds;$$

BIBLIOGRAPHIE

1. Les méthodes modernes de la résistance des matériaux, par Bertrand de Fontviolant (Gauthier-Villars, 1920).

2. Notice sur les travaux scientifiques et industriels de Bertrand de Fontviolant (bibliothèque de l'Ecole Centrale).

Solomon Lefschetz (05)

Sa vie



Solomon Lefschetz est né à Moscou le 3 septembre 1884. Son père a envoyé sa famille à Paris où ses enfants ont passé leurs premières années ; la première langue

du jeune Solomon fut le français ; il a appris le russe au cours de son adolescence. Sorti de l'Ecole Centrale avec la promotion 05. Peu de temps après, il a émigré aux Etats-Unis ; il a passé quelques mois à l'usine de locomotives de Baldwin puis est devenu l'un des ingénieurs de Westinghouse Electric Co. de Pittsburg de 1907 à 1910. Mais alors qu'une carrière prometteuse l'y attendait, un accident lui fit perdre ses deux mains, la ruina. Il comprit que sa carrière d'ingénieur était terminée et décida de poursuivre une carrière en mathématiques pures.

Il obtint son Ph.D. en 1911 à l'université Clark (Worcester, Mass.). Il occupa alors différentes fonctions dans des universités du Middle-West : « instructor » à l'université du Nebraska (1911-1913), puis à l'université du Kansas, « instructor » (1913-1916), « assistant professor » (1916-1919), « associate professor » (1919-1923), puis « professor » (1923-1925). Pendant ces 14 années, il a surmonté son invalidité et retrouvé sa confiance en lui, utile pour fonder une nouvelle carrière. Devenu citoyen américain en 1912, il épousa l'année suivante Miss Alice Berg Hayes qu'il avait rencontrée à l'université Clark et qui fut un soutien précieux durant toute sa vie.

Les années passées au Nebraska et au Kansas ont été de la plus grande importance. Il a non seulement appris à vivre avec son incapacité physique mais son immense contribution à la géométrie algébrique était déjà achevée à son départ du Kansas

pour Princeton. Il est arrivé inconnu dans le Middle-West et, après 14 ans, est parti comme un géomètre de renom. Comme il l'a dit dans son autobiographie « A page of mathematical autobiography » son isolement mathématique complet a été propice au développement de ses idées dans le calme mathématique.

Ses premières publications ont trait principalement aux propriétés des lieux algébriques dans des espaces projectifs mais, précisément, il a montré son intérêt pour les propriétés intrinsèques des lieux algébriques. Son attention a d'abord été retenue par l'ouvrage d'Emile Picard « Traité d'analyse » et celui d'E. Picard et G. Simart « Théorie des fonctions algébriques de deux variables indépendantes ». Dans son autobiographie, il indique comment il vint à appliquer des méthodes topologiques à la théorie des surfaces algébriques. En utilisant le nombre de Picard r_0 qu'il a pensé être égal au second

nombre de Betti d'une surface, il a calculé ce nombre de Betti pour une surface hyperelliptique et a obtenu la valeur 5 ; alors qu'un simple calcul direct donne le nombre de Betti égal à 6. Il est resté perplexe quelques temps devant ce désaccord avant de comprendre que Picard ne s'intéressait qu'aux 2-cycles finis alors que la section à l'infini était un cycle de la surface. Cela l'a conduit à considérer les cycles engendrés par les courbes algébriques sur une surface et il a compris qu'une étude topologique complète de la topologie de la surface produirait un domaine riche de résultats géométriques. Comme il l'a dit : « The harpoon of algebraic topology was planted in the body of the whale of algebraic geometry ».

En plus du travail de Picard, Lefschetz a utilisé avec un grand succès un article d'Henri Poincaré sur les courbes tracées sur une surface algébrique. Il a pu construire une théorie topologique complète des surfaces algébriques. Ce travail a été publié dans une longue série d'articles, mais l'exposé fondamental a été publié dans « Transactions of the American Mathematical Society » en 1921. Pour ce travail, il a reçu le « Bocher Memorial Prize ». C'était en fait une traduction d'un mémoire pour lequel il avait reçu le prix Bordin (1919) de l'Académie des Sciences de Paris. En 1924, il a publié la monographie « L'analysis situs et la géométrie algébrique » chez Gauthier-Villars qui eut un grand retentissement.

Une personne importante du monde des mathématiques

C'est à cette époque que Lefschetz a été reconnu comme une personne importante du monde mathématique. Il a reçu des invitations de nombreuses universités. En 1924, il a été invité à passer un an comme « visiting professor » à Princeton. A la fin de cette année, il a été nommé professeur.

Le départ pour Princeton a été un fait marquant dans sa vie. L'isolement du Kansas était fini.

Lorsque Lefschetz est arrivé à Princeton, c'était vraiment la fin de son travail créatif sur la géométrie algébrique. Sa contribution principale en géométrie a été un article sur les correspondances entre courbes algébriques, mais il est resté en contact étroit avec d'autres mathématiciens qui travaillaient dans le même domaine ; il lisait et publiait des comptes rendus améliorés et modernes de son premier champ d'activité. Parmi les nombreux mathématiciens distingués qui étaient à Princeton lorsqu'il est arrivé, les deux qui ont été le plus associés à lui ont été Oswald Veblen et J.-W. Alexander. Mais son activité se centra sur la topologie algébrique. Les contributions originales de Lefschetz à la topologie se sont poursuivies jusqu'en 1940. Il a beaucoup travaillé à rester lui-même informé de ce que ses étudiants et associés faisaient et critiquait vigoureusement tout ce qu'il n'approuvait pas. Il organisait des séminaires sur les sujets qui l'intéressaient et il posait continuellement des questions au conférencier. Cette méthode était typique de sa manière de mener les choses. C'était quelque peu harassant pour les hommes jeunes qui n'auraient pas été habitués à ses manières.

Servir les mathématiques le mieux possible

Il a aussi utilisé des méthodes énergiques en sa qualité de responsable de la revue « Annals of mathematics » pendant 25 ans. Il n'avait aucune indulgence pour tout article soumis au journal qui n'aurait pas été à la hauteur, selon ses normes, et aucun de ceux qui n'étaient d'accord, n'a fait le travail vraiment difficile de le faire changer d'avis. Mais une fois qu'il avait décidé qu'un tel avait de la valeur, il n'y avait pas de limite à l'aide qu'il lui apportait. Par ces méthodes, il a fait des « Annals » une des meilleures revues de mathématiques du monde et lui et ses collègues ont fait de Princeton un centre mondial des mathématiques. En fait, par ce vigoureux programme, il s'est vraiment fait peu d'ennemis ; on a considéré qu'il n'y avait pas d'animosité

personnelle dans sa démarche ni aucune ambition personnelle ; il recherchait seulement à servir les mathématiques le mieux qu'il pouvait. Sa contribution aux mathématiques a été reconnue par son élection à l'Académie des Sciences en 1925 et à la Présidence de l'« American Mathematical Society » pour 1935-1936.

Il devint « Chairman » du département de mathématiques à Princeton en 1945. Ce fut un autre changement important dans ses activités. En 1945-1946 et encore en 1947, il a été invité à l'Université Nationale de Mexico ; par la suite, il a fait de nombreuses visites à Mexico surtout après sa retraite de Princeton. Son enthousiasme, son aptitude à diriger et à organiser ont contribué grandement à l'établissement là-bas d'une école vivante de mathématiques.

Durant la Seconde Guerre mondiale, il a servi comme consultant au département US de la « Navy » au centre « David Taylor Model Basin ». Il est arrivé du côté de la recherche russe et des écrits sur les oscillations non linéaires et sur la stabilité. Il a compris immédiatement l'importance des travaux de Poincaré et de Liapounov en théorie géométrique des équations différentielles et vu que le sujet avait été trop longtemps négligé aux États-Unis.

Lefschetz est resté directeur de ce projet jusqu'à sa retraite en 1953. Pendant les cinq années suivantes le projet Princeton a été peu à peu supprimé ; il a essayé plus d'une fois, sans succès, d'avoir une institution de recherche établie dans une autre université américaine. Il devint consultant au RIAS (Research Institute for Advanced Studies) qui avait été institué par la Martin Company à Baltimore comme une expérience dans le soutien d'une recherche fondamentale vers les besoins de l'industrie. En novembre 1957, le Président et le Conseil des directeurs lui ont donné carte blanche pour établir au RIAS un centre sur les équations différentielles le chargeant d'en faire un centre exemplaire dans son genre dans le monde. En trois ans, ce centre a conquis une réputation mondiale dans la recherche sur les équations

différentielles et sur la théorie mathématique de la commande optimale et la stabilité. En 1964, la plus grande partie du centre RIAS pour les équations différentielles fut transférée à l'université Brown à Providence, Rhode Island, où fut installé, dans la division des mathématiques appliquées, le centre Lefschetz des systèmes dynamiques. L'université Brown a fait de lui un « visiting Professor » pour les mathématiques appliquées et pendant six ans il a fait la navette par avion chaque semaine pour donner des conférences, discuter recherche et répandre son esprit, son enthousiasme et son amour de la vie et des mathématiques. Un collègue, qui lui a été associé de près, concluait pertinemment ainsi : « Lefschetz n'a pas été seulement un grand mathématicien ; il a été un administrateur de la recherche de premier ordre. Il a été direct, décidé et persuasif. Il a vu qu'il était de son devoir de fournir l'atmosphère, l'environnement et les conditions conduisant à une bonne recherche. Il savait encourager et cajoler et si nécessaire il savait faire des reproches. Il ne faisait jamais traîner les choses ; et ses décisions et jugements étaient souvent immédiats. Il a reconnu l'importance d'avoir de bonnes secrétaires ; elles lui étaient dévouées. » Tout cela était aussi vrai de lui comme professeur à Princeton.

Lefschetz est mort après une courte maladie à Princeton le 6 octobre 1972 laissant une veuve à Princeton et un frère à Paris.

Ses travaux scientifiques

Les contributions de Lefschetz ont été étalées sur 60 ans ; ses publications, sous une forme ou une autre, rassemblent 134 titres. La majorité de son travail a été menée au cours d'une activité fiévreuse, et si l'on voulait donner un exposé complet de sa contribution aux mathématiques, il serait nécessaire d'écrire une histoire des mathématiques pures pendant la moitié du siècle. **Trois domaines ont été abordés dans son travail : géométrie algébrique, topologie algébrique et équations différentielles.** Il est à remarquer que ses

efforts dans ces domaines correspondent à des périodes différentes de sa vie et se recouvrent très peu. Ainsi sa contribution majeure à la géométrie algébrique a eu lieu pendant l'époque passée au Nebraska et au Kansas (1911-1925), son travail en topologie algébrique arrive pendant la période s'étendant depuis son arrivée à Princeton jusqu'à l'entrée des Etats-Unis dans la Seconde Guerre mondiale ; depuis la fin de la guerre jusqu'à sa mort, son activité principale a été les équations différentielles. Ces dates sont approximatives : ses contributions majeures à la géométrie algébrique se sont poursuivies jusqu'aux alentours de 1929, alors que sa première contribution à la topologie algébrique est de 1923. Le chevauchement de ses intérêts pour la topologie et les équations différentielles n'est pas aussi marqué. Mais s'il est allé d'un domaine à l'autre, il n'a jamais oublié ses premières amours et dans ses dernières périodes il a écrit un nombre substantiel de livres, d'articles de revue, de mémoires sur la géométrie algébrique et la topologie dans lesquels il a donné des interprétations nouvelles de ses premiers travaux et les a mis à jour.

Cette tendance à canaliser son énergie dans une direction à une époque donnée peut être expliquée comme suit. Il découvrait dans les écrits de ses prédécesseurs une idée qui était susceptible d'une extension inconnue de son auteur et il la développait avec un potentiel considérable, il utilisait cela pour faire une percée majeure en géométrie ou en topologie. L'exploitation de l'idée l'occupait pendant une longue période et après qu'il ait achevé la nouvelle contribution centrale il envisageait ses applications à des problèmes particuliers. Mais bientôt il délaissait des applications mineures et une nouvelle grande idée captait son attention et sa capacité à concentrer tous ses efforts sur une seule idée lui faisait vider tout le reste de son esprit.

Ce texte a été rédigé à partir d'un article sur Solomon Lefschetz écrit par Sir William Hodge à l'intention de « The Royal Society ». Pour mesurer l'ampleur du travail scientifique de S. Lefschetz, il suffit de consulter l'ouvrage « Encyclopedic Dictionary

of Mathematics » ; son nom est cité dans 21 paragraphes. Toujours d'après cet ouvrage un certain nombre de définitions utilisées actuellement sont dues à Lefschetz. Un exemple : le nombre de Lefschetz d'une variété. La théorie de l'homologie singulière et celle de la cohomologie ont été définies par S. Lefschetz et S. Eilenberg. Des définitions relatives aux anneaux de cohomologie sont celles de S. Lefschetz et de Steenrod ; par exemple : cross product, slant product. Un théorème porte maintenant le nom de Poincaré-Lefschetz. Le nombre de Lefschetz d'une fonction continue figure dans l'énoncé de son théorème du point fixe. ■

Elie ABSI (56)

BIBLIOGRAPHIE SUCCINCTE

L'analysis situs et la géométrie algébrique (Paris : Gauthier-Villars). Collection de monographies publiée sous la direction de M. Emile Borel. 1924. Nouveau tirage, 1950.

Algebraic Topology (New York, American mathematical Society) (Colloquium Publications, vol. 27), 1942.

Topics in topology (Princeton University Press). (Annals of Mathematics Studies, no 10). A second printing, 1951.

Lectures on differential equations (Princeton University Press). (Annals of Mathematics Studies, no 14). 1946.

Introduction to topology. (Princeton university Press). (Princeton Mathematical Series, no 11).

Differential equations : geometric theory (New York : Interscience). 1957. A second printing, 1962.