LES INGÉNIEURS À L'ACADÉMIE DES SCIENCES DE PARIS (1840-1945)

Claudine Fontanon
claudine.fontanon@ehess.fr

1.- Introduction.

Cette étude s'enracine dans les recherches que j'ai effectuées au fil des ans sur les ingénieurs mécaniciens, civils ou militaires. Tous avaient la particularité d'avoir été élus à l'Académie des sciences comme Arthur Morin, Aimé Laussedat ou Georges Darrieus.

L'idée me vint d'avoir un aperçu précis de la représentation des ingénieurs à l'Académie des sciences et d'analyser l'évolution de ces élections dans la longue durée, soit sur la période 1830-1945. Pour y parvenir, j'ai consulté les *Annuaires de l'Institut de France* qui donnent, année après année, la liste des membres des cinq académies, leur section d'appartenance, la date de leur élection et, dans la plupart des cas, leur statut professionnel. J'ai effectué un repérage de décennie en décennie et complété ces données avec les dossiers personnels des quarante membres repérés sur l'ensemble de la période. Deux faits marquants sont à signaler concernant cette catégorie: d'une part, la création, en 1871, d'une division des académiciens libres destinée à accueillir quelques ingénieurs et savants de province, et d'autre part, la création, après la Première Guerre mondiale, d'une division des applications de la science à l'industrie. Il s'agissait de reconnaître le rôle important des ingénieurs pendant la mobilisation industrielle et scientifique de 1915 au service de la défense nationale. Par un vote au comité secret du 14 janvier 1918, les académiciens décident à une forte majorité de créer une Section des applications pour honorer les membres les plus éminents des différentes branches industrielles de la nation. Il a fallu plus d'un an de discussions pour que les académiciens entérinent cette mesure d'ouverture aux ingénieurs «ayant fait œuvre indus-

trielle et contribué à introduire dans l'industrie les méthodes scientifiques»[1].

En décembre 1918, la commission chargée de présenter une liste de candidats pour les trois premières places de la Section des applications, propose cinq noms: en première ligne, l'industriel et ingénieur des mines Auguste Rateau (1863-1930), en seconde ligne, l'artilleur Augustin Charpy (1865-1945), en troisième ligne, l'ingénieur des ponts et chaussées Louis de Chardonnet (1839-1924) de même que Charles Rabut (1852-1925), également ingénieur des ponts et chaussées, et Georges Claude (1870-1960), ingénieur de l'École supérieure de physique et chimie industrielles de la ville de Paris. Sur cinq candidats proposés, quatre sont des polytechniciens.

Le repérage que j'ai effectué a été présenté dans un tableau organisé en trois grandes périodes: 1840-1880, 1881-1914, 1918-1945 (voir annexe).

Pour la première période, on remarque la présence d'une majorité d'ingénieurs militaires que l'on peut qualifier de disciples de Jean-Victor Poncelet, chef de file de la mécanique industrielle en France. Elle compte aussi le célèbre ingénieur du génie maritime Charles Dupin ainsi que trois ingénieurs des ponts et chaussées tout aussi célèbres: Adhémar Barré de Saint Venant, Henri Résal et Jules de la Gournerie. Ce sont les mécaniciens qui dominent ce groupe, ce qui est à mettre en relation avec l'importance de la mécanique comme discipline scientifique et branche d'industrie à cette époque.

Pour la période suivante (1881-1914), le trait remarquable est la quasi-disparition des ingénieurs militaires, probablement discrédités par la défaite de 1870, au profit des ingénieurs des mines (7 membres sur 12 dont le mathématicien Henri Poincaré). Aimé Laussedat, ingénieur du génie, représente la catégorie déclinante des ingénieurs militaires. Par ailleurs on note que les ingénieurs des ponts ne sont plus représentés au cours de cette période sans qu'on puisse avancer une explication sur cette disparition. On remarque la croissance du nombre des académiciens libres avec une diminution significative des mécaniciens au profit d'autres spécialités.

Pour la période suivante (1918-1945), le changement est aussi très net avec la montée en puissance des ingénieurs de la Section des applications (8 sur 12) alors que le nombre des mécaniciens régresse. Un élément dominant est que le choix des académiciens se porte en priorité sur les ingénieurs d'État même si les ingénieurs civils et les inventeurs font leur entrée à la Section des

1 Archives Académie des sciences. Comité secret, 6 mai 1918: *Modalités de recrutement des membres de la section des applications*.

applications avec les inventeurs Jules Louis Breton et Georges Claude, et les centraliens Léon Guillet et Georges Darrieus. On ne compte qu'un seul ingénieur militaire dans ce groupe après la Première Guerre mondiale, Maxime Laubeuf (génie maritime).

Que sait-on du parcours de ces ingénieurs académiciens? Ce sont en grande majorité des polytechniciens des différents corps –Artillerie, Ponts et chaussée et Mines. Ainsi, pour les premiers recrutements à la Section des applications, le choix des académiciens s'est largement porté sur les ingénieurs de l'État avec l'élection de Maurice Leblanc (X[2], sans rang de sortie), Auguste Rateau (X Mines), Georges Charpy (X Ponts), Louis de Chardonnet (X Ponts). Mais ce sont aussi deux inventeurs qui font leur entrée, avec Louis Lumière et Louis de Gramont en 1919, à la Section des applications. Pourtant, ce n'est qu'à la veille de la Seconde Guerre mondiale que la Section des applications répond aux vœux de ses fondateurs de voir siéger à l'Académie des ingénieurs ayant fait œuvre scientifique, avec l'entrée de Louis Lumière, Georges Claude, Léon Guillet et Robert Esnault-Pelterie, enfin avec l'élection du centralien Georges Darrieus, en 1946.

Pour illustrer cette analyse, nous proposons la biographie des deux ingénieurs-académiciens: celles d'Aimé Laussedat et de Georges Darrieus.

2.- Aimé Laussédat (1819-1907).

Aimé Laussedat est né en 1819 à Moulins dans l'Allier. C'est à Paris qu'il suit les cours préparatoires aux grandes écoles. Admis en 1838 à la fois à l'École normale supérieure et à l'École polytechnique, il opte pour la seconde et en sort dans le corps du Génie en 1840. Après deux ans de formation à l'École du génie et de l'artillerie de Metz où il s'initie à la topographie, on lui confie différentes missions, en particulier dans les Basses Pyrénées où il doit reconnaître le tracé de la frontière franco-espagnole et étudier l'implantation d'un fort. Le mémoire qu'il remet sur le sujet lui vaut l'éloge du ministre de la Guerre. Il regagne ensuite Paris pour participer aux travaux du Mont-Valérien et, en 1851, le dépôt des fortifications en qualité de chef du Service des cartes et plans. Il y affirme ses compétences dans le domaine de la géo-

2 «X» est la désignation conventionnelle des polytechniciens; accompagnée de la date d'entrée à l'École polytechnique, il désigne traditionnellement la promotion.

désie, de la topographie et de la cartographie. La même année, il est nommé répétiteur du cours d'astronomie et de géodésie à l'École polytechnique. C'est durant cette période qu'il démarre ses recherches sur la chambre claire et obtient, en 1852, un crédit pour rendre cet instrument d'optique applicable aux reconnaissances militaires et au dessin de perspective. Par ailleurs, il se voit confier des missions de reconnaissance de places fortes étrangères. C'est dans ce but qu'il est chargé officiellement de visiter l'Exposition universelle de Londres en 1851, sous couvert d'étudier directement les places fortes du sud de l'Angleterre.

En 1856, il est nommé professeur titulaire au cours d'astronomie et de géodésie à l'École polytechnique alors qu'en raison de ses convictions profondément républicaines, il avait refusé, en 1853, d'être nommé chef du Cabinet topographique de Napoléon III. Il préfère se consacrer à la recherche et à l'enseignement ainsi qu'à ses voyages d'étude. C'est ainsi qu'il accepte, en 1864, d'assurer la suppléance du cours de géométrie appliquée aux arts que le baron Dupin donnait au Conservatoire impérial des arts et métiers depuis 1819. Les évènements de la fin du Second Empire vont le ramener à un service actif au sein de l'Armée. Après la chute de l'Empire en juillet 1870, Laussedat s'emploie à mettre en défense l'enceinte de la rive gauche de Paris ainsi que les forts de la périphérie. Deux mois après l'armistice du 28 juillet 1871, le lieutenant-colonel Laussedat est nommé membre de la Commission de délimitation des nouvelles frontières de l'Est de la France. Il s'efforce alors de limiter les prétentions allemandes en Lorraine et permet à la France de garder une quarantaine de communes et leurs 50.000 habitants ainsi que les richesses minières de cette région. En 1874, Laussedat est nommé colonel et directeur par intérim des Fortifications de Paris. Admis à la retraite, il cesse toute activité militaire en janvier 1879. Pendant cette période de sa carrière militaire, le colonel Laussedat est nommé professeur titulaire du cours de géométrie appliquée aux arts au Conservatoire en 1873.

Son activité dans le domaine qu'il appelait les sciences mécaniques et physiques appliquées à la défense du pays, a été considérable pendant les années 1870. Elle a concerné l'utilisation de la télémétrie et de la barométrie en campagne, la télégraphie optique, les messages chiffrés, la photographie de reconnaissance, les aérostats, le téléphone, la géographie physique et la géologie.

A 60 ans, le colonel s'engage dans une carrière civile consacrée essentiellement à l'enseignement et à la science. En novembre 1979, il devient directeur

des études à l'École polytechnique puis, en octobre 1881, accepte la direction du Conservatoire à la succession du général Morin. Il assurera cette fonction pendant vingt ans tout en continuant à donner son cours de géométrie appliquée aux arts jusqu'en 1896. Il poursuit par ailleurs ses travaux scientifiques et accepte de nombreuses responsabilités officielles: à l'Observatoire de Paris, au Bureau des longitudes, au Bureau international des poids et mesures, au Conseil supérieur de l'Instruction publique ainsi que dans les Comités d'organisation des expositions universelles de 1879, 1885, 1889, 1893 et 1900. En 1886, il représente le ministre du Commerce à l'inauguration de la statue de la Liberté dans la baie de New York, à l'embouchure de l'Hudson. Il est également très actif au sein de l'Association pour l'avancement des sciences qui publiera tous ses discours et conférences.

Au début des années 1880, Laussedat présente pour la première fois sa candidature à l'Académie des sciences à laquelle il adressait depuis longtemps de nombreuses notes. Il doit renouveler six fois sa candidature pour finalement être élu en 1894, à la place laissée vacante par le général Favé[3]. Promu Grand officier de la Légion d'honneur, il quitte la direction du Conservatoire en 1900, à l'âge de 81 ans.

A la retraite pour la seconde fois, l'académicien ne reste pas inactif. Il achève en effet un ouvrage de synthèse sur les instruments, les méthodes et le dessin topographique. En 1906, lors d'un voyage en Italie, il prend contact avec divers observatoires et établissements scientifiques puis, de retour à Paris, il présente à l'Académie des sciences une communication sur le développement de la métro-photographie au Canada qui a honoré son œuvre en baptisant un sommet des Rocheuses «Mont Laussedat». Il disparaît le 18 mars 1907, à l'âge de 88 ans. Les travaux scientifiques d'Aimé Laussedat ont porté sur quatre domaines principaux: l'astronomie, la géodésie, la cartographie–topographie et la métro-photographie dont il fut le fondateur.

Depuis l'invention de la photographie, on sentait le parti que l'on pouvait en tirer pour les levés architecturaux et topographiques. Laussedat était de ceux-là. Dès 1851, il a été autorisé à acquérir une «chambre noire» munie d'organes de précision, et à procéder aux premiers essais. Sous sa direction se poursuit une série d'expériences sur les levers topographiques terrestres. Fort de ces expériences, il fait construire divers instruments photo-topographi-

3 Idelphonse Favé (1812-1894; X 1830), auteur de nombreuses inventions en matière d'artillerie rayée, notamment des premières mitrailleuses; général de brigade, écrivain militaire, grand officier de la Légion d'honneur et membre de l'Académie des sciences (1874).

ques. Mais après 1871, on note un certain désintéressement pour cette technique apparue en France, par le fait que la méthode demandait de l'expérience et un talent pour le dessin de précision. Toutefois, les autres pays européens ont adopté et amélioré la méthode comme l'Allemagne où fut inventé le terme de «photogrammétrie» pour désigner cette science. Laussedat n'a pas manqué d'en faire état dans des publications et d'en reprendre certaines idées. Mais le savant réagissait vivement lorsque la paternité de l'invention lui était contestée. Elle lui fut seulement reconnue après sa mort par un professeur autrichien, une personnalité de premier plan dans ce domaine. Ce dernier a adressé une note à l'Académie des sciences, en 1909, pour faire l'éloge de Laussedat, «initiateur et pionnier de la métro-photographie, créateur de notre science». Mais il faut attendre 1934 en France pour que soit créée, au CNAM, la première chaire de photogrammétrie, attribuée à Henri Roussilhé, un polytechnicien qui a servi dans le corps des ingénieurs hydrographes de la Marine nationale. Et c'est en 1942 que l'Académie des sciences a instauré le prix Laussedat décerné alternativement tous les dix ans à un savant français et à un savant étranger ayant apporté une contribution décisive au progrès de la photogrammétrie. Avant son départ à la retraite, le colonel Laussedat avait déposé au Conservatoire une collection de ses instruments présentés à l'Exposition de Chicago en 1893.

3.- Georges Darrieus (1888-1979).

Georges Darrieus fut un électromécanicien de renommée internationale en son époque mais dont le nom devait rapidement tomber dans l'oubli et qu'il convient ici de réhabiliter. Son parcours scientifique a pu être reconstitué à partir des archives de l'École centrale dont il fut diplômé, de celles de l'Académie des sciences, des archives de la Défense et de ses innombrables publications.

L'œuvre de Darrieus est en effet immense et multiforme. En 1945, Louis de Broglie mentionne dans son allocution à l'occasion de la remise de son prix académique Henri de Parville, pas moins de 250 notes et rapports officiels publiés, 700 notes internes à la Compagnie électro-mécanique (Electro Méca ou CEM) où il effectue toute sa carrière et 70 brevets d'invention, tous importants. Ses travaux concernent aussi bien l'électrotechnique que la mécanique des fluides et la mécanique appliquée. Tout le monde s'accorde à lui recon-

naître une immense culture scientifique qui va de Maxwell à Henri Poincaré, de Henri Villat à Henri le Chatelier, d'Émile Jouguet à Albert Einstein, de Ludwig Prandtl à Théodore Von Kármán qu'il lit dans la version originale. S'il déplorait la dispersion de ses centres d'intérêts, Darrieus s'est donné très tôt pour objectif de fonder la technique sur des bases scientifiques, dans le sillage de Henry le Chatelier, promoteur de la science industrielle. Mais c'est avec l'accord de sa direction à la CEM que Darrieus va partager son temps entre conception technique et actualisation de ses connaissances scientifiques.

Catholique militant, Darrieus conçoit de surcroît son travail comme un sacerdoce voire comme une prière. Pour lui, les ingénieurs catholiques doivent avoir l'exigence de l'excellence scientifique dans leur métier pour rayonner leur valeur humaine et communiquer leur foi. C'est cette disposition intérieure qui le conduit à proposer à ses collègues des mises au point scientifiques dans tous ses domaines de compétences, conférences qu'il prononcera dans les grandes sociétés d'ingénieurs (SICF, SEIN). Il en dirigera la publication et même la traduction en anglais pour assurer une large diffusion de sa démarche. Darrieus fut indéniablement un grand médiateur scientifique de l'entre-deux-guerres autant qu'un concepteur fécond qui sut adapter des savoirs acquis souvent à l'étranger.

3.1.- Eléments de biographie.

Darrieus est né à Toulon en 1888, l'aîné d'une famille de huit enfants. Il montre un goût précoce pour la technique à la suite de son père, l'amiral Gabriel Darrieus, un inventeur fécond et un remarquable pédagogue. Ce dernier élève ses enfants dans les principes de la foi chrétienne et initie le jeune Georges à des lectures techniques dans la revue la *Nature* d'où il tire une passion pour la vie des savants et des inventeurs, ou comme le *Bulletin de la Société d'encouragement pour l'industrie nationale.*

Georges Darrieus fait des études secondaires au collège Stanislas puis au Lycée Jeanson de Sailly comme nombre de fils de l'élite scientifique et industrielle de la capitale. Sur les conseils de son père, il intègre l'École centrale en 1907, après un séjour linguistique en Angleterre. Là, il suit les cours de Paul Appel et d'Émile Picard qui l'initient à la mécanique et à la physique. Son diplôme obtenu en 1910, le jeune centralien se porte volontaire pour le service militaire. Affecté à l'État- major de l'artillerie, il reçoit en 1912 l'autorisation de

poursuivre des études universitaires à l'Institut électrotechnique de Toulouse où Charles Camichel et Henri Bouasse le forment à la physique mécanique et aux applications industrielles. Une fois la licence obtenue, il est recruté à la Compagnie Westinghouse du Havre où il collabore avec Maurice Leblanc à un procédé d'exploitation du froid (1913-1920).

La guerre interrompt sa carrière débutante. Mobilisé en 1914 à l'État-major, Darrieus reçoit le commandement d'une division d'artillerie puis celui d'une batterie de 75 où il fait preuve d'une grande inventivité dans le domaine de la géodésie et de la topographie pour faciliter l'organisation de l'artillerie terrestre. En mai 1917, alors qu'il est blessé au front, le jeune capitaine se mobilise au service de la Défense nationale. Frappé par l'imprécision des tirs d'artillerie, il réfléchit à une nouvelle loi de la résistance de l'air et à son application au calcul des trajectoires des projectiles. Sur le sujet, il remet fin 1917 et début 1918 deux mémoires théoriques au Comité central de l'artillerie. Paul Langevin qui travaille depuis 1916 avec les artilleurs est chargé de l'expertise de ces notes. Dans son rapport, le physicien souligne qu'il y voit «un travail de tout premier ordre»[4]. Mais il doit cependant le défendre face aux critiques des ingénieurs balisticiens qui contestent la forme de raisonnement employée par le centralien. Pour apporter la preuve de la justesse de ces vues théoriques, Langevin décide de procéder à la vérification expérimentale de la loi proposée par Darrieus en concevant une soufflerie supersonique, la première du genre. Par une série d'expériences, Langevin vérifie la justesse du raisonnement et livre ses conclusions aux experts balistiques. Ils sont alors contraints à admettre la justesse de la loi de la résistance de l'air et la nécessité d'introduire des corrections dans les tables de tir de l'artillerie. Au lendemain de la guerre, la contribution de Darrieus à la mécanique des fluides est unanimement reconnue comme magistrale, en particulier par Jacques Hadamard, rapporteur à la Commission balistique de l'Académie des sciences en 1919. Les deux notes sont intégralement publiées en 1922 au *Mémorial de l'artillerie française* avec les expertises de Langevin[5].

Darrieus a 30 ans lorsqu'il revient à la vie civile avec les honneurs militaires et la reconnaissance nationale. Il réintègre son poste à la Société

4 FONTANON, Claudine (2005) «L'obus Chilowski et la soufflerie Langevin: Une recherche militaire oubliée de la mobilisation scientifique (1915-1919)». In: PESTRE, D. (dir) *Deux siècles d'histoire de l'armement: De Gribauval à la force de frappe*, Paris, CNRS éd., 81-110.

5 DARRIEUS, Georges (1921) «Note sur la loi de la résistance de l'air aux projectiles en mouvement», *Mémorial de l'artillerie française*, t. 1, 241-251.

Westinghouse et décide de fonder une famille en épousant, en janvier 1919, Germaine Brest avec qui il aura six enfants et recevra pour cette raison, en 1933, la distinction «la plus touchante» selon Louis de Broglie: le prix Gottstalk de l'Office national de la recherche scientifique et industrielle décerné aux pères de famille nombreuse. En 1919, Darrieus adhère à l'Union sociale des ingénieurs catholiques où il se montre très actif en donnant plusieurs conférences sur le rôle de l'ingénieur et de la technique dans la société, selon une vision largement inspirée du catholicisme de Frédéric Le Play[6] et des encycliques du pape Léon XIII.

En 1922, Georges Darrieus est à l'aube d'une brillante carrière à la CEM où il entre à l'occasion du rachat de l'usine Westinghouse du Havre. A cette date, la CEM domine l'électrotechnique française et s'engage dans une politique de diversification de sa production et d'expansion à laquelle Darrieus va apporter d'importantes contributions comme ingénieur de conception (1922-1932), puis comme chef des études techniques (1932-1945), fonction qu'il cumule avec celle d'ingénieur-conseil à la Société des produits Maurice Leblanc et à la société suisse Brown Boveri, mais aussi comme expert auprès des grands réseaux de chemins de fer. D'emblée les centres d'intérêt de Darrieus dépassent les frontières de l'hexagone. C'est en 1919 qu'il effectue un premier voyage d'étude aux Etats-Unis. Sa mission de plusieurs semaines consiste à étudier l'électrification des chemins de fer. A son retour, il remet un rapport à la Société française des électriciens et réalise une première innovation fondamentale pour la distribution d'énergie: le maintien d'une tension égale sur grande distance et l'adoption de tensions élevées de transmission d'énergie. Il défend par ailleurs le principe d'interconnexion généralisée des réseaux de distribution, pour lequel il construit un modèle mécanique sur les conditions de stabilité du transport d'énergie, une solution adoptée par l'ensemble des grands réseaux étrangers. En France, il faut attendre 1940 pour que l'idée d'interconnexion soit admise, comme les tensions élevées de 220 KV.

6 Frédéric Le Play (1806-1882; X 1825), ingénieur des mines et homme politique ayant fait une grande carrière d'Etat sous le Second Empire; auteur des théories sociétales fondées sur ses nombreuses enquêtes sur la vie des familles ouvrières conçues dans l'esprit paternaliste; un des pionniers de la sociologie française.

3.2.- Le médiateur scientifique.

Avec l'accord de sa direction, Darrieus va consacrer une part importante de son temps à s'imprégner des grands textes de l'électrotechnique et de la mécanique des fluides. C'est animé par ses convictions religieuses que l'ingénieur entreprend de partager son savoir et sa pratique avec ses confrères et qu'il choisit la Société des ingénieurs civils de France pour prononcer, en 1926, une première conférence de 54 pages sur les progrès récents de la mécanique des fluides qui passe pour avoir été une véritable révélation pour les auditeurs. Sans entrer dans le détail de son contenu, il faut souligner que pour la première fois en France, la théorie de l'aile portante de Ludwig Prandtl élaborée entre 1908 et 1913 est présentée. Darrieus insiste sur le caractère mathématique de cette théorie qui aurait pu faire croire à des spéculations hasardeuses, mais à laquelle il adhère totalement. Cette théorie, dit-il, a rencontré un énorme succès en Allemagne ce qui témoigne de sa valeur, qui une fois reconnue, est apparue comme une révélation et a fait l'objet d'une vérification expérimentale au Laboratoire de Göttingen et au National Physical Laboratory. Cette théorie explique pourquoi il faut donner à l'extrémité de l'aile portante un contour rond et non rectangulaire. Il insiste par ailleurs sur le fait que l'aviation et les travaux de Gustave Eiffel ont été pour beaucoup dans cette avancée théorique, et énumère les domaines d'application auxquels la théorie a donné lieu: hélice d'avion, turbine à aubes fuselées… A travers ces exemples, Darrieus souligne l'importance pratique de cette théorie linéaire qui a permis de corriger une foule de dispositions de machines, même si nombre de questions restent en suspens, comme les régimes de dépression dans les sillages, les lois de formation et de développement de la couche-limite en régime laminaire ou turbulent. Il conclut son long exposé en appelant la science française à fournir des sujets précis de recherche appliquée et à élever le niveau de la culture des ingénieurs. Il exprime également son inquiétude sur la formation des scientifiques français et sur leur pratique: «Un autre écueil guette les mathématiciens qui, livrés à leur seule inspiration, "sont parfois sujets à des confusions grossières dans le domaine des phénomènes physiques ou au contraire à s'attarder sur des considérations spéculatives d'ordre métaphysique sans signification objective et expérimentale bien assurée"»[7]. Il s'agit là d'un plaidoyer en faveur de la

7 DARRIEUS, Georges (1926) «Initiation aux progrès de la mécanique des fluides. Leurs rela-

recherche industrielle telle qu'elle est pratiquée chez Brown Boveri en Suisse, dont il est un ingénieur conseil, et qui regroupe dans un même laboratoire des formations et compétences diverses et complémentaires: ingénieurs, physiciens, mathématiciens et industriels, et surtout des ingénieurs de formations variées (polytechniciens, centraliens, gadzarts et polytechniciens de Zürich). Sans doute Darrieus avait-il l'intention de donner une suite à cette conférence, mais il faut attendre 1938 pour qu'il renoue avec son projet à la demande d'une revue technique de grande diffusion: *Technique moderne.*

Darrieus, nous l'avons mentionné, ne se contente pas d'être le médiateur des théories de Prandtl en France, il va jusqu'à chercher à l'appliquer dans le domaine industriel. C'est en 1926 que le centralien tente une première application en déposant un brevet d'invention sur une turbine à axe vertical à la direction du vent et à pales fuselées comme les ailes d'avion, c'est-à-dire offrant un minimum de résistance à l'avancement et susceptible de transformer en travail mécanique le maximum utilisable de l'énergie du fluide. Il faudra cependant attendre les années 1970, avec la crise énergétique des pays développés, pour que soit redécouvert l'aéromoteur de Darrieus. D'une construction simple et pouvant supporter des vents violents, cette éolienne a été implantée dans les régions ventées du continent nord-américain mais également dans des îles et dans des zones de raccordement difficile au réseau général électrique (phares et balises, observatoires de montagne…). En 2000, la revue *Système solaire* publie un article sur «Georges Darrieus, père des éoliennes à axe vertical»[8].

Pour ce travail de médiation et d'application en mécanique des fluides, Darrieus reçoit en 1927 sa première grande récompense: la médaille d'or de la Société des ingénieurs civils de France. Dans le domaine de turbomachines dont il est responsable à la CEM, l'application de la théorie en question est beaucoup plus difficile à réaliser en raison de la viscosité cinématique élevée des fluides raréfiés circulant à travers les aubages. Dans le but d'augmenter le rendement des turbomachines à gaz très chauds, Darrieus tente une nouvelle application de la théorie de la couche-limite, mais après plusieurs échecs se résout à solliciter le physicien suisse Freudenreich, un confrère de chez Brown Boveri. Avec lui, il met finalement au point, en 1933, un procédé

tions avec l'Electrotechnique», *Mémoires de la Société des ingénieurs civils de France*, 8° série, n° 9-10 (sept.-oct.), 953-1013.

8 LEGENDRE, Robert (2000) «Georges Darrieus, père des éoliennes à axe vertical», *Systèmes solaires: Le journal des énergies renouvelables*, n° 139.

qui consiste à isoler les aubes des turbines du contact des gaz brûlants en injectant par une fente pratiquée à la surface de l'aube une mince couche d'air froid. Par ce procédé, l'augmentation de la température des gaz, donc du rendement thermique, peut être effectuée sans dommage pour les aubes jusqu'à 1.100 au lieu de 800 précédemment. Darrieus dépose alors un brevet sur ce procédé le 29 janvier 1934 et reçoit la même année le prix de Physique Parville de l'Académie des sciences.

Treize ans après la première synthèse sur la mécanique des fluides, Darrieus, dont la notoriété s'est considérablement étendue en France comme à l'étranger, donne une suite à la conférence de 1926 publiée dans le bulletin de la SICF[9]. Cette conférence revêt un caractère solennel car elle est présidée par Émile Jouguet, mécanicien éminent et président de la Société internationale du débit des fluides. Darrieus admet pour commencer que la tâche est beaucoup plus aisée en 1939 qu'en 1926 où l'on ignorait tout de la théorie de Prandtl et celle de la similitude. C'est donc à la théorie de la couche-limite qu'il consacre cette conférence et à la turbulence à laquelle travaille Théodore von Kármán et qui, selon lui, fait le désespoir des chercheurs. Darrieus considère cette théorie comme un apport capital à l'hydrodynamique classique car ses applications industrielles sont nombreuse: l'aviation, la construction des turbines et des turbomachines complexes. Il s'arrête sur une des applications indiquées par Prandtl: l'aspiration de la couche-limite pour prévenir l'accumulation du fluide à la paroi et permettre au fluide de la serrer de près de manière à diminuer les frottements.

La troisième conférence est prononcée en 1941 et elle est essentiellement consacrée aux souffleries aérodynamiques en service et à leurs coefficients d'utilisation selon leur disposition et leur vitesse d'exploitation. Pour les souffleries de type Eiffel et de type Prandtl, Darrieus évoque la question des vibrations aux vitesses critiques, un phénomène pas complètement élucidé. Modeste, ce dernier ne cite pas son rôle dans la conception de la grande soufflerie subsonique installée à Bois-Colombes pour la Société des moteurs Hispano Suiza, mais lui consacre trois pleines pages de description dans son article. Quant aux souffleries supersoniques qui sont depuis peu à l'étude, il indique la nécessité de recourir aux tuyères convergentes-divergentes pour lesquelles Prandtl et Buseman ont indiqué un tracé.

9 DARRIEUS (1926); Idem (1938) «La mécanique des fluides: Quelques progrès récents», *La Technique moderne*, t. 30, , n° 18, 15 août.

En clôture de cette série de mises au point, Darrieus offre tout son savoir et sa pratique à un public spécialisé et élargit son propos en évoquant une nouvelle fois la question, en France, du statut de la recherche scientifique en entreprise et celle de la formation des scientifiques et ingénieurs. Il rappelle l'importance de la formation postscolaire des ingénieurs et la nécessité d'associer universitaires et industriels pour dégager des explications rationnelles des problèmes à résoudre; une occasion pour lui de critiquer sévèrement les bases de l'enseignement supérieur français de la mécanique des fluides: «Une défiance excessive et des exigences prématurées à l'égard des hypothèses de travail (nécessaire au début des travaux théoriques) nous ont trop souvent laissé dans une attitude boudeuse et dans des domaines de travail relativement stériles, hors des courants de recherche féconds dans les pays étrangers (Allemagne, États-Unis, Grande-Bretagne)»[10]. Il s'agit là d'une critique voilée de l'enseignement de la mécanique des fluides de la Sorbonne, basée sur les travaux de Dimitri Joukowski, auteur, au début du XX^{e} siècle, d'une théorie mathématique de la circulation des vitesses autour d'un contour, qui s'est révélée rapidement insuffisante pour expliquer les phénomènes complexes en jeu en aérodynamique.

Il faut également mentionner les travaux importants de Darrieus à la fin des années 1930 et pendant la Seconde Guerre mondiale, en relation avec la théorie de Prandtl qu'il a systématiquement cherché à appliquer dans les domaines industriel et militaire. C'est en 1939 qu'il dépose un brevet d'invention sur une carène à vitesse supersonique qui n'engendre ni résistance à l'avancement, ni rayonnement d'énergie, en définissant tout un ensemble de conditions pour réaliser cette carène autopropulsée qui s'applique aux projectiles, aux obus d'artillerie, aux avions furtifs et aux torpilles.

La même année, Darrieus conçoit sa première soufflerie pour l'entreprise Hispano Suiza destinée aux essais en vraie grandeur des moteurs d'avions. La soufflerie emprunte des éléments aux deux systèmes Eiffel et Prandtl pour obtenir des performances maximales (veine ouverte en pression atmosphérique de la veine d'essais, vitesse de 100 m/s). En revanche, les travaux qu'il mène au Laboratoire de recherches balistiques en 1939, dans le cadre de la mobilisation scientifique, réunissent une équipe de recherche composée d'ingénieurs et des savants. A Darrieus est confiée l'étude des caractéristi-

10 DARRIEUS, Georges (1939) «La Mécanique des fluides: Quelques progrès récents», *La Technique moderne*, t. 31, n° 15, 1 août.

ques des courants de révolution et de condensation dans les tuyères en vue d'équiper le LRBA d'une soufflerie supersonique et d'une très grande soufflerie subsonique. Il travaille alors plus particulièrement sur le tracé des formes de tuyères qu'il traite par une méthode mi-analytique mi-graphique, inspirée de celle de Prandtl-Buseman pour assurer au voisinage du col la jonction entre le subsonique et le supersonique.

Mais ses recherches sur les profils de souffleries n'aboutissent pas avant 1940 et il doit les poursuivre dans la clandestinité. Il publiera après-guerre dans une revue américaine un article qui fait date sur les différents types de souffleries en usage dans les pays industriels. Les ingénieurs militaires du Laboratoire de recherches balistiques et aérodynamiques (LRBA) tiendront compte de son expertise lors du rééquipement du laboratoire de Vernon sur Eure, en 1952, où il est toujours installé.

Pour les services rendus à la Nation, Darrieus est chargé par le gouvernement provisoire de la République, en octobre 1945, d'une mission aux États-Unis pour étudier les progrès de l'industrie américaine depuis les cinq dernières années. En mai 1945, il avait fait partie d'une mission d'études commandée par l'ingénieur militaire en chef Libessart du LRBA pour étudier en Suisse les souffleries de Baden et de Zürich. Cette année-là, il adresse à l'Académie des sciences un article sur la méthode Prandtl-Buseman appliquée au calcul de la résistance à l'écoulement autour d'un profil de révolution. Il est récompensé pour cela par le prix Parville de Physique de l'Académie des sciences, son deuxième prix académique avant d'être finalement élu dans la savante institution, à la Section des applications de la science à l'industrie, pour l'ensemble de son œuvre. Dans son rapport au comité secret de la section, Portevin rappelle que Darrieus jouit d'une réputation qui déborde largement les frontières de l'hexagone. Une souscription est ouverte pour lui offrir son épée d'académicien qui lui est remise le 17 janvier 1948 à l'École centrale, sous la présidence de Louis de Broglie. Le célèbre mathématicien rappelle que Darrieus occupe l'un des six sièges réservés aux hommes qui, au contact avec l'industrie, ont su garder le goût de la recherche scientifique et fait progresser la technique par des applications fructueuses, et salue, pour conclure, la haute conscience de l'homme et la grande valeur de l'ingénieur. Cette prestigieuse récompense ne pouvait que rejaillir sur le prestige de la Compagnie électro-mécanique qui a promu l'académicien au poste de directeur scientifique. La direction de l'entreprise qui l'avait toujours encouragé dans ses recherches scientifiques lui confie alors la création d'un laboratoire

de recherche en mécanique des fluides qu'il tente d'organiser selon le modèle de celui de Brown Boveri. Darrieus ne parvient pas à obtenir le concours des physiciens de la Faculté des sciences de Paris qui travaillent à cette date dans le laboratoire fondé par le professeur Henri Villat. Il doit par ailleurs compter avec la concurrence d'autres laboratoires aérodynamiques, notamment celui de l'Office national des études et recherches aéronautiques fondé en 1946, avec de puissantes souffleries et d'importants moyens matériels et humains. Ce fut sans nul doute son plus grand échec au cours de sa longue carrière d'ingénieur.

Il devait néanmoins apporter une contribution remarquée en 1946-1947, en concevant pour le Commissariat pour l'énergie atomique (CEA) une machine pulsatrice a rotor lancé à 6000 tours /mn conçue pour convertir son énergie cinétique en électricité et produire un champ magnétique intense dans un plasma thermonucléaire pour des essais de fusion nucléaire. Il réalise avec cette machine plus de 100 expériences sans dommages et construit une seconde machine de plus grande taille qui va servir pendant quatre ans pour le programme TOKAMAC du CEA sur la fusion nucléaire contrôlée, un des plus avancés pour la période.

En conclusion, on peut dire que Darrieus illustre cette catégorie d'ingénieurs, salariés de grande entreprise et ingénieurs-conseils, dotés d'une solide formation scientifique qui effectuent de nombreux voyages d'études à l'étranger et disposent d'une renommée internationale. Il n'a, en revanche, exercé aucune fonction d'enseignement, mais a eu un rôle actif au sein de l'École centrale comme conseiller scientifique et en obtenant la création de laboratoires de recherche ouverts aux élèves.

Annexe. Les ingénieurs à l'Académie des sciences (1820-1945)

NOM, prénom	Date d'election	Section	Statut professionnel
DUPIN Charles	1818	Mécanique	X Génie maritime
PONCELET Jean Victor	1834	Mécanique	X Génie
PIOBERT Guillaume	1840	Mécanique	X Artillerie
MORIN Arthur	1845	Mécanique	X Artillerie
DAUSSY Philippe	1855	Géographie	Ingénieur hydrographe
BARRE DE SAINT VENANT Adhémar	1868	Mécanique	X Ponts et chaussées
TRESCA Henri	1872	Mécanique	Ingénieur civil
DIDION Isidore	1873	Mécanique	Artillerie
RESAL Henri	1873	Mécanique	X Ponts et chaussées
LA GOURNERIE Jules, de	1873	Acad. libre	X Ponts et chaussées
FAVE Isidore	1876	Acad. libre	Ingénieur hydrographe
FREYCINET Charles, de	1882	Acad. libre	X Mines
HATON DE LA GOUPILLIERE Julien	1884	Acad. libre	X Mines
SARRAU Jacques	1886	Mécanique	X Mines
POINCARÉ Henri	1887	Géométrie	X Mines
LAUSSEDAT Aimé	1894	Acad. libre	X Génie
CARNOT Marie Adolphe	1895	Acad. libre	X Mines
ROUCHE Eugène	1897	Acad. Libre	X
BERTIN Émile	1903	Géographie	S Génie maritime
VIEILLE Paul	1904	Mécanique	X Poudres et salpêtres
LE CHATELIER Henry	1907	Chimie	X Mines
CARPENTIER Jules	1907	Acad. libre	X Manufactures
LECORNU Léon	1910	Mécanique	X Mines
RATEAU Auguste	1918	Applications	X Mines
LEBLANC Maurice	1918	Applications	X
CHARPY Gabriel	1918	Applications	X
LUMIERE Louis	1918	Applications	Inventeur
CHARDONNET Louis, de	1918	Applications	X Ponts et chaussées
MESNAGER Augustin	1920	Mécanique	X Ponts et chaussées
LAUBEUF Maurice	1920	Applications	X Génie maritime
BRETON Jules Louis	1920	Acad. libre	Ingénieur civil
CLAUDE Georges	1924	Applications	Ingénieur civil
GUILLET Léon	1925	Applications	Ingénieur civil
JOUGUET Émile	1930	Mécanique	X Mines
CAQUOT Albert	1934	Mécanique	X Ponts et chaussées
ESNAULT PELTERIE René	1936	Applications	Ingénieur civil
DARRIEUS Georges	1946	Applications	Ingénieur civil

Sources- Archives de l'Académie des sciences: dossiers personnels in *Annuaires de l'Institut de France*