



ELSEVIER

Contents lists available at ScienceDirect

Comptes Rendus Mecanique

www.sciencedirect.com



A century of fluid mechanics: 1870–1970 / Un siècle de mécanique des fluides : 1870–1970

La mécanique des fluides à la Sorbonne entre les deux guerres



Claudine Fontanon

EHES/Centre Alexandre-Koyré, 27, rue Damesme, 75013 Paris, France

I N F O A R T I C L E

Historique de l'article :

Reçu le 28 juillet 2016

Accepté le 21 avril 2017

Disponible sur Internet le 3 août 2017

Mots-clés :

Mécanique des fluides

Sorbonne

Entre-deux-guerres

Keywords:

Fluid Mechanics

Sorbonne

Interwar period

R É S U M É

L'épisode de la Première Guerre mondiale a ouvert la voie à une recomposition de la recherche dans les sciences de l'aviation, en France comme à l'étranger. Les progrès de la technique aéronautique se sont effectués sous l'impulsion d'une nouvelle science : l'aérodynamique, notamment grâce aux travaux de Gustave Eiffel. Cependant, l'approche expérimentale qui caractérise cette période fondatrice est remplacée, au lendemain de la Grande Guerre, par une approche beaucoup plus théorique des phénomènes aérodynamiques. Et c'est sous le vocable de mécanique des fluides que les deux approches, théorique et expérimentale, vont se ranger pour former, avec l'hydrodynamique classique, le socle d'un enseignement et d'une recherche universitaire à la faculté des sciences de Paris. À la période du mécénat qui avait ancré l'enseignement et la recherche aéronautique à la faculté des sciences de Paris succède une période d'intervention directe des pouvoirs publics pour institutionnaliser la mécanique des fluides et son orientation vers les applications à l'aviation. Dans cet article, nous analyserons les étapes et les modalités de l'émergence de cette science, avec pour objectif de déterminer dans quelle mesure la politique scientifique déployée entre les deux guerres par les autorités publiques a eu une influence sur l'évolution et les progrès de la technique aéronautique et répondu aux attentes de ses promoteurs.

© 2017 Publié par Elsevier Masson SAS au nom de Académie des sciences. Cet article est publié en Open Access sous licence CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

A B S T R A C T

World War I opened the way to a restructuring of research in the field of aviation sciences in France as abroad. Technical advances were made possible under the impulse of a new science: aerodynamics, notably owing to Gustave Eiffel's works. Nevertheless, the experimental approach that most marked this foundational period was replaced, after the Great War, with a much more theoretical approach of aerodynamic phenomena. And it is under the name "fluid mechanics" that both theoretical and experimental approaches were gathered together to constitute, with classical hydrodynamics, the basis of teaching and university research at the Faculty of Sciences in Paris. The patronage era that had anchored aeronautical teaching and research to the Faculty of Sciences in Paris was succeeded by an era when the government authorities directly intervened to institutionalize fluid mechanics and orientate it toward applications to aviation. In this article, we will analyse the steps and modalities of the emergence of this science, with the aim to determine how much the scientific policy deployed between the two wars by the public authorities influenced

Adresse e-mail : claudine.fontanon@ehess.fr.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.crme.2017.05.003>

1631-0721/© 2017 Publié par Elsevier Masson SAS au nom de Académie des sciences. Cet article est publié en Open Access sous licence CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

the evolution and the progress of aeronautical techniques, and met the expectations of its promoters.

© 2017 Publié par Elsevier Masson SAS au nom de Académie des sciences. Cet article est publié en Open Access sous licence CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

1. De l'aviation militaire à l'aviation civile

Avant 1914, le mécénat avait favorisé l'implantation de l'enseignement et de la recherche dans ce domaine au sein de l'université parisienne, à l'institut aérotechnique de Saint Cyr et à la Sorbonne où est fondée une chaire d'aviation confiée à Lucien Marchis. Si la guerre a donné un élan à l'industrie aéronautique naissante, l'armistice de 1918 menace d'en épuiser l'activité. Dès 1917, l'entourage de Clemenceau s'inquiète et se demande si, à la fin des hostilités, il se trouvera un marché pour l'aviation civile. Les associations créées avant-guerre pour défendre l'aviation naissante se regroupent dans le but d'attirer l'attention des pouvoirs publics sur les difficultés probables du secteur industriel naissant. Un programme pour l'organisation et le développement de l'aéronautique civile est proposé au gouvernement à la fin de l'année 1918 par des personnalités reconnues (Rodolphe Soreau, Paul Painlevé, Émile Laurent-Eynac). Au moment du traité de Versailles, bien que la priorité soit donnée à la reconstruction des zones dévastées, l'aviation trouve au gouvernement suffisamment de défenseurs pour qu'on décide d'en sauver l'industrie. Le 6 juin 1919 est créé un organe de coordination de l'aéronautique et un sous-secrétariat d'État à l'Aéronautique et aux Transports aériens au sein du ministère des Travaux publics, dont dépend l'aviation. Comme l'a montré Emmanuel Chadeau,¹ la politique d'intervention de l'État prend alors deux visages : une politique de soutien à la production faite d'incitations techniques et financières, dont l'initiateur est Pierre Flandin, premier sous-secrétaire d'État à l'Aéronautique (1929–1921). Cette politique est poursuivie par Émile Laurent-Eynac jusqu'en 1928, date à laquelle est créé un ministère à part entière – le ministère de l'Air – avec une direction générale confiée à Albert Caquot. À partir de cette date, un effort budgétaire important est consenti par les gouvernements successifs des années trente pour mettre l'aviation française au niveau des flottes allemandes et américaines par le biais d'une politique technique prédéfinie (celle des prototypes) et d'une politique scientifique largement subventionnée (celle des instituts de mécanique des fluides), ce qui est moins connu. Lorsqu'en 1921 Laurent-Eynac est nommé sous-secrétaire d'État, l'idée de Painlevé et de ses amis consiste à dire que les progrès de l'aviation ne sauraient être envisagés sans le concours de la science, et en particulier de l'étude des phénomènes aérodynamiques qui conditionnent ses progrès. De ce point de vue, la question de la sécurité, qui reste une priorité absolue en France, conduit à identifier les problèmes techniques à résoudre en priorité : stabilité aérodynamique des cellules, ce qui implique l'étude de la résistance des cellules aux efforts exercés par le vent aux différents régimes du vol, l'étude de la puissance des moteurs et le choix des matériaux. Différents domaines scientifiques devront être sollicités pour favoriser les progrès indispensables à la création d'une flotte moderne et fiable : aérodynamique, thermodynamique, mécanique des solides, analyse physico-chimique des carburants, résistance des matériaux...

Or, après la période de rationalisation des activités réalisées par le Service technique de l'aéronautique militaire pour la construction de prototypes, les défenseurs de l'aviation doivent bien admettre que la recherche et l'enseignement en mécanique des fluides, et plus généralement en sciences de l'aviation, sont absent de l'enseignement supérieur en dehors des éléments d'hydrodynamique enseignés dans le cours de mécanique rationnelle de la faculté des sciences. Les recherches théoriques du jeune Henri Villat à la faculté des sciences de Strasbourg sur la théorie des sillages et sur de nouveaux éléments d'hydrodynamique restent celles d'un mathématicien.

2. La fondation de la chaire de mécanique des fluides et applications

En février 1921, Émile Laurent Eynac annonce que l'État va prendre en charge les secteurs de la recherche scientifique – fondamentale et appliquée – susceptibles de favoriser, à plus ou moins long terme, des applications à l'aviation. L'État consent un effort budgétaire exceptionnel pour créer un pôle de mécanique des fluides qui doit acquérir « une réputation mondiale » et assurer la formation d'un corps scientifique d'élite dans le domaine de l'aviation. Des mesures d'organisation des études supérieures sont prises au même moment pour faciliter ce mouvement : création du diplôme de sciences expérimentales appliquées et du titre d'ingénieur-docteur. Le 24 novembre 1921, le sous-secrétaire d'État adresse une note au ministre de l'Instruction publique au sujet de l'enseignement scientifique se rapportant à l'aéronautique.² Celui-ci constate que ce qui existe ne se rapporte à aucun plan d'ensemble, mais à des créations spontanées sous la pression des nécessités. Les chercheurs en aéronautique trouvent difficilement des théories faisant autorité pour servir de base à leurs projets. C'est la raison pour laquelle Laurent-Eynac songe à la création d'une chaire magistrale à la Sorbonne. Cette chaire déterminerait les grandes lois de l'aérodynamique et fournirait des bases solides aux ingénieurs, à savoir les lois de la résistance de l'air, les lois de similitude, la valeur des expériences en tunnel, la théorie des hélices tractives. L'objectif est de former un corps de savants et de professeurs dont l'aéronautique aura besoin. Mais il faut attendre le 11 août 1923 pour que le

¹ E. Chadeau, *L'industrie aéronautique en France. 1900–1950*. De Blériot à Dassault, Fayard (1987).

² AN-AJ16/5775 : chaire de mécanique des fluides (1921–1927).

sous-secrétaire d'État informe le ministre de l'Instruction publique du vote du budget de 80 000 francs pour la chaire mise à la disposition de la Sorbonne. Il demande que le cours commence à la rentrée 1923, et suggère de nommer Paul Painlevé, qui avait jusqu'ici repoussé la création de la chaire en raison de son indisponibilité. Avec cette nomination, on espère que le « parrain de l'aviation » mettra sa double notoriété scientifique et politique au service du projet. Le but à atteindre est de créer un fort mouvement d'intérêt scientifique au sein de l'élite étudiante parisienne en faveur de la mécanique des fluides.

Des enseignements annexes doivent aussi être organisés, en hydrodynamique et aérodynamique, en complément de l'enseignement magistral, « en contact intime avec la réalité des applications », ainsi qu'un système de collaborations avec des ingénieurs pour lancer des recherches sur des sujets précis ; enfin des conférences annexes doivent faire connaître aux scientifiques les recherches les plus intéressantes des savants français et étrangers. Cette dernière mesure nous semble particulièrement originale pour le milieu universitaire un peu « confiné » de la Sorbonne. Original parce que ce n'est pas le ministère de l'Instruction publique qui fonde la chaire mais celui des Travaux publics, un ministère technique.

La chaire de mécanique des fluides et applications (fondation du sous-secrétariat à l'Aéronautique) comprend un professeur (Paul Painlevé), un maître de conférences (Albert Toussaint), ainsi que, à partir de 1925, un poste d'ingénieur spécialement créé pour Dimitri Riabouchinski à la demande de Painlevé et, enfin, un poste de professeur sans chaire attribué à Jean Villey pour assurer la liaison entre la chaire, le recteur et le ministère des Travaux publics. Ce pôle scientifique dispose de moyens assez considérables, en tout état de cause sans commune mesure avec les moyens dont disposent les chaires traditionnelles de la Sorbonne au même moment : une large subvention de 60 000 francs ainsi que la rémunération de 18 000 francs du professeur, l'appui des services techniques de l'Aéronautique civile et militaire : la soufflerie Eiffel, celle de Chalais-Meudon, de l'IAT, l'escadrille d'essai de Villacoublay et le bassin des carènes de la Marine de Paris sont mis à la disposition des chercheurs, des étudiants et des collaborateurs. Enfin, la possibilité de publier les résultats des recherches est donnée aux chercheurs et collaborateurs dans une collection de fascicules financés par le service technique de l'Aéronautique est un atout précieux pour le nouveau pôle scientifique. Une convention signée le 24 août 1924 entre le sous-secrétaire d'État à l'Aéronautique, le recteur de l'Académie de Paris et le président du conseil d'université entérine les mesures adoptées à la Chambre des députés.

3. Les difficultés du premier plan Laurent-Eynac

Dans les faits, l'organisation prévue en 1921 est différée à l'été 1923, Painlevé n'étant pas disponible avant cette date. Et le démarrage de l'enseignement ne se fait qu'à la rentrée 1923. De plus, Painlevé n'assure ses fonctions d'une seule année et se fait remplacer par Albert Métral, jusqu'à sa démission en 1927. Toutefois, Albert Toussaint assure, pour la première fois en France, un enseignement d'aérodynamique expérimentale, qu'il consacre les premières années à la résistance des frottements dans les fluides. L'organisation des conférences annexes fonctionne en revanche assez bien sous le contrôle de Painlevé, comme en témoigne la lettre de Laurent-Eynac où il rappelle au mathématicien l'importance qu'il accorde à ces enseignements en contact avec les applications, et qu'il est favorable à une collaboration avec le laboratoire de mécanique physique de Gabriel Koenigs.

Ces conférences annexes sont une activité qui semble avoir bien fonctionné tout au long de la période grâce à l'investissement de Riabouchinski, officiellement nommé le 13 janvier 1925 à la chaire de mécanique des fluides. Il est vrai que les conférenciers étaient fort bien rémunérés pour leurs contributions. En 1925, Émile Barillon, ingénieur de la Marine, assure une dizaine de conférences sur l'hydrodynamique des fluides incompressibles ayant une surface libre et reçoit 3 000 francs pour sa prestation. Charles Camichel, directeur de l'institut électrotechnique de Toulouse, 2800 francs pour deux conférences sur les écoulements dans les conduites forcées ; Maurice Roy, ingénieur des mines, 3 000 francs pour son exposé sur la théorie des ailes sustentatrices. En 1926, il est le premier à exposer en séance publique les théories de Joukowski et celles de Prandtl (assez mal selon Paul Germain) sur la théorie des profils et la friction des tourbillons. Henri Villat, membre correspondant de l'Académie des sciences (section de mécanique) expose en 1925 ses travaux mathématiques sur la théorie des sillages.

En 1927, Riabouchinski donne une série de conférences sur les mouvements cycliques et tourbillonnaires, sur le mouvement initial des fluides et sur le paradoxe de d'Alembert ; Théodore von Kármán profite d'un séjour à Paris pour exposer ses travaux sur la turbulence. Enfin, ce sera le programme de recherche confié à Albert Toussaint sur la vérification des formules de Prandtl pour des ailes de différents allongements, puis sur l'étude expérimentale des lois de similitude en aérodynamique. Ce sont les rares travaux publiés avant 1928 dans le *Bulletin des services techniques de l'Aéronautique*. Ainsi l'espoir mis dans la nomination de Paul Painlevé pour créer un élan en faveur de la mécanique des fluides est-il en partie déçu. Le savant est accaparé par ses multiples occupations scientifiques et politiques : il cumule alors la chaire de mécanique céleste à la Sorbonne, celle de mécanique rationnelle à Polytechnique et celle de mécanique des fluides. Et, sur la scène politique, le mandat de député de la Seine, puis, à partir de 1925, la charge de ministre de la Guerre et la présidence du Conseil, tout en présidant le conseil d'administration du Cnam dès 1919. Il se fait remplacer par Albert Métral dès la rentrée 1925 pour le cours de résistance générale des fluides et celui sur les fluides non visqueux (rédigé par Albert Métral et publié en 1930). Sur le plan scientifique, il est important de souligner les contradictions dans la démarche du savant, l'un des plus actifs promoteurs de l'aviation, mais qui émet des réserves sur la théorie de Ludwig Prandtl sur la couche limite (1904), se méfie de l'intuition physique du savant allemand sur la viscosité des fluides et émet des réserves sur l'hypothèse de Joukowski sur le décollement des lignes fluides aux bords de fuite à l'origine de la portance des avions. Mais le bilan est loin d'être négatif : l'organisation des conférences annexes, les collaborations avec les savants étrangers, comme l'introduction des en-

seignements expérimentaux, ont provoqué un véritable bouleversement dans les pratiques traditionnelles d'enseignement et de recherche à la Sorbonne.

4. Le rapport Raoul Dautry sur l'aéronautique civile au Conseil national économique (1928)

C'est dans le cadre du plan Tardieu d'outillage économique national que se déroule l'enquête sur l'aviation civile confiée à l'ingénieur des ponts et chaussées Raoul Dautry. L'opinion et le Parlement avaient été alertés de l'état catastrophique du parc aéronautique français par le Comité français de propagande aéronautique. L'exploit de Lindbergh avait de surcroît frappé les imaginations et fait prendre conscience de la crise de l'aéronautique française. Raoul Dautry se trouve alors investi du rôle d'expert auprès du Conseil national économique pour l'aviation et rencontre à cette occasion Albert Caquot, directeur général de l'aviation, au sein du tout nouveau ministère de l'Air. C'est au cours de l'année 1928 qu'il remet un rapport de 58 pages au Conseil économique,³ examinant et comparant les caractéristiques du matériel technique, des réseaux et de leur exploitation, de la recherche et de l'enseignement des principaux pays industriels (Allemagne, Angleterre, Italie et États-Unis) et conclut « à la situation alarmante de l'aviation française eu égard aux sommes investies par l'État dans le matériel, les recherches techniques et scientifiques » (6 millions de francs, somme notoirement insuffisantes en comparaison des investissements allemands quatre fois plus importants).

Sa critique porte en particulier sur l'École supérieure d'aéronautique (une fondation privée), où l'enseignement lui paraît mal coordonné, d'un niveau scientifique et technique insuffisant pour les ingénieurs civils, militaires et les centraliens visant l'accès au corps des ingénieurs civils de l'Aéronautique, créé en 1924. Quant aux recherches scientifiques, Dautry très critique souligne l'absence de tout programme méthodique, le faible nombre des sujets abordés par les chercheurs français, leur mauvaise diffusion, et enfin le trop faible nombre des ingénieurs disponibles pour des collaborations scientifiques, un des points forts du projet Laurent-Eynac. En citant les « trop rares travaux de A. Toussaint et E. Cafaroli », publiés dans le *Bulletin technique de l'aéronautique* en 1924, Dautry critique indirectement la chaire de mécanique des fluides et, sans nul doute, Paul Painlevé dont le cours ne sera publié qu'en 1930. Dans ce domaine, il fait appel au regroupement des compétences et des intelligences et pose la question de savoir « quelle part va aux chercheurs et aux savants et par quelle disposition [on doit] orienter les jeunes intelligences vers la science et la préparation méthodique et patiente des résultats pratiques. » Une des premières mesures inspirées par le rapport Dautry (entièrement approuvé par le CNE) a été la création d'un Conseil supérieur des recherches scientifiques intéressant l'aéronautique (CSRSA) pour l'organisation des recherches la coordination des efforts des laboratoires et l'élaboration des programmes de recherche. De ce rapport naît une doctrine ministérielle, en fait peu différente de celle de Laurent-Eynac, mais dynamisée par la volonté politique très forte et par l'arrivée de l'énergique Albert Caquot à la direction générale de l'Aéronautique enfin, et ce point est non négligeable, l'attribution de budgets exceptionnels pour la réalisation de ce programme.

Les orientations scientifiques donnée par Raoul Dautry et Albert Caquot partent du principe qu'en matière d'aviation, « le matériel est roi », mais que depuis 1918 aucune découverte technique essentielle ni en France ni à l'étranger n'a été faite. L'autre constat est que l'avion est la seule formule du « plus lourd que l'air » qui donne des performances et des garanties de fonctionnement désirables pour l'aviation civile (on souligne l'impasse de l'hélicoptère). Ainsi les recherches devront se concentrer sur huit questions essentielles : l'aérodynamique, la sécurité du vol, l'augmentation de la portance et de la finesse des avions, les moteurs, les dispositifs de stabilité automatique et instruments de bord, la facilité d'entretien et de réglage, les matériaux et l'instrumentation de bord. Pour cela, Dautry préconise la formation d'une élite scientifique et technique en créant une École supérieure d'aéronautique financée par l'État, la constitution d'un corps de mécaniciens, et la nomination d'universitaires pour mener des recherches théoriques sur des programmes élaborés par le ministère de l'Air, de manière à combiner les approches théoriques, expérimentales et travaux d'ingénieurs, en tenant compte des problèmes posés par la construction aéronautique. Les universitaires subventionnés par l'État devront travailler sur les programmes conçus en fonction des problèmes à résoudre, même si les professeurs peuvent être associés à l'élaboration des problèmes. Toutefois le CSRSA exercera un contrôle sur la production scientifique par la prolongation des recherches, les publications les collaborations temporaires et l'attribution de récompenses. En ce qui concerne la chaire de la Sorbonne, le STA et le CSRSA disposent de toute autorité sur le rectorat, le conseil d'université et le doyen, évidemment consultés pour la forme. Ce qui ne va pas sans tension, car Henri Villat, nouvellement nommé à Paris, n'entend pas si facilement céder à la « dérive utilitariste d'un champ scientifique dont il est le chef de file », comme en témoigne la lettre qu'il adresse à René Garnier le 21 avril 1929,⁴ dans laquelle il émet des réserves sur la nomination d'Henri Beghin à la chaire de mécanique théorique, bien qu'il le trouve remarquable eu égard au groupement expérimental et pratique prévu dans le futur institut en voie de création à cette époque. « J'aimerais bien que l'actuelle période d'inquiétude soit passée et que l'école mathématicienne que j'aspire à faire naître pour rivaliser avec celle d'Oseen et de Prandtl ne soit transformée en école d'ingénieurs. Je compte beaucoup sur vous pour m'aider. Merci d'avance et tenez naturellement ma lettre comme confidentielle. Jusqu'à un certain point. »

³ AN-F12 8798, rapport Dautry (1928).

⁴ Archives de l'Académie des sciences – Fonds René Garnier.

5. L'institut de mécanique des fluides de Paris (1929–1945)

5.1. Fondation de l'institut

Le 22 février 1929, le ministère de l'Air annonce au doyen de la faculté des sciences que, dans l'intérêt national, l'État va confier aux universitaires la préparation des progrès ultérieurs de l'aviation en organisant la préparation de « la recherche désintéressée », même si les applications pratiques en aéronautique ne sont pas encore nettes. La faculté des sciences est chargée de fonder un pôle de recherches théoriques, expérimentales et d'enseignement supérieur... « de réputation mondiale ». Dans une sorte de division des tâches entre les différentes institutions associées à cette entreprise, les facultés des sciences prendront en charge les questions scientifiques : thermodynamique appliquée et mécanique des fluides. L'effort d'organisation est concentré la première année sur l'organisation du pôle parisien, bien que le plan Caquot prévoie dans un bref délai la création de trois instituts en province (Lille, Toulouse et Marseille) et celle d'enseignements de la nouvelle discipline dans cinq villes universitaires (Strasbourg, Lyon, Poitiers, Nantes et Nancy).

L'institut parisien est fondé en avril 1929 et son règlement intérieur adopté le 25 novembre suivant.⁵ Il bénéficie de la création de sept postes universitaire, dont une chaire de mécanique expérimentale, trois maîtrises de conférences et trois postes d'ingénieurs. L'IAT est rattaché à l'institut ainsi que la chaire d'aviation, toujours occupée par Lucien Marchis. En juin, on procède aux cinq premières nominations d'une équipe qui va rester stable jusqu'en 1932. Henri Villat, titulaire de la chaire de mécanique des fluides et applications, est nommé directeur de l'institut ; il est assisté par Henri Beghin à la maîtrise théorique ; Henri Bénard est, quant à lui, nommé à la chaire de mécanique expérimentale, où il est assisté par André Foch à la maîtrise de conférences. On crée pour Albert Toussaint une maîtrise de conférences de technique aéronautique auprès de Lucien Marchis à la chaire d'aviation, tandis que Dimitri Riabouchinski est recruté comme directeur-adjoint en novembre 1930. Le plan concerne aussi la chaire de mécanique physique et expérimentale, occupée par Gabriel Koenigs. Le ministère décide en juin l'achèvement de la station hydraulique, l'organisation de l'enseignement et l'encadrement des thèses et recherches sur les moteurs thermiques et sur la résistance des matériaux. Trois postes d'ingénieurs sont mis à sa disposition pour l'encadrement des thèses et les recherches de Gabriel Koenigs. Une nouvelle mission est proposée au laboratoire de mécanique appliquée dirigé par Jean Villey : « faire progresser l'industrie mécanique française en général, l'aéronautique en particulier. »⁶ Le 8 avril 1939, le ministère de l'Air demande au sous-secrétariat à l'Économie nationale d'inscrire l'institut de Paris au titre de l'outillage national pour la construction et l'aménagement de l'institut de mécanique des fluides de Paris du laboratoire de mécanique appliquée « pour former un centre de recherches en mécanique appliquée dont l'activité est appelée à exercer une influence considérable sur le perfectionnement de l'aviation et en conséquence sur le développement des industries aéronautiques. » Un accord est passé avec le ministère pour la construction des deux laboratoires à Issy-les-Moulineaux, sur des terrains appartenant au ministère de l'Air. Le ministre avait rappelé en octobre 1929 au ministère des Finances « qu'il était indispensable, pour le rayonnement de l'aviation française, de créer à Paris tous les éléments d'un centre d'attraction pour les ingénieurs et les étudiants qui s'occupent d'aéronautique. »⁷ Enfin, le régime des collaborations scientifiques est mis en place pour les deux instituts par le CSRSA sur des sujets définis et dont la liste est mise au point à l'été 1929. Le budget annuel de 400 000 francs voté au Parlement en 1929 sera systématiquement reconduit jusqu'à la fin des années trente, malgré la crise économique.

5.2. Les acteurs

5.2.1. Henri Villat (1879–1972)⁸

Le mathématicien aborde la mécanique théorique des fluides à la suite des travaux de Helmholtz–Kirschhoff et ceux de Levi-Civita, dont il renouvelle la théorie des sillages. « Depuis la fin du XVIII^e siècle, la mécanique des fluides était bloquée par le paradoxe de d'Alembert, ce qui avait donné naissance à la théorie du sillage dont on ne réussissait qu'à traiter des cas particuliers. » (Joseph Pérès) Henri Villat est encouragé par Paul Appel et Paul Painlevé dans cette voie alors qu'il est maître de conférences à Montpellier. Il prétend avoir trouvé l'origine de la portance des avions par la méthode de la représentation conforme en 1913, mais son travail n'est pas publié par Boussinesq aux *Comptes rendus de l'Académie des sciences* et la priorité sur cette question est donnée à Kutta et Joukowski. Il poursuit cependant ses travaux sur les sillages à Strasbourg et est nommé professeur de mécanique rationnelle en 1920 et s'entoure d'une équipe de jeunes mathématiciens dont la renommée scientifique s'épanouit dans les années 1930 (Joseph Pérès, Jean Leray, René Thiry, Julien Kremchenko). Lorsqu'il succède à Painlevé en 1927 à la Sorbonne, Villat est déjà un mathématicien réputé, un théoricien de la mécanique des fluides. Selon Jean Leray, « il a rendu maniable les théories de l'écoulement à surface de discontinuité, ses prolongements aux fluides pesants et enfin développé les recherches d'Oseen à Upsala sur la théorie des tourbillons et repris la théorie de von Kármán publiée en 1902 sur les tourbillons alternés qui se forment à l'arrière d'un corps en mouvement dans un fluide dans certaines conditions de vitesse pour un fluide indéfini. » Villat donne la solution définitive en 1930 ses *Leçons sur les*

⁵ Archives du rectorat de Paris – Carton 375, institut de mécanique des fluides (1929).

⁶ Archives du rectorat de Paris, op. cit.

⁷ Idem, op. cit.

⁸ AN-AJ16/ 6174, dossier du personnel de la faculté de sciences de Paris : Henri Villat.

tourbillons. Il a auparavant publié ses *Recherches sur les fluides visqueux* en 1921 et des *Aperçus théoriques sur la résistance des fluides* en 1922.

Son activité des revues scientifiques est également importante : en 1920, il relance le *Journal de mathématiques pures et appliquées* et fonde entre 1925 et 1928 le *Mémorial de sciences mathématiques* et le *Mémorial des sciences physiques*. Plusieurs thèses sont soutenues sous sa direction – celle de René Thiry en 1920, celle de Maurice Roy en 1921, de René Mazet en 1927, de Julien Demtchenko et de Henri Poncin en 1928.⁹

La Sorbonne ne lui est pas inconnue, grâce à Paul Painlevé qui lui a confié en 1925 la rédaction d'une partie des *Leçons sur les sillages* et les *Leçons d'hydrodynamique* publiées en 1920 par le STA. Avec le prix Poncelet de l'Académie des sciences obtenu en 1927, il est le successeur désigné du célèbre mathématicien à la chaire de mécanique des fluides, et le candidat le mieux placé pour la direction du futur institut, malgré les réticences qui se font jour çà et là à la faculté des sciences de Paris. Mais Albert Caquot l'impose, financement oblige.¹⁰

5.2.2. Dimitri Riabouchinski (1889–1962)

Mathématicien russe, élève de Joukowski, Dimitri Riabouchinski émigre en France lors de la révolution de 1917. Il est accueilli par Paul Painlevé à la chaire de mécanique des fluides en 1925.¹¹ Fondateur du laboratoire aérodynamique de Koustino, près de Moscou, mécène et savant comme Gustave Eiffel, c'est lui qui fait connaître les théories de Joukowski sur la résistance éprouvée par un corps en mouvement rapidement variable dans un fluide, s'appliquant aux problèmes d'atterrissage et aux régimes acrobatiques. Il met en évidence la formation de cavitations et met au point une théorie tourbillonnaire de l'hélice. Ses travaux vont inspirer d'importantes recherches. Henri Villat le considère comme un précurseur dans ce domaine et lui assure un soutien permanent en lui procurant une situation stable au sein de l'institut en 1925 et en appuyant sa candidature à la place de correspondant à l'Académie des sciences en 1934.

Le mathématicien russe propose de nombreuses conférences annexes à l'institut de la Sorbonne et facilite l'insertion des collègues émigrés au cours des années 1930. Grâce à lui sont mieux connus les mathématiciens russes, dont Henri Villat discute les travaux au cours de séminaires. Actif défenseur de la culture russe, Riabouchinski invite Pavlov à donner des conférences à la Sorbonne en 1912. Son œuvre scientifique aux multiples facettes est reconnue par l'ensemble de ses collègues et élèves à l'occasion de son jubilé.

Il conviendrait ultérieurement de proposer les biographies des autres membres de l'institut de mécanique des fluides : celles d'Henri Bénard, de Jean Villey, d'Albert Toussaint, d'Adrien Foch et de Joseph Pérès.¹²

5.3. L'activité de L'IMF sous la direction d'Henri Villat

5.3.1. Les études

Un programme de cours menant au certificat de licence et au DES en trois ans est organisé dès la rentrée de 1929. Les 75 leçons se répartissent également entre la mécanique théorique, la mécanique des fluides, l'aérodynamique et la technique aéronautique, dont les programmes sont rénovés. Vingt manipulations sont organisées à l'IAT et dans les services techniques du ministère de l'Air à destination des étudiants de DES. Un certificat supérieur est créé avec options mathématiques, mécanique des fluides et hydrodynamique pour attirer les chercheurs (on vise les normaliens et les meilleurs élèves de Sup'Aéro). Enfin, une préparation au doctorat est assurée par les trois professeurs de chaire (Henri Villat, Jean Villey, Henri Bénard, puis, après 1932, Joseph Pérès). En 1929, le cours d'Henri Villat sur la représentation conforme est suivi par une trentaine d'auditeurs de haut niveau (professeurs, normaliens et savants étrangers). Cinq thèses viennent immédiatement se greffer sur le cours du mathématicien, dont celle d'Henri Poncin sur les fluides pesants. Les fascicules des *Publications de l'institut de mécanique des fluides* sont lancés à la rentrée de 1929.

En aérodynamique et en mécanique des fluides expérimentale, cinq thèses sont entreprises sous la direction d'Henri Bénard, dont trois portent sur la vérification des théories de Joukowski, et une sur la théorie des tourbillons alternés de von Kármán. Le rapport sur la chaire de mécanique physique et expérimentale indique que 65 étudiants se sont inscrits en 1933. Le cours magistral traite de la mécanique générale, de la dynamique, de la cinématique des machines et applications à l'hydrodynamique. En trois ans, 89 certificats ont été décernés, inégalement répartis entre mécanique expérimentale (60), technique aéronautique (13) et mécanique des fluides expérimentale (6).

Les conférences des savants étrangers connaissent un succès sans précédent, avec 300 personnes dans l'amphithéâtre Cauchy de la Sorbonne. Villat a invité Carl Wilhelm Oseen et Tullio Levi-Civita en 1930, Vito Volterra en 1932, Yves Rocard en 1933. Jean Leray présente ses recherches théoriques sur les sillages en 1936 et Théodore von Kármán est à nouveau invité en 1937 pour exposer sa théorie statistique de la turbulence. Enfin Lunz, un des plus brillants élèves de Villat, intervient en 1939 sur la structure de la turbulence et les tourbillons thermo-convectifs.¹³

⁹ Archives du rectorat - carton 375 (activités).

¹⁰ Archives de l'Académie des sciences, op. cit.

¹¹ AN-AJ/16-5745 : Dimitri Riabouchinski.

¹² Archives de l'Académie des sciences, dossier Joseph Pérès, et aussi P. Germain, «Joseph Pérès et le renouveau de la mécanique en France», lecture faite en séance annuelle des prix du 12 décembre 1977 à l'Institut de France, 21 p.

¹³ Archives du rectorat de Paris – Correspondance du doyen sur l'institut de mécanique (1929–1932).

Ce qui fait le dynamisme de l'institut au cours de cette période est sa capacité d'ouverture et d'échanges avec les autres communautés savantes, par le biais des invitations amis aussi par la participation de ses membres aux congrès internationaux de mécanique appliquée et de mathématiques. Grâce à la relative opulence de l'institut, les professeurs voyagent. Henri Bénard se rend en 1930 au 3^e Congrès international de mécanique appliquée de Stockholm comme délégué du gouvernement français et de l'université de Paris. Villat demande au recteur une subvention de 8 000 francs pour Riabouchinski et Joseph Pérès pour qu'ils assistent au congrès international des mathématiciens de Zürich pour y présenter les travaux de l'institut. Henri Villat lui-même est invité la même année à Genève après Louis de Broglie et Niels Bohr pour ses recherches théoriques sur les sillages dans les fluides compressibles. En 1938, Joseph Pérès se rend à Cambridge (Massachusetts, États-Unis) avec Riabouchinski au congrès de mécanique appliquée pour présenter deux communications sur les analogies électriques. Quant aux collaborations scientifiques, 145 ont été menées entre 1930 et 1933 dans les laboratoires de la faculté des sciences et au Collège de France. La liste de 1933 mentionne celle d'Henri Bénard sur la circulation des fluides, d'Adrien Foch sur l'entretien des vibrations élastiques par un courant d'air, de Dimitri Riabouchinski sur les mouvements cycliques dans l'atmosphère et sur les lois de similitude.¹⁴

Les STA finançaient par ailleurs l'activité des collaborateurs recrutés par le CSRSA parmi les ingénieurs, les étudiants les professeurs du secondaire acceptant de travailler sur des sujets précis. Ce régime des collaborations scientifiques alimente un courant de recherches appliquées directement utiles à l'aéronautique et à l'industrie mécanique : 250 collaborations sont approuvées avant 1935, et font l'objet de 150 comptes rendus dans les *Publications scientifiques et techniques du ministère de l'Air*. Les primes distribuées concernent les candidats au doctorat ès sciences physiques et les docteurs d'université de même que les candidats au diplôme d'ingénieur-docteur à raisons de 600 à 1400 francs par mois. Les grands thèmes abordés : les carburants et lubrifiants, les matériaux de protection, les alliages, la sustentation, la propulsion, l'équipement des avions la photographie aérienne. Ces travaux sont parfois réalisés en collaboration avec les constructeurs. Parmi les travaux réalisés dans ce contexte, on note ceux d'Henri Bouasse à Toulouse sur les tourbillons donnés par les jets à petite vitesse, ceux de Louis Leprince-Ringuet sur le contrôle des huiles de graissage par la mesure des tensions interfaciales huile/eau, de Lucien Malavard sur l'application des analogies électriques aux problèmes d'hydrodynamique, de Charles Sadron sur la théorie de la turbulence et le frottement turbulent d'après la théorie de von Kármán, d'Yves Rocard et de Jean Morlon sur les silencieux de moteur d'avion.

Au total, huit millions de francs sont été consacrés de 1929 à 1934 à ces collaborations confiées à des centraliens, des ingénieurs des arts et métiers et des universitaires de manière à croiser des approches théoriques, expérimentales et techniques pour la résolution de problèmes précis. Au sein de l'IMF de Paris, Villat a également mené une politique éditoriale dynamique, avec la publication du premier fascicule de l'institut au printemps 1929 (la conférence de Riabouchinski sur les progrès de la discipline depuis 25 ans, suivie en 1930 d'un volume signé par Henri Villat sur la théorie des tourbillons, qui constitue le développement de ses leçons à la faculté des sciences de Paris en 1929. Suivront quatre volumes en 1931 et 1932, signés par Yves Rocard, 1933 et 1936, signés par Joseph Pérès, ainsi qu'un ultime volume en 1942, signé par Henri Villat.¹⁵

5.3.2. Les évaluations du ministère de tutelle et l'institut de mécanique (1934–1938)

La décision politique la plus importante pour l'institut à l'été de 1932 fut de regrouper toutes chaires et les laboratoires sous une même direction dans le cadre d'un « super institut de mécanique appliquée », bientôt transformé au début de 1934 en un seul institut de mécanique. Caquot pressentait-il le remaniement politique à venir et son éviction probable ? C'est mon interprétation.

Le changement politique intervient en effet en février 1934. Laurent-Eynac est remplacé par le général Denain au ministère de l'Air. La crise économique et les premiers décrets-lois sur la réduction du budget de la fonction publique affectent les rémunérations des professeurs et la subvention de fonctionnement de l'institut de 10 % en 1934. Le changement politique se lit aussi dans la composition des instances de décision et de contrôle (CSRSA, STA, conseil d'administration de l'institut), sans que cela n'affectât toutefois l'activité des professeurs. Ce sont en effet les collaborateurs de Villat qui sont promus à cette occasion.

La manne gouvernementale dont bénéficie la mécanique des fluides à partir de 1929 n'est pas sans contrepartie. La convention établie entre les différents acteurs avait prévu un système de contrôle des activités et l'évaluation des résultats sous la tutelle du directeur des constructions aéronautiques du CSRSA et du conseil d'administration de l'IMF de Paris. Jean Villey avait pour mission d'établir les rapports d'activité des chaires et de les soumettre aux instances de contrôle. Avant la Seconde Guerre mondiale, trois rapports ont été remis au ministère de l'Air en 1934, 1935 et 1938.

Celui de 1934 porte sur l'état des travaux en cours, chaque professeur étant responsable de son propre compte rendu. Pour ce qui concerne Henri Villat, on note que 35 élèves ont suivi le cours du professeur sur les applications des équations intégrales non linéaires aux théories modernes de la mécanique des fluides. Le théoricien dirige alors sept recherches de haut niveau : celle de Rossignol sur le mouvement de deux tourbillons dans un fluide, de M^{me} Dubreuil-Jacotin sur les ondes

¹⁴ Archives du rectorat – carton 375, institut de mécanique des fluides (1937–1939).

¹⁵ H. Villat, « Leçons sur les tourbillons », Publications de l'institut de mécanique des fluides, 1930.

Une collection de ces fascicules est conservée à la bibliothèque de l'institut sous la cote 8° N.S. 18480.

périodiques d'ampleur finie. Villat insiste sur le fait que ces travaux qui constitue la thèse de l'étudiante « font grandement honneur à l'école de mathématique française soutenue par le ministère de l'Air. »¹⁶

Il attire aussi l'attention sur les travaux tout à fait singuliers de Jean Leray dont les recherches sont d'ordre essentiellement mathématique. Ce dernier venait de soutenir son doctorat ès-sciences et de publier deux notes aux *Comptes rendus de l'Académie des sciences* sur la topologie et les équations fonctionnelles, que Villat trouve d'une puissance extraordinaire.

Kravchenko s'occupe d'une question voisine dans le cas des fluides limités ou non, et s'apprête à communiquer ses résultats à l'Académie des sciences. Jacob travaille sur l'écoulement des fluides pesants, sur le mouvement des fluides compressibles et sur les équations intégrales qui s'y rattachent et vient de publier ses résultats aux *Comptes rendus de l'Académie des sciences* ainsi que dans le *Bulletin des sciences mathématiques*. Enfin L. Perrin travaille sur la théorie fonctionnelle de l'écoulement dans un fluide autour d'un solide pour la préparation de son doctorat. Sans détailler l'ensemble des sujets de recherche, il faut mentionner le nombre élevé de recherches dirigées par Riabouchinski, une douzaine, pour la plupart menées par des étudiants d'origine russe (Demtenko, Woronetz, Peskine, Lowaleff).

Le rapport remis par Jean Villey le 29 août 1935 est en revanche un plaidoyer destiné à témoigner du bon usage des crédits affectés par les gouvernements de gauche depuis 1928.¹⁷ L'IMF étant accusé de gaspillage par la tutelle redevenue à droite, Villey tente de montrer la place importante prise par la mécanique des fluides dans l'enseignement supérieur et rôle moteur du ministère de l'Air dans cette dynamique. Il pointe cependant les faiblesses de l'organisation actuelle, le manque de liaisons entre les divers instituts et propose de multiplier les rencontres comme celles qui se sont déroulées à Lille en 1934.¹⁸ Pour développer les relations avec l'industrie, Villey propose une solution adoptée généralement à l'étranger : créer des souffleries commerciales pour faire vivre la recherche. La situation se présente bien à Lille, avec la présence des établissements Potez comme à Toulouse, avec la présence de Latécoère et Dewoitine. Marseille semble bien moins placée du point de vue de la construction aéronautique et Villey préconise la création d'un bassin hydrodynamique pour l'étude des carènes de bateaux. En région parisienne, la soufflerie de l'IAT et le laboratoire aérodynamique Eiffel semblent répondre aux besoins d'expertise de l'aviation commerciale (ceux de l'aviation militaire étant satisfaits par le laboratoire de Chalais-Meudon, notamment depuis la construction de la grande soufflerie elliptique de type Eiffel pour les essais d'avions complets).

Le rapport de 1938 est intéressant dans la mesure où il rend compte des effets de la mobilisation scientifique de 1935–1936 et de l'évolution très nette des recherches en vue des applications industrielles et militaires.¹⁹ Pour l'enseignement, il est spécifié que Joseph Pérès a institué des conférences et discussions sur l'aérodynamique appliquée, objet d'un travail collectif. Il fait connaître les travaux intéressants publiés à l'étranger (Allemagne, Russie, Angleterre) et précise que ceux qui ont été retenus sont d'ordre à la fois théorique et technique et « sont destinés aux ingénieurs qui souhaiteraient rester au courant des recherches récentes ». Henri Villat pour sa part met en avant les distinctions et la promotion de ses élèves. Jean Leray, nommé professeur à l'université de Nancy est choisi par un jury international composé de Levi Civita, Eisenberg et Villat pour recevoir le prix Malaxa, attribué à un jeune savant qui aurait, entre 1934 et 1938, apporté une contribution importante au problème de la résolution des équations différentielles, intégrales ou fonctionnelles. Quant à M^{me} Dubreuil-Jacotin, chargée de cours à la faculté de Rennes, elle reçoit le prix Henri de Parville de l'Académie des sciences.

À l'IAT, Albert Toussaint accumule les essais en soufflerie sur les hélices d'aviation, les maquettes d'avions motorisées, sur l'interaction sol/surfaces portantes. L'année 1938 a vu le laboratoire de mécanique appliquée transféré dans de nouveaux locaux à Saint-Cyr-l'École, où les essais en relation avec les constructeurs ont pu se développer, comme avec les ministères de la Guerre, de l'Agriculture et de l'Air. Ainsi, les recherches sur les moteurs à gaz pauvres confiées à Guinier, ingénieur à l'institut de chimie de la faculté des sciences, ou celles sur la qualité des charbons de bois, subventionnées par le ministère de l'Agriculture pour la mise en valeur des ressources nationales.

Quelques remarques sur l'installation des deux laboratoires de mécanique appliquée et de mécanique physique. Leurs directeurs (Beghin et Pérès) se débattaient depuis 1932 avec des problèmes de locaux. En 1933, le ministère de l'Air adresse au ministère de l'Éducation nationale pour demander des locaux mieux adaptés « Il n'est pas douteux que le projet d'installation définitive, digne de l'université et de la faculté des sciences de Paris donnerait à l'institut de mécanique les moyens de rendre à la science et à l'industrie française les services éminents qu'elles peuvent espérer et mériterait tout spécialement d'être repris. »²⁰

Pour la réalisation des contrats passé dans le cadre de la défense nationale, on met soudain à la disposition de Béghin, grâce à Raoul Dautry, alors directeur des chemins de fer de l'État, un hangar désaffecté sur la commune de Saint-Cyr-l'École. Le professeur y installe des bancs d'essais et des machines pour les essais de moteurs et de résistance des matériaux. Un rapport mentionne que le laboratoire reçoit 110 000 francs de crédits en 1938 pour des recherches sur les gazogènes. Le laboratoire de mécanique physique, installé depuis l'arrivée de Pérès à Paris, avenue de la Porte-d'Issy, à proximité des STA du ministère de l'Air, se limite à deux petites pièces. En 1937, Pérès et Malavard n'ont toujours pas réussi à convaincre les STA de l'utilité pratique de leurs recherches sur les analogies électriques dans le domaine de l'aviation. Pérès avait sollicité à

¹⁶ « Les institut de l'université de Paris, Rapports annuels. Institut de mécanique, son activité, 1933 », *Annales de l'université de Paris*, 1933, pp. 428–429.

¹⁷ AN-AJ/16-5775 : correspondance du doyen sur l'institut de mécanique des fluides.

¹⁸ Journées de mécanique des fluides, Lille 1934.

¹⁹ AN-AJ/16-5775 : rapport sur l'institut de mécanique, 1938, 25 p.

²⁰ AN-AJ/18 : 5775, lettre du ministre de l'Air au ministre de l'Éducation nationale, 4 novembre 1935.

plusieurs reprises l'intervention de Villat auprès du ministère pour obtenir des locaux adaptés. Dans une lettre de mars 1939, Pérès fait valoir que la France pourrait bien perdre le bénéfice de ses travaux au profit des équipes étrangères concurrentes, qui sont aussi sur le point d'aboutir. En 1938, Pérès finit par obtenir gain de cause et voit huit ans de recherches couronnées de succès. La mise au point d'une calculateur d'ailerons par Malavard permet de multiplier les contacts avec les constructeurs et de mettre au point une méthode de calcul au service des perfectionnements immédiats de la construction mécanique. Dimitri Riabouchinski, en quête d'un local pour ses travaux sur la propulsion à réaction et la locomotion aérienne aux vitesses supersoniques, se tourne vers l'Académie des sciences, mais n'obtient qu'un petit local très excentré.

5.4. Bilan de l'activité du pôle de mécanique des fluides (1929–1943)

Deux indicateurs permettent de mesurer l'activité du pôle de mécanique des fluides depuis sa création : le nombre des thèses de doctorat soutenues et le volume des publications. Au cours de la période, on dénombre une centaine de doctorats soutenus sous la direction de tous les enseignants habilités à diriger les recherches : Henri Villat (17 dont 5 avant 1929), Pérès (12) Riabouchinski (6), Bénard (6), Foch (2) et 13 sans précision de direction. En régions, seules 10 thèses ont été soutenues dans les quatre instituts fondés en 1930. Enfin, on compte 22 thèses d'ingénieurs-docteurs. Parmi la centaine de thèses enregistrées, un dixième l'ont été par des femmes, ce qui est remarquable pour une discipline scientifique à cette époque. On note aussi un nombre élevé de doctorants d'origine étrangère : 15 russes, 3 chinois, ce qui est à mettre en relation avec la politique de coopération mise en œuvre par Painlevé avec les peuples russes et chinois, et probablement à l'action militante de Riabouchinski auprès de la communauté russe de Paris.

L'activité éditoriale du pôle de mécanique des fluides est particulièrement intense surtout à partir de 1929. Elle englobe :

- les *Publications scientifiques et techniques du ministère de l'Air*, éditées par Gauthier-Villars (au total 453 numéros sur la durée de 1930 à 1969) ;
- les *Publications de l'institut de mécanique des fluides*, dont le premier volume paraît en 1930 ;
- Le *Bulletin technique du service technique de l'Aéronautique* (1919–1931), édité par le ministère des Transports

6. Conclusion

La question qui se pose ici est de savoir dans quelle mesure l'industrie aéronautique a tiré profit de ces travaux scientifiques et dans quelle mesure ceux-ci ont fait progresser l'aéronautique.

Pour Paul Germain (secrétaire perpétuel de l'Académie des sciences), alors consulté sur le sujet, le bilan est difficile à établir. Il précise que « les normes de calcul des charges aérodynamiques préconisées étaient fondées sur des considérations empiriques, l'incertitude des résultats était compensée par l'adoption de très confortables coefficients de sécurité. Donc pas d'amélioration des performances aérodynamiques. » Ce sont, d'après l'académicien, les travaux de Prandtl qui ont conduit à une détermination précise des charges aérodynamiques et des traînée d'origine non visqueuse. Ce qui a rendu possible une définition de l'aile adaptée aux différents régimes du vol et l'étude des conditions de résistance de l'aile aux efforts qu'elle aurait à supporter. Mais, avant 1940, Pérès et Malavard ont donné une réponse à ce problème en mettant en œuvre le procédé des analogies électriques pour obtenir des solutions qui ne soient pas théoriques. Cette méthode fournissait des résultats précis et d'une souplesse d'utilisation remarquable, mais numériques afin d'apporter aux techniciens des résultats immédiatement utilisables pour l'étude des effets de braquage des volets et des ailerons.

Pour Joseph Pérès, le dialogue avec les ingénieurs avait commencé à Marseille avec le directeur technique de la Société provençales des constructions aéronautiques. À Paris, il continue avec Bloch et en particulier avec Henry Girerd. En 1937, la valeur du calcul analogique est reconnue par les constructeurs.²¹ Mais la Guerre et l'Occupation ont stoppé l'élan donné précédemment à la recherche en mécanique des fluides. C'est la fin d'une époque, avec la disparition d'Henri Bénard en 1939, la retraite de Jean Villey et l'arrivée d'une nouvelle génération de mécaniciens dont Henri Villat a été le maître. Toutefois, la belle réussite du savant a été d'avoir su imposer, dans un univers universitaire très conservateur, des méthodes de travail scientifique nouvelles, avec un travail d'équipe, des collaborations et échanges scientifiques, et enfin la valorisation des travaux par les publications du ministère de l'Air.

Sources et références bibliographiques

Archives nationales

- AJ/16 (rectorat de Paris) -5775 : rapports sur la chaire et l'institut de mécanique des fluides (1919–1939)
- AJ/16 5758 ; rapports annuels des doyens (1929–1939) et 5759 (1940–1943)
- AJ/16 5733 ? 5738, 5745, 5745, 6037, 6113 et 6174 : dossiers des professeurs des l'institut de mécanique de la faculté des sciences de Paris
- AJ/16 5819 : installation du laboratoire de mécanique physique à Saint-Cyr-l'École (1936–1939)

²¹ P. Germain, « Joseph Pérès... *op. cit.* ».

- CE 2 : présidence du Conseil (correspondance), 102 : rapport Raoul Dautry
- F12/8798 : Conseil national économique, rapport Dautry (1928)
- F17/17493 : ONRSI, ministère de l'Air (1935–1939); 17466 : CNRS (correspondance, 1939–1940; 17492 à 17495 : ministère de l'Air (correspondance).

Archives de l'Académie des sciences

Dossiers des académiciens : Henri Villat, Joseph Pérès, Dimitri Riabouchinski (section mécanique). Ces dossiers contiennent les notices biographiques des savants, leurs titres et travaux en vue de leur élection.

40J – fonds René Garnier : correspondance avec Henri Villat (13 lettre) et Joseph Pérès (9 lettres).

Sources imprimées

Publications d'Henri Villat

- 1913, La méthode pour éviter le paradoxe de d'Alembert, C. R. Acad. Sci. Paris.
- 1915, Le mouvement des fluides pesants, Annales de l'École normale, pp. 177–214.
- 1921, Sur les mouvements cycliques d'un fluide limité par un mur et contenant un solide, C. R. Acad. Sci. Paris, février.
- 1923, Les applications récentes de la mécanique analytique.
- 1924, La théorie des tourbillons. Applications à quelques recherches récentes.
- 1925, Sur la théorie du sillage, publié dans le cours de Paul Painlevé sur les fluides non visqueux.
- 1926, Sur la nouvelle hydrodynamique des fluides peu visqueux.
- 1929, Leçons sur l'hydrodynamique, Gauthier-Villars, 295 p.
- 1930, Leçons sur la théorie des tourbillons, Gauthier-Villars 300 p. et Aperçu théorique sur la résistance des fluides, Gauthier-Villars, 104 p.
- 1931, Sur la représentation conforme et quelques nouvelles applications à la mécanique des fluides, Gauthier-Villars.
- 1931, Mécanique des fluides. Cours professé à l'École normale supérieure d'aéronautique, Paris, Gauthier Villars, 540 p.
- 1972, «A luck as would have it. A few mathematical reflections», Annual Review of Fluid Mechanics, volume 4.

Direction de périodiques

- Le *Mémorial des sciences mathématiques* (à partir de 1925)
- Le *Mémorial des sciences physiques*, avec Jean Villey (à partir de 1928)
- Les *Publications de l'institut de mécanique des fluides de la Sorbonne* (1929–1943)

Revues et périodiques

- *Annales de l'université de Paris*, publiées par la société des amis de l'université, Paris Sorbonne, 1926–1938.
- *Bulletin des services techniques du ministère de l'Air*, à partir de 1922 (83 numéros de 1922 à 1938).
- Journées scientifiques et techniques de mécanique des fluides, organisée par la section lilloise de la Société des ingénieurs civils de France pour l'inauguration de l'institut de mécanique des fluides de Lille, 1934, 2 vols.
- *Publications scientifiques et techniques du ministère de l'Air* (1928–1940) : 160 fascicules publiés avant 1940.
- *Technique aéronautique. Revue internationale des sciences appliquée à la locomotion aérienne*, nouvelle série (à partir de 1922), publiée par le *Bulletin de la Société française de navigation aérienne*.

Hors collections

- (1930) Joseph Pérès, Mémoires scientifiques, Tome X, Privat édit. (collection dirigée par Paul Tannery).
- (1936) Paul Painlevé, Paroles et écrits, Éditions Rieder, Paris, 1936.
- (1936) Joseph Pérès, Cours de mécanique des fluides (fluides parfaits, aile portante et résistance), préface d'Henri Villat, Gauthier-Villars, 332 p.
- (1936) Joseph Pérès, «La méthode des analogies électriques en aérodynamique», La science aérienne, tome 5
- (1941) Adrien Foch, Introduction à la mécanique des fluides, 2^e éd., Armand Colin, Paris, 200 p.
- (1952) Ludwig Prandtl, Guide à travers la mécanique des fluides, Paris, Dunod, 450 p. (traduction d'après la 3^e édition allemande, par A. Monod, ingénieur, IEG).

Bibliographie

- (1933) Vingt-cinq ans d'aéronautique française (1907–1932), Paris, 2 volumes («Les laboratoires aérodynamiques», par A. La-presle).
- (1962) P. Costabel, Notice nécrologique, Joseph Pérès, Revue d'histoire des sciences, Tome XV, n°2, pp. 167–169.

- (1977) Paul Germain, Joseph Pérès et le renouveau de la mécanique en France, lecture faite en séance annuelle de l'Académie des sciences, Institut de France, 21 p.
- (1998) Pierre Mounier-Kuhn, L'enseignement supérieur, la recherche mathématique et la construction des calculateurs en France (1920–1970), in: A. Grelon, F. Birk (dir.), Des ingénieurs pour la Lorraine, XIX^e–XX^e siècles, Éditions Serpenoise, pp. 251–286.
- (2005) Claudine Fontanon (dir.), Paul Painlevé. Un savant en politique, PUR, 100 p.
- (2006) Scientific Biography of Henri Bénard (1874–1939), in: I. Mutabazi ; J.E. Wesfreid, E. Gyon (Eds.), Dynamics of spatio-temporal cellular structures: Henri Bénard centenary review, Springer, New York, pp. 9–40.
- (2008) H. Gispert, J. Leloup, Des patrons pour les mathématiques en France dans l'entre-deux-guerres, Revue d'histoire des sciences, tome 62–1, juillet–décembre, pp. 43–50.
- (2010) D. Aubin, Audacity or precision: the paradoxes of Henri Villat's fluid mechanics in interwar France, in: Proceeding of the Workshop on the History of Fluid Mechanics, Rauichlolhaucher, 15–18 octobre 2006 (à paraître).