



Open Archive Toulouse Archive Ouverte

OATAO is an open access repository that collects the work of Toulouse researchers and makes it freely available over the web where possible

This is an author's version published in: <https://oatao.univ-toulouse.fr/25887>

Official URL:

<https://doi.org/10.4000/hrc.3241>

To cite this version:

Charru, François *L'Institut de Mécanique des Fluides de Toulouse : 100 ans d'histoire*. (2019) Histoire de la recherche contemporaine, VIII (1). 99-108. ISSN 2265-786X

Any correspondence concerning this service should be sent to the repository administrator: tech-oatao@listes-diff.inp-toulouse.fr

L'Institut de Mécanique des Fluides de Toulouse : 100 ans d'histoire

The Fluid Mechanics Institute of Toulouse: a hundred years of history

François Charru

Les recherches dont est issu cet article, dans divers fonds et archives, doivent beaucoup à la mobilisation de l'IMFT autour de la célébration de son centenaire, et particulièrement à Dimitri Aguéra, Muriel Sabater, Henri Boisson et Pierre Crausse, ainsi qu'au soutien de la Direction de l'IMFT et de ses tutelles. Qu'ils en soient ici remerciés.

1. L'institut électrotechnique de Toulouse

- 1 L'institut de mécanique des fluides de Toulouse (IMFT), issu d'un laboratoire d'hydraulique créé en 1913, a célébré son centenaire en 2016 -- année marquant ses 50 ans d'association au CNRS. L'événement a donné lieu à la publication d'un ouvrage,¹ à un colloque sur l'histoire de la mécanique des fluides, et à trois journées de séminaires. Cet article présente les jalons marquants de l'histoire de ce laboratoire centenaire, dans le contexte initial du développement régional de l'hydroélectricité, puis, dans les années 1930, dans le contexte d'une politique nationale de l'aéronautique. L'IMFT rassemble aujourd'hui plus de deux cents personnels (permanents, doctorants et post-doctorants) autour de recherches très diversifiées conjuguant, dans l'esprit de son fondateur, "science utile" et "science curieuse".
- 2 L'enseignement supérieur français connaît dans la décennie 1890 une profonde réforme sous l'impulsion du ministère de l'Instruction publique et de son directeur de l'Enseignement supérieur, Louis Liard.² Des instituts techniques se développent vigoureusement dans les universités, notamment dans les domaines de l'agronomie, de la chimie et de l'électricité industrielle. Pour cette dernière discipline, trois instituts électrotechniques sont créés, à Grenoble et Nancy en 1900 puis à Lille en 1902. Les autorités politiques locales appuient fermement la création de ces nouvelles formations techniques, dans lesquelles elles voient une opportunité de développement économique

et social. Le contexte industriel est également favorable. À Grenoble, il s'agit de l'essor de l'industrie hydroélectrique et hydraulique autour de la "houille blanche" ; à Nancy, c'est le mécénat de l'industriel belge Ernest Solvay et le dynamisme d'universitaires ayant fui Strasbourg après la défaite de 1870 ; à Lille, c'est l'industrie minière et textile, et l'émulation liée à la concurrence de puissantes facultés catholiques.

- 3 Toulouse demeure quant à elle une cité essentiellement agricole, peu industrialisée du fait de l'absence de ressources naturelles et de l'éloignement des grandes routes commerciales. Son université, dominée par une faculté de droit séculaire, reste dans l'ombre de ses voisines de Bordeaux et de Montpellier. L'action de Jean Jaurès et d'un recteur proche de Liard convainc toutefois le ministère d'inclure Toulouse dans la liste des quinze capitales universitaires qu'il a décidé de promouvoir. La faculté des sciences va dès lors se développer sous les efforts conjugués de trois personnalités : deux universitaires, Paul Sabatier et Charles Camichel, et le maire de Toulouse, Albert Bedouce.
- 4 Charles Camichel, normalien et docteur en physique de la faculté des sciences de Paris, s'installe à Toulouse en 1900, sur un poste de maître de conférences à la faculté des sciences. Il arrive de Lille où il avait obtenu son premier poste en 1895, et découvre la physique industrielle. À Toulouse, il se lie avec Paul Sabatier, professeur de chimie bientôt doyen de la faculté des sciences, et futur Prix Nobel 1912. Comme Sabatier, Camichel est convaincu de l'intérêt de renforcer les liens entre l'université et l'industrie. Fort de son expérience lilloise, il crée en 1902 un cours public d'électricité industrielle, soutenu par une municipalité soucieuse de développer l'enseignement des sciences appliquées. L'enjeu est de promouvoir l'hydroélectricité pyrénéenne qui se développe sous l'impulsion des compagnies de chemins de fer, qui électrifient leurs réseaux, et de faire de Toulouse une importante cité industrielle sur le modèle de Grenoble : pour cela, il faut former des ouvriers et des cadres techniques. Le cours de Camichel rencontre immédiatement un succès public considérable dont le quotidien régional *La Dépêche* se fait largement l'écho. Ce succès éveille toutefois quelques jalousies, qui conduisent le recteur à retirer le cours à Camichel pour le confier à Henri Bouasse, professeur de physique à la faculté des sciences, forte personnalité et auteur d'une monumentale *Bibliothèque de l'ingénieur et du physicien* en quarante-cinq volumes -- dont les préfaces retentissantes sont restées mémorables.
- 5 La décision du recteur ne satisfait ni Sabatier ni Camichel, ni la municipalité. En 1906, le nouveau maire socialiste, Albert Bedouce, offre à l'université de financer une chaire municipale d'électricité industrielle, dont le titulaire serait Camichel. Le projet prend de l'ampleur, soutenu par Sabatier maintenant doyen de la faculté des sciences, fonction dont il avait longtemps été écarté du fait de son militantisme catholique. Le projet aboutit finalement en 1907 à la création de l'institut d'électrotechnique (IET) de l'université de Toulouse, fondation de la Ville. Un institut de chimie et un institut agricole voient le jour dans les mêmes années, respectivement en 1906 et 1909.
- 6 L'IET, dont Camichel prend la direction, comprend une Section supérieure, qui forme des ingénieurs, et une Section élémentaire, qui forme des conducteurs électriciens. Il comprend également un Bureau de contrôle pour les essais techniques des appareils d'électricité industrielle. La Ville finance une chaire de professeur et un emploi de chef des travaux, et met à disposition des locaux. Camichel racontera ainsi les débuts de l'Institut :

- 7 La Ville de Toulouse me confia les clés de divers locaux vacants, et j'entrepris tout seul une promenade [...] pour fixer l'endroit où s'élèverait plus tard l'Institut Électrotechnique. [...] J'arrivais, enfin, à la rue Caraman, et mon choix se fixa sur une salle de cette rue. [...] Les débuts de l'Institut électrotechnique furent pénibles. [...] Nous n'avions ni appareils ni machines ; les industriels de la région, en particulier la Société Toulousaine du Bazacle, nous prêtèrent du matériel. Nous n'avions pas de personnel ; les travaux pratiques avaient lieu, le soir, de dix heures à minuit, et nous faisons nous-mêmes toutes les manipulations.
- 8 Des visites d'usines sont également organisées le dimanche. Passées les années pionnières, le soutien de la municipalité et du ministère des Travaux publics vont permettre un développement rapide :
- 9 Des cessions successives de terrains, au nombre de sept, par la Ville à l'Université, ont permis à l'Institut Électrotechnique de se développer, d'aboutir d'abord au canal du Midi. C'était en quelque sorte une ``fenêtre sur la mer''. Nous avions besoin d'eau pour les machines et les expériences. Ce fut ensuite la construction d'un amphithéâtre, l'aménagement de la salle des machines (Figure 1) et des laboratoires d'enseignement ; plus tard, les laboratoires de recherches, nos grands réservoirs, la tour, sorte de grande éprouvette, qui s'élevèrent un jour en plein Toulouse, réalisation concrète d'une idée que j'avais longtemps envisagée, celles des expériences régulières.
- 10 De 1911 à 1914, L'IET diplôme 60 à 70 ingénieurs par an, dont trois quarts d'étrangers. Il accueille au total près de 500 étudiants, soit la moitié des effectifs de la faculté des sciences.

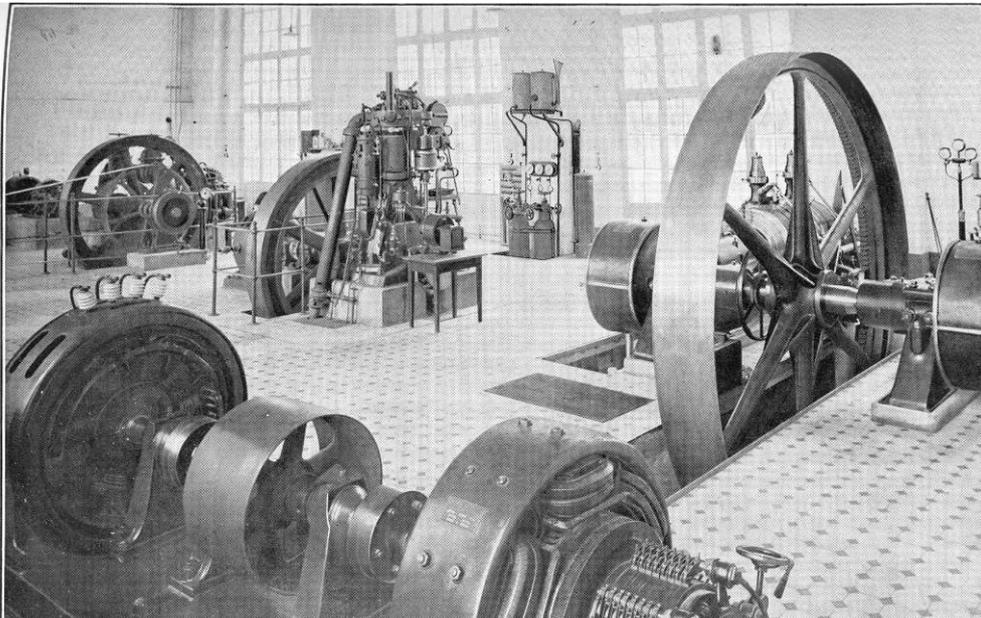


Figure 1 [Fichier IET14_Fig_p9.jpg] - Le laboratoire de Mécanique appliquée de l'IET en 1914.
(Arch. IMFT)

2. Le laboratoire d'hydraulique

- 11 Dans un Sud-Ouest de la France pauvre en charbon, le développement du chemin de fer incite les compagnies exploitantes à se tourner vers la traction électrique, et à

construire des usines hydroélectriques dans les Pyrénées et le Massif Central. Dans ce contexte, la Compagnie des Chemins de Fer du Midi sollicite Camichel, en 1910, pour l'aider à résoudre les problèmes d'hydraulique qui se présentent dans ses installations. La demande croissant, Camichel crée en 1913 un Laboratoire d'hydraulique dans les locaux de l'IET, et obtient des subventions importantes du ministère des Travaux publics. Du fait de cette inflexion vers la mécanique, l'IET devient Institut Électrotechnique et de Mécanique Appliquée (IETMA). La première étude porte sur la mesure de gros débits dans les conduites, et fait l'objet, en 1915, d'une note dans les comptes-rendus de l'Académie des Sciences, première publication du laboratoire. Les études suivantes portent sur les "coups de bélier", ondes de pression se propageant le long des conduites lors de manœuvres rapides de vannes, et responsables d'importantes avaries. Cette question fait l'objet de la thèse de doctorat ès sciences de Denis Eydoux : c'est la première thèse de l'institut (1919). De nouveaux problèmes d'hydraulique fluviale se présentent, liés à l'aménagement d'ouvrages sur les rivières, à la navigation, où à la prévention des inondations. Les essais sont réalisés sur des modèles réduits installés dans la cour de l'IET (Figure 2). Les résultats sont extrapolés aux sites réels à l'aide de lois de changement d'échelle, dites lois de "similitude des écoulements". La généralisation de ces lois à diverses situations fait l'objet de la thèse de Léopold Escande, ingénieur de l'IET (1929).



Figure 2 [fichier ArchCra_CourIET.jpg] - Dans la cour de l'IET, modèle réduit de la Garonne et du Pont-Neuf à Toulouse. Les modèles réduits seront transférés sur le site de Banlève à partir de 1920.

(Arch. IMFT)

- 12 Les locaux de l'IET et les débits d'eau disponibles s'avérant insuffisants, Camichel obtient en 1920 un terrain sur l'île du Ramier du Château, en bordure d'un barrage-déversoir, la "chaussée de Banlève". Le site autorise des débits d'eau importants du fait du dénivelé entre les deux bras de la Garonne. Les premières études sont menées dans un canal courbe préexistant (Figure 3), telle l'étude du déversoir du barrage de Pinet,

sur le Tarn, confiée par le Service central des forces hydrauliques du ministère des Travaux publics. Un nouveau canal est réalisé et mis en service en 1932. Long de 117 mètres, il autorise un débit de 25 m³/s, très supérieur à celui des autres laboratoires français. La fermeture des vannes amont et aval permet de le transformer en bassin des carènes, notamment pour des essais de coques et flotteurs d'hydravions.

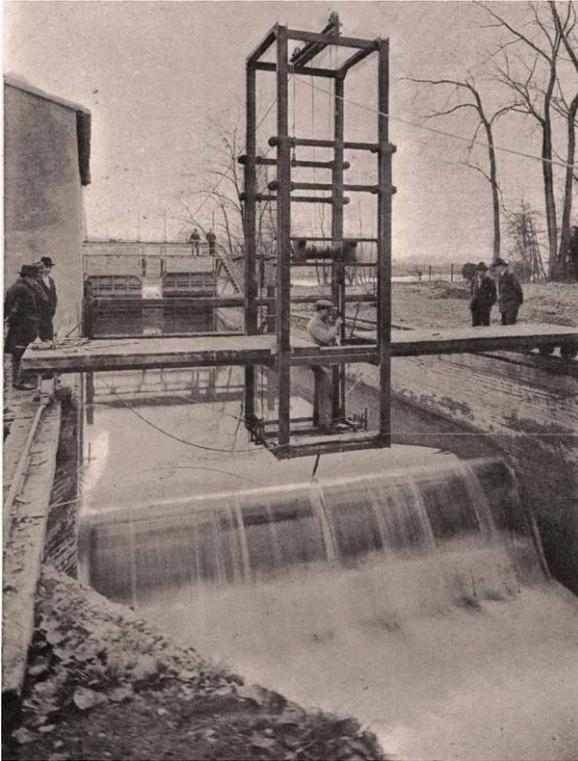


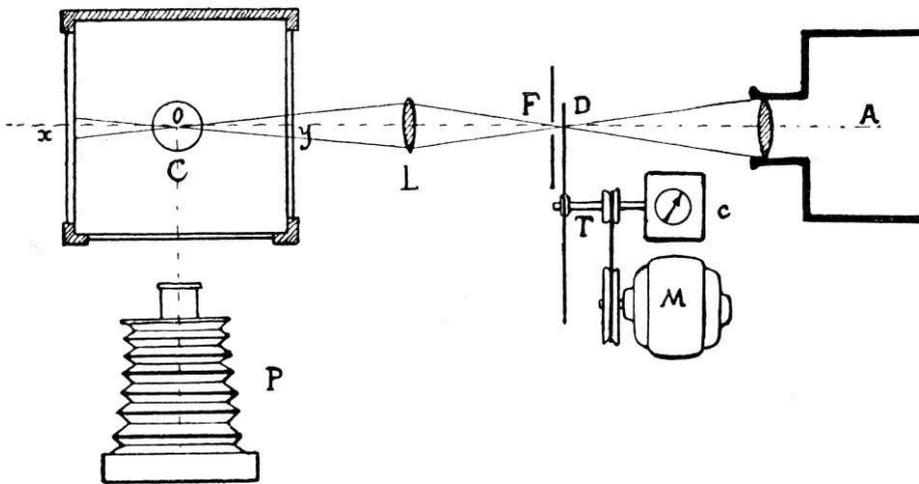
Figure 3 [Fichier ArchIMF_18_13.jpg] - Le canal courbe du Laboratoire de Banlève, et nacelle de mesure du débit à l'aide du déversoir de Bazin.

(Arch. IMFT)

- 13 Les problèmes d'hydraulique posés par l'industrie permettent à Camichel, physicien de formation, de dégager de ces problèmes des questions plus générales et fondamentales de mécanique des fluides. Il entreprend ainsi de remarquables études expérimentales, appuyées sur sa culture en électricité, mécanique, et optique (acquise au cours de sa thèse, sur la propagation de la lumière dans les cristaux). Fait original dans un milieu académique très individualiste,³ il constitue avec quelques collaborateurs talentueux une véritable équipe de recherche. Ces travaux font l'objet, entre 1919 et 1939, de six thèses de doctorat ès-sciences et deux thèses d'ingénieur-docteur, et de nombreuses publications cosignées par plusieurs auteurs. Ils témoignent d'un souci croissant d'échanges avec la communauté scientifique, en particulier avec Henri Bénard à Paris, avec l'Allemagne, l'Angleterre et la Russie -- près des deux tiers des étudiants de l'IET sont étrangers. Lorsque les français acceptent enfin, en 1926, de surmonter leur hostilité anti-allemande et de participer à des conférences internationales, Camichel est l'un des deux français invités pour une conférence générale à l'International Conference of Applied Mechanics, à Zurich. Ces conférences bisannuelles, créées en 1922 par Theodore von Karman, directeur de l'Institut aérotechnique d'Aachen, deviendront l'un des rendez-vous majeurs de la mécanique des fluides internationale. La qualité et le rayonnement de ses travaux scientifiques valent à Charles Camichel

d'être élu membre correspondant (1922) puis membre non résident (1936) de l'Académie des sciences.

- 14 Les travaux scientifiques de l'équipe de Camichel ont été rappelés dans un article récent,⁴ nous en donnons simplement ici un très bref aperçu. Une contribution majeure porte sur la visualisation des écoulements, selon une technique de chronophotographie inventée par Étienne-Jules Marey. L'écoulement, ensemené de fines particules d'aluminium, étant éclairé de façon intermittente (Figure 4), le flou de bougé des particules permet de déterminer le champ des vitesses instantanées du fluide dans le plan éclairé (Figure 5). On peut ainsi caractériser les grandes structures de l'écoulement (tourbillons, lignes de courant, comme sur la Figure 6, discuter leur nature et les conditions de similitude.



Figures 4 [Fichier CamEsc38_Fig14.jpg] - Montage de chronophotographie : le faisceau lumineux issu de A est intercepté par un disque denté D entraîné en rotation par le moteur M. Le faisceau intermittent sortant de la fente F éclaire un plan diamétral xOy de l'écoulement dans la conduite C, photographié par l'appareil P (Camichel 1920).

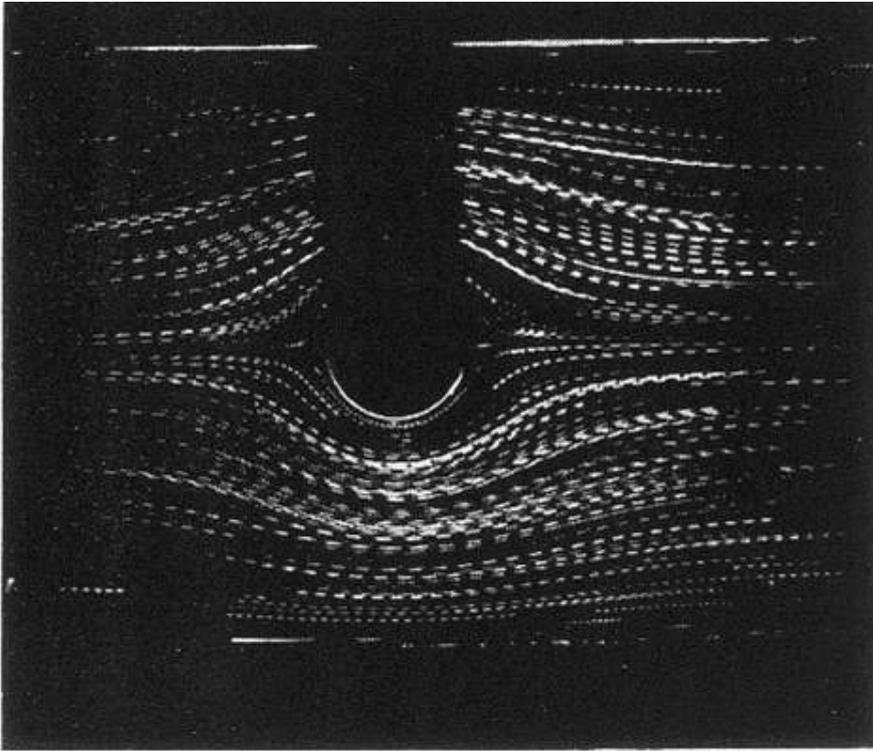


Figure 5 [fichier Crausse1936-45_8PCzoom1.jpg] - Chronophotographie de l'écoulement (de gauche à droite) autour d'un barreau cylindrique (Crausse 1936).

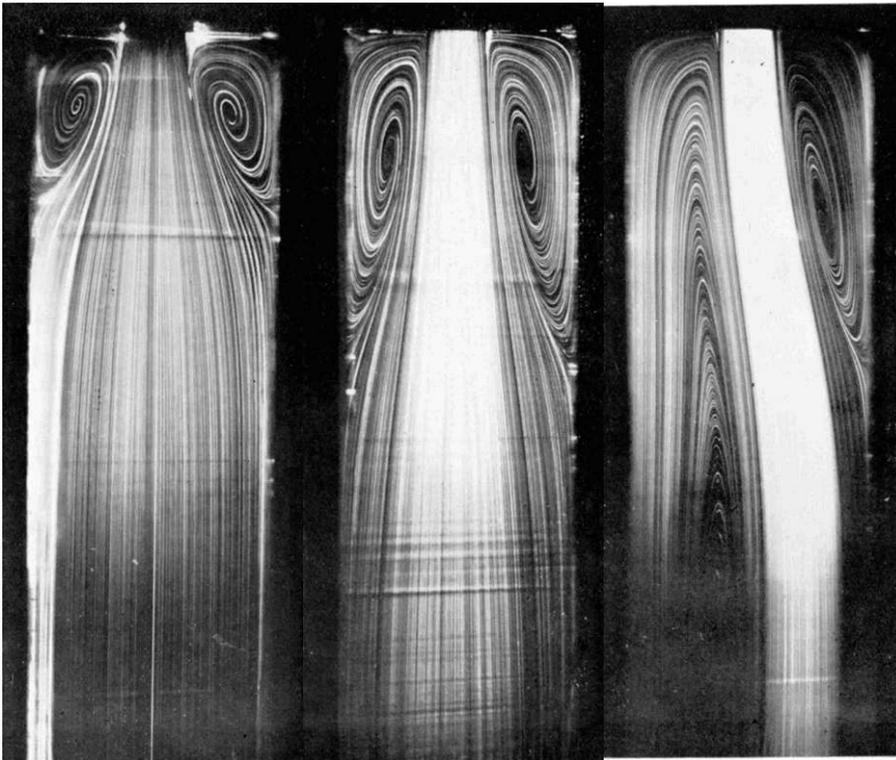


Figure 6 [Fichiers Cam35_Fig9.jpg, Cam35_Fig10.jpg, Cam35_Fig11.jpg] - Écoulement (de haut en bas) à la sortie d'un élargissement brusque. L'écoulement, symétrique à faible vitesse (à gauche), s'oriente vers l'une ou l'autre des parois latérales lorsque la vitesse augmente (à droite) (Camichel 1935).

- 15 La caméra devient par ailleurs un instrument de base du laboratoire, permettant d'observer des écoulements rapidement variables. Ces techniques de visualisation permettent de remarquables recherches sur plusieurs problèmes fondamentaux de mécanique des fluides, tel que celui des tourbillons alternés se développant à l'aval d'un obstacle. Une relation universelle, reposant sur les propriétés de similitude, est obtenue en 1927 pour la fréquence de ces tourbillons à l'aval d'un barreau cylindrique, relation qui est restée une référence. La Figure 7 montre quelques images, extraites d'un film, illustrant l'oscillation d'un sillage.

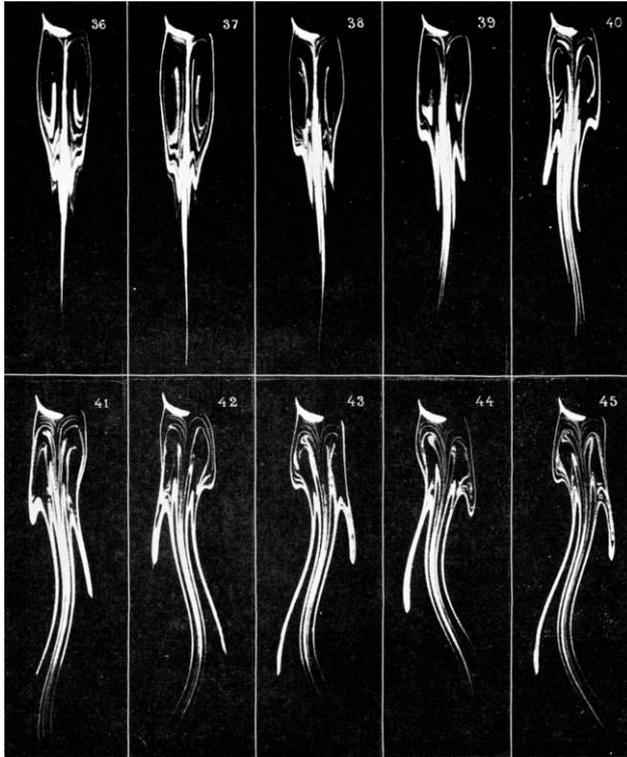


Figure 7 [fichier Dup30_Fig36-45.jpg] - Photographies extraites d'un film montrant le développement d'un sillage ondulant à l'aval d'un barreau cylindrique (Camichel, Dupin et Teissié-Solier 1927).

3. L'institut de mécanique des fluides

- 16 Un nouveau chapitre de l'histoire du laboratoire s'ouvre en 1930, lié non plus à l'hydraulique mais à l'aéronautique. L'aéronautique française a connu un âge d'or avant la première guerre mondiale, celui des pionniers, des inventeurs-constructeurs. Mais après la guerre, l'industrie naissante peine à s'organiser et à rationaliser la production.⁵ Paul Painlevé, mathématicien et ministre, ardent promoteur de l'aviation depuis son baptême de l'air avec les frères Wright en 1908, obtient en 1923 la création d'une chaire de mécanique des fluides, la première en France, à la faculté des sciences de Paris.⁶ Il occupe lui-même cette chaire avant de la céder à un mathématicien, Henri Villat, théoricien des écoulements de fluides parfaits. En dépit des efforts publics, l'industrie aéronautique demeure à la traîne des progrès rapides réalisés à l'étranger. Pour redresser la situation, un ministère de l'Air est créé en 1928. Un homme d'envergure y est appelé pour structurer l'industrie et développer la recherche : Albert Caquot.

- 17 Polytechnicien, ingénieur du génie civil spécialiste du béton armé, Caquot s'est distingué pendant la guerre de 1914-1918 pour son ingéniosité à améliorer les aérostats et avions, ainsi que pour ses qualités d'organisateur visionnaire. Dès son arrivée au ministère de l'Air, il propose au ministère de l'Instruction publique la création de quatre instituts de mécanique des fluides, à Paris, Lille, Marseille et Toulouse, et un soutien à des enseignements de mécanique des fluides dans cinq autres villes. Les instituts sont créés en 1929 et 1930. Ces créations, soutenues par des moyens considérables -- qui ne faibliront pas durant la décennie malgré la crise économique --, marquent la naissance d'une politique nationale de la recherche, dans un domaine où l'échelle régionale n'est plus pertinente.
- 18 Toulouse est choisie en partie pour son activité aéronautique -- les usines Latécoère et Dewoitine, la légendaire liaison aéro postale vers l'Afrique et l'Amérique du Sud --, mais surtout pour la notoriété de son laboratoire d'hydraulique. Les coques d'hydravion, en particulier, pourraient y être étudiées. L'institut de mécanique des fluides de Toulouse (IMFT) est créé en 1930, et le laboratoire d'hydraulique de l'IET en devient une composante. C'est un institut d'université, doté de personnels propres. Le ministère de l'Air lui verse une subvention annuelle de fonctionnement et rémunère deux emplois créés par l'université : une maîtrise de conférences de mécanique des fluides, qui reviendra à Léopold Escande, et un mécanicien. Le ministère de l'Air finance également la thèse d'un "collaborateur scientifique", Jean Baubiac, sur un contrat de cinq ans. En 1936, une importante subvention est attribuée pour la construction d'une soufflerie aérodynamique qui entrera en service l'année suivante (Figure 8).

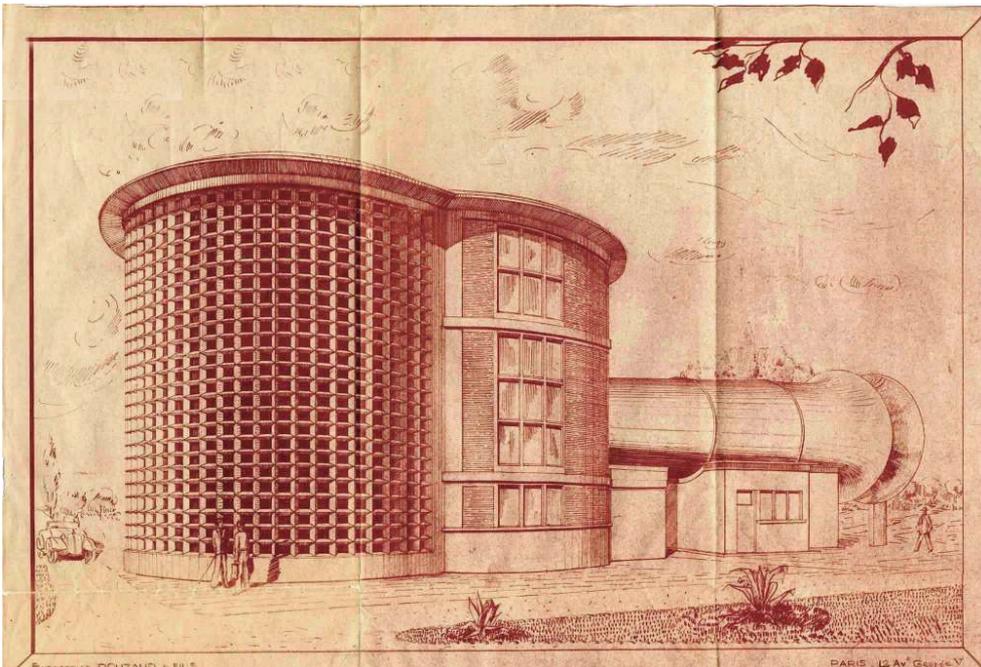


Figure 8 [fichier SoufflerieEsquisse.jpg] - Esquisse de la soufflerie mise en service en 1937 (hauteur 9 m, diamètre de la veine d'air 2,40 m, vitesse 40 m/s). Elle sera couverte par un bâtiment en 1942.

(Arch. IMFT)

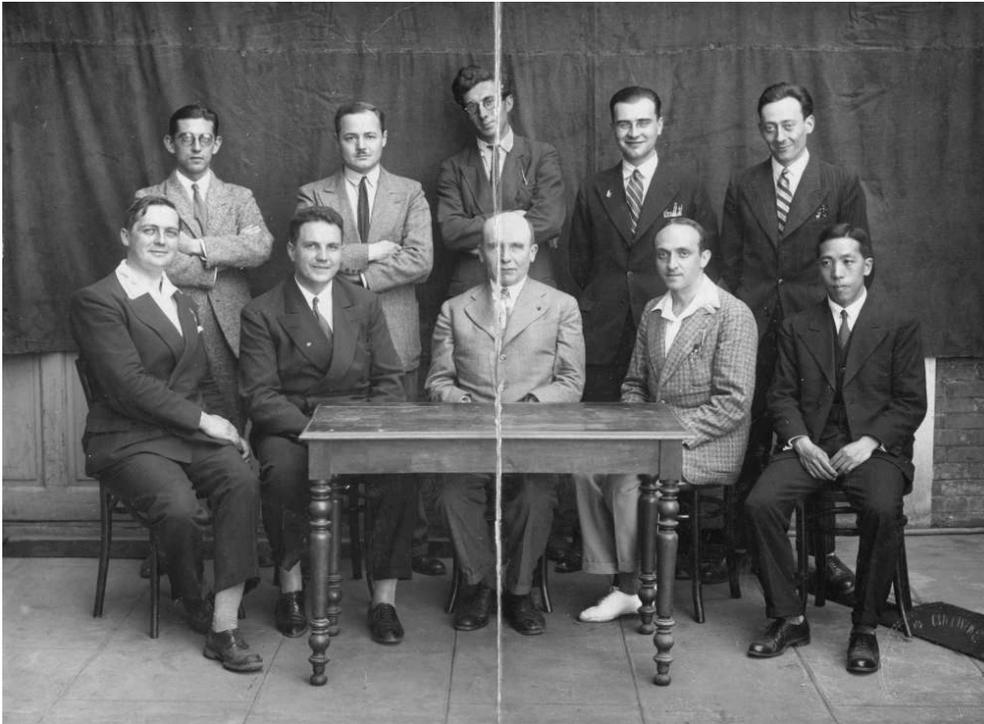


Figure 9 [fichier ArchCra_FamilleIET.jpg] - Photo de famille, vers 1935. Assis de g. à dr. : M. Teissié-Solier, L. Escande, Ch. Camichel, P. Dupin, X ; debout : X, E. Crausse, R. Favre-Artigues, J. Baubiac, J. Lhomme.

(Fonds P. Crausse et Arch. IMFT)

- 19 Le nouvel institut connaît alors une période de créativité exceptionnelle, autour de la petite dizaine de chercheurs réunis par Camichel (Figure 9). Les techniques expérimentales développées permettent d'accéder à des résolutions spatiales inférieures au millimètre et des résolutions temporelles de l'ordre de la milliseconde, performances exceptionnelles. De remarquables résultats d'hydrodynamique générale sont obtenus notamment sur les tourbillons de sillage, les vibrations de tiges et de fils tendus, les instabilités d'écoulements cisailés, la transition à la turbulence en conduite, et la résistance de corps immergés en régime transitoire (thèses d'Étienne Crausse et de Jean Baubiac, 1936). Sur le dernier thème, la Figure 10 illustre des expériences menées sur le lac d'Oô à partir d'un radeau préparé par la Compagnie d'Électricité Industrielle de Luchon-Marignac : le mouvement de chute de corps de grandes dimensions peut ainsi être suivi sur les 80 mètres de profondeur du lac.



Figure 10 [fichier Bau36_Fig36.jpg] - Radeau des expériences du lac d'Oô, de 80 mètres de profondeur (Baubiach 1936).

- 20 La soufflerie, de son côté, réalise de nombreuses études pour l'industrie aéronautique, notamment pour Latécoère et Dewoitine (Figure 11), mais ne donne pas lieu à de nouvelles recherches de type académique. En 1940, les personnels des Services techniques du ministère de l'Air (à Issy-les-Moulineaux et Chalais-Meudon) ainsi que ceux de l'institut de mécanique des fluides de Lille (désormais lié aux sociétés aéronautiques nationalisées), reçoivent l'ordre de se replier à Toulouse. La soufflerie, très utilisée par l'IMFT et les Services de l'Air, connaît alors une activité considérable. L'institut de Lille s'installe dans une chapelle désaffectée attenante à l'IET, y construit des souffleries pour des études techniques, tandis que son directeur Joseph Kampé de Fériet tente d'y poursuivre ses recherches sur la turbulence. Peu de contacts seront noués avec l'IMFT.

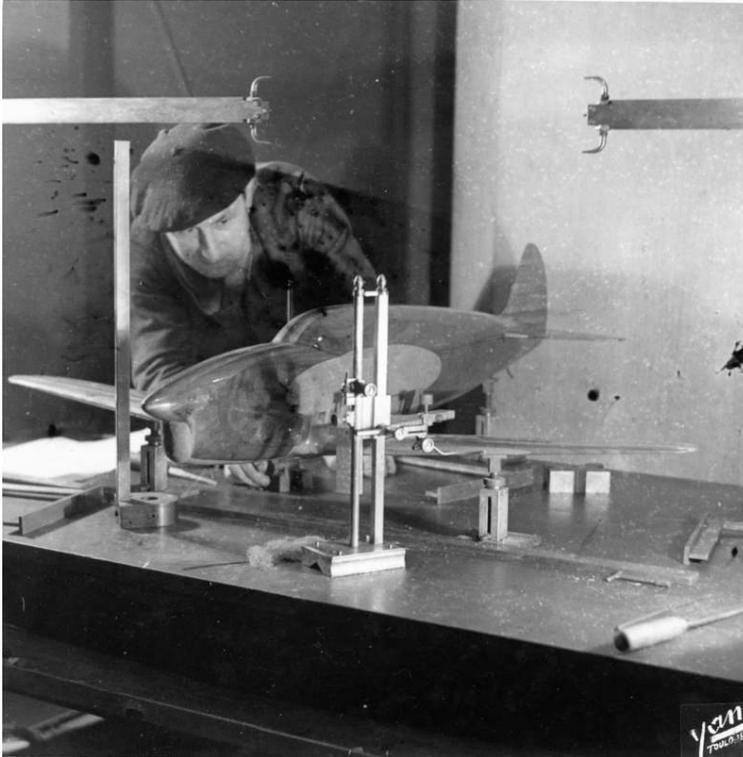


Figure 11 [fichier 10_04_DDcomps.jpg] - David Decomps, ouvrier spécialisé dans la réalisation des maquettes d'avion. Il habitait avec sa famille la conciergerie du laboratoire.

4. L'après-guerre, âge d'or de l'hydraulique

- 21 La guerre de 1939 marque un tournant. Camichel prend sa retraite en 1941, et l'équipe qu'il avait rassemblée se disperse. Teissié-Solier et Dupin vont développer, à l'IET, l'électrotechnique et la radioélectricité, ouvrant une nouvelle page de l'ingénierie à l'université de Toulouse.⁷ Léopold Escande prend la direction de l'IET et de l'IMFT. Passionné d'hydraulique, il obtient de la municipalité, en 1943, une importante extension de terrain sur le site de Banlève, pour l'étude de modèles réduits (Figure 12). Il peut ainsi répondre aux demandes de l'industrie hydroélectrique, et embauche de nombreux personnels techniques. Entreprenant et charismatique, il devient un personnage influent au sein de cette industrie, sollicité pour des expertises et missions dans de nombreux pays étrangers. Dans les années 1960 d'une France gaullienne attachée au développement de la recherche scientifique (Figure 13), il obtient des crédits importants pour la construction de nouveaux bâtiments.
- 22 Esprit charmeur, il est élu à l'Académie des Sciences en 1954. Il préside l'Association Internationale de Recherches Hydrauliques (AIRH) de 1960 à 1964, et occupe plusieurs fonctions académiques à l'échelle nationale.



Figure 12 [fichier 11_20b_Luzech.jpg] - Modèle réduit d'un ouvrage hydraulique sur le "laboratoire plat" de l'IMFT, vers 1950.



Figure 13 [fichier ArchIMF_16_30b.jpg] - En février 1959, le Général de Gaulle visite l'IMFT (ici devant la soufflerie) à l'occasion d'un déplacement à Toulouse.

(Arch. IMFT)

- 23 Sur le plan scientifique, les recherches de l'IMFT en mécanique des fluides s'interrompent, un exceptionnel savoir-faire expérimental se perd. La soufflerie, très sollicitée dans les années 1940 par l'industrie aéronautique, voit son activité diminuer fortement. Les études d'ouvrages hydrauliques alimentent l'essentiel de l'activité, autour d'Escande et de ses collaborateurs : Louis Castex, Jean Claria, Albert Claria et Jean Nougaro. Ce dernier, futur directeur de l'IMFT (1970-1980), soutient sa thèse en 1952, première thèse soutenue au laboratoire après 13 années d'interruption. Les études portent sur les chambres d'équilibre des conduites forcées (sujet favori d'Escande), les déversoirs, évacuateurs de crues, prises d'eau, et barrages mobiles. Un résumé des travaux du laboratoire -- ceux d'Escande pour l'essentiel -- est publié, tous les cinq ans en moyenne et jusqu'en 1963, dans les Publications Scientifiques et Techniques du Ministère de l'Air.

5. Du renouveau des années 1960 à l'IMFT d'aujourd'hui

- 24 Une nouvelle génération de chercheurs émerge dans les années 1960. Soutenue et encouragée par Escande, elle va renouveler les thématiques du laboratoire et renouer avec sa première tradition alliant recherche fondamentale et appliquée. De 1960 à 1970, 21 thèses de doctorat ès sciences sont soutenues, la plupart sur des questions nouvelles : écoulements et transferts dans les milieux poreux, jets turbulents et écoulements décollés, écoulements compressibles et supersoniques, ondes, analyse numérique. Apparaissent également des études sur le transport de sédiments, la pollution et l'hydrobiologie, les fluides complexes, la biomécanique, et les automatismes à fluide. L'électronique se développe dans l'instrumentation, pour les mesures de vitesse, de pression et de hauteur d'eau, mais aussi pour des modèles analogiques d'écoulements. Le calcul numérique fait son entrée en 1958 -- sur un ordinateur IBM 650 du Centre de calcul numérique de la faculté des sciences --, sur des problèmes de propagation de vagues déferlantes dans les canaux découverts.
- 25 En 1966, l'IMFT fait partie de la première vague des Laboratoires Associés au CNRS créés par Pierre Jacquinot⁸ : c'est le LA5. Une direction collégiale se met en place, où le directeur est assisté par un conseil de laboratoire. L'activité se structure autour d'équipes de recherches. Le laboratoire est désormais évalué tous les deux ans par un comité de direction composé pour une large part de personnalités nommées par le CNRS. Les orientations scientifiques s'inscrivent dans une politique nationale de contractualisation de la recherche, appuyées sur les "actions concertées" de la Délégation générale à la recherche scientifique et technique (DGRST) et les "actions thématiques programmées" (ATP) du CNRS. Ces financements engendrent une recherche sur des questions plus génériques et fondamentales, moins liée à une demande industrielle à court terme.
- 26 En 1970, Léopold Escande, directeur de l'IMFT et de l'ENSEEIH -- l'IETMA est devenu École nationale supérieure d'ingénieurs en 1948 --, décide de se séparer de l'université de Toulouse et fédère quatre écoles d'ingénieurs toulousaines dans un Institut national polytechnique de Toulouse (INPT), dont il prend la présidence. Les instituts techniques intégrés aux universités, chers à Sabatier et Camichel, ont vécu, vaincus par le clivage

ancien entre universités et écoles d'ingénieurs, clivage ravivé en 1968 par la loi Edgar Faure d'orientation de l'enseignement supérieur.

- 27 Dans les années 1980, sur le plan scientifique, l'expérimentation est révolutionnée par l'anémométrie à fil chaud pour la turbulence, la gammamétrie pour les milieux poreux, puis par les lasers pour l'anémométrie et la visualisation des écoulements. Le traitement du signal, analogique puis numérique (corrélations, spectres), renouvelle l'analyse. La simulation numérique des écoulements se développe, comme nouvel outil d'investigation des phénomènes physiques. Les partenariats industriels se diversifient vers l'industrie pétrolière et nucléaire, la transformation de la matière et de l'énergie, et les transports. Les partenariats avec les organismes publics s'amplifient. Côté académique, l'IMFT multiplie les contacts avec la communauté scientifique nationale et internationale, participe aux programmes européens, et s'engage au niveau international dans les comités éditoriaux des revues et l'animation des sociétés savantes.
- 28 Le nombre de thèses soutenues passe de 41 pour la période 1970-1973 (dont 14 doctorats ès-sciences) à 88 pour 1995-1998. Sur cette dernière période, un tiers des docteurs sont étrangers, et deux tiers trouvent un emploi dans le secteur privé. La formation à la recherche est assurée par le Centre de 3e cycle de mécanique des fluides (créé en 1955, il regroupe quatre établissements universitaires), et le Centre de physique et chimie de l'environnement. L'IMFT accueille chaque année plusieurs dizaines de stagiaires de DEA (master) et élèves-ingénieurs.
- 29 En 1996, l'université de Toulouse, devenue université Paul Sabatier (UPS) en 1969, redevient tutelle de l'IMFT aux côtés de l'INPT et du CNRS, à la faveur de la fusion au sein de l'IMFT du Laboratoire de modélisation en mécanique des fluides de l'UPS. L'IMFT acquiert cette année-là le nouveau statut d'unité mixte de recherche.
- 30 L'IMFT rassemble aujourd'hui plus de deux cents personnels, permanents, doctorants et post-doctorants. Les recherches portent sur de nombreuses thématiques, touchant des domaines d'application très variés : aérodynamique et interactions fluide-structure, écoulements et transferts dans les milieux poreux, écoulements polyphasiques et granulaires, combustion, mécanique du vivant, écoulements dans les milieux naturels et géophysiques. Depuis 2010, l'IMFT accueille une équipe de l'Agence Française pour la Biodiversité (AFB) afin de développer un partenariat étroit autour de l'écohydraulique. Il accueille également, depuis 2013, huit médecins hospitalo-universitaires pour des recherches à l'interface médecine-mécanique. Ces recherches, fidèles à l'esprit du fondateur de l'institut, Charles Camichel, conjuguent les points de vue de l'ingénieur et du physicien, de la "science utile" et de la "science curieuse".

NOTES

1. F. Charru (dir.), L'Institut de Mécanique des Fluides de Toulouse -- 100 ans de recherches. CNRS Éditions (2016).

2. A. Grelon, Les universités et la formation des ingénieurs en France (1870-1914). Formation emploi, n°27-28 (1989) ; M. Grossetti et al., Rapport final du programme Villes et institutions scientifiques, PIR-Villes CNRS (1996).
 3. D. Pestre, Physique et physiciens en France. 1918-1940, 2e éd., Éd. des Archives Contemporaines (1992).
 4. F. Charru, Une histoire de l'Institut de mécanique des fluides de Toulouse de 1913 à 1970, C. R. Mécanique 345, 505-544 (2017).
 5. E. Chadeau, L'industrie aéronautique en France, 1900--1950. De Blériot à Dassault., Fayard (1987).
 6. C. Fontanon, Paul Painlevé et l'aviation : aux origines de l'étatisation de la recherche scientifique. In Paul Painlevé (1863--1933). Un savant en politique (éd. C.~Fontanon et R.~Frank). Presses Univ. de Rennes (2005).
 7. M. Grossetti, Les trois ``chances'' économiques de Toulouse, Mondes sociaux (2016). <https://sms.hypotheses.org/1063>.
 8. D. Guthleben, Histoire du CNRS de 1939 à nos jours Armand Colin (2013).
-

RÉSUMÉS

L'institut de mécanique des fluides de Toulouse (IMFT), issu d'un laboratoire d'hydraulique créé en 1913, a célébré son centenaire en 2016 -- année marquant ses 50 ans d'association au CNRS.

The Institute of Fluid Mechanics of Toulouse (IMFT), created in 1913 from a former hydraulic laboratory, celebrated its centenary in 2016. This article presents the milestones in the history of this century-old laboratory, in the initial context of the regional development of hydropower, then, in the 1930s, in the context of a national aeronautics policy.

AUTEUR

FRANÇOIS CHARRU

Institut de Mécanique des Fluides de Toulouse -- CNRS-Université de Toulouse, 31400 Toulouse, France