

SÉANCE DU LUNDI 12 MAI 1980

PRÉSIDENTE DE M. ROGER GAUTHERET

CONGRÈS

L'Académie est informée :

1° par la **Société mathématique de France** des Conférences et Séminaires qui auront lieu en mai et juin 1980, ainsi que des Rencontres et Colloques prévus pour 1980;

2° du **26^e Congrès géologique international**, qui se tiendra à Paris, du 7 au 17 juillet 1980.

DÉSIGNATIONS

Par arrêté en date du 10 avril 1980, M. **Pierre Lépine** en qualité de membre titulaire et M. **Jean Dausset** en qualité de membre suppléant sont désignés par le Ministère de la Santé pour représenter l'Académie au **Conseil supérieur d'Hygiène publique de France**.

NOTICES NÉCROLOGIQUES

Notice nécrologique sur EDMOND A. BRUN,
Membre de la Section des Sciences mécaniques,
par M. **Lucien Malavard**

En rendant visite, avec un confrère, dans la matinée de la Toussaint à notre grand et incomparable ami Edmond Brun, nous ne pouvions imaginer qu'il s'éteindrait le dimanche suivant 4 novembre 1979. Après un récent voyage, qu'il avait tenu à accomplir à Munich pour parachever une action qui lui tenait à cœur, sa santé était chancelante et sa fatigue apparente, mais l'impression de lassitude qu'il nous avait donnée de prime

abord, devait disparaître, car sa seule préoccupation fut, aussitôt notre arrivée, de nous entretenir de la tâche que l'Académie lui avait confiée dans le cadre de la mission présidentielle sur les sciences mécaniques; donnant ainsi l'ultime témoignage de son attachement au devoir et de son dévouement à la science : règles qu'il s'était fixées dès sa jeunesse et auxquelles il devait consacrer sa vie tout entière.

Edmond Brun naquit le 31 décembre 1898 à Saint-Cannat, petit village près d'Aix-en-Provence où son père était instituteur. Son enfance s'est écoulée dans le village voisin de Roquevaire. Sa santé étant fragile, sa mère l'entoura de soins, préférant le laisser jouer dans les champs d'oliviers plutôt que de le contraindre à de fatigantes études. C'est ainsi qu'il affronta le lycée de Marseille en entrant directement en classe de quatrième; pour peu de temps d'ailleurs, car une grave maladie l'obligea à quitter le lycée et à n'y retourner qu'en classe de première après trois années d'études solitaires.

Deux ans plus tard, après son baccalauréat, étant né un 31 décembre, il fut mobilisé à 18 ans, en 1917. A la fin de la guerre il se trouve en Italie dans un état de santé déplorable. A son retour il n'est plus question, pour lui, de suivre des cours de mathématiques spéciales; il prépare donc directement la licence et l'agrégation à la faculté des sciences de Marseille, avec d'éminents physiciens dont son futur maître Charles Fabry.

L'année 1923 lui apporte de grandes joies : il passe son agrégation et peut, enfin, se marier avec celle qui est restée la chère compagne de sa vie, sa fiancée depuis 2 ans. Reçu premier, il choisit sur la liste des postes disponibles la classe de spéciales du lycée de Nice; il n'a aucune expérience de ce genre d'enseignement, mais avec sa fougue méridionale il ne craint pas de s'en charger — et d'ailleurs le jeune couple a un tel désir de demeurer dans le midi! C'est une chance pour eux, c'est surtout une chance pour ses premiers élèves. Le succès de ce jeune professeur est immédiat; il faut avoir été invité, avec lui, au « Mesclums », foyer d'amitiés niçoises à Paris, pour comprendre, près d'un demi-siècle après, l'impérissable souvenir qu'il a laissé.

Son passage à la faculté des sciences de Marseille lui a donné le goût de la recherche, son activité déjà débordante ne saurait se suffire d'un service d'enseignement. En consultant une liste de thèmes d'études, établie sous l'impulsion d'Albert Caquot par le Service de Recherche de l'Aéronautique, il repère un sujet qui le séduit, celui de la mesure de la température d'un courant gazeux rapide. Ce choix devait orienter tous ses futurs travaux vers la Thermique, d'abord, puis la Mécanique des Fluides et finalement vers la symbiose des deux disciplines qu'il devait, plus tard, appeler Aérothermique.

Dès 1929, dans le très modeste laboratoire du lycée de Nice, il effectue quelques expériences préliminaires, les résultats sont prometteurs, mais la poursuite de la recherche exige un laboratoire mieux outillé. En 1930, il quitte Nice pour venir à Paris où un enseignement de spéciales lui est offert. Il y retrouve son maître Charles Fabry, qui accepte de guider ses travaux. Dorénavant ceux-ci seront exécutés dans le laboratoire de physique que dirige P. Vernotte au Service de Recherche de l'Aéronautique.

Grâce aux moyens mis à sa disposition — et combien rudimentaires avec le recul — Edmond Brun commence une œuvre de pionnier en analysant expérimentalement les « phénomènes thermiques provoqués par le déplacement relatif d'un solide dans un fluide »; je cite ici le titre de sa thèse qu'il soutint en 1935. Ces phénomènes, considérés à l'époque presque comme curiosités — puisque Fabry disait en plaisantant que Brun avait trouvé le moyen de permettre aux dames de se réchauffer avec leur éventail... — sont ceux que l'on désigne maintenant par échauffements cinétiques.

En dépit des lourdes charges que constituait son enseignement en classes de spéciales de plusieurs lycées parisiens (Henri-IV, Buffon, Saint-Louis) cet infatigable travailleur poursuivit ensuite de multiples recherches dont il put développer l'ampleur lorsqu'il fut nommé en 1942, maître de conférence, puis peu après directeur du laboratoire d'Échanges Thermiques, devenu d'Aérothermique, du C.N.R.S. et, enfin, professeur titulaire de la Chaire de Mécanique des Fluides I de la Faculté des Sciences de Paris.

Le phénomène d'échauffement cinétique est maintenant bien connu puisqu'il intervient lors de la rentrée des missiles dans l'atmosphère ou lors du vol d'un avion supersonique, tel *Concorde*. Il se traduit par le fait que les températures locales, s'il est isolant ou sa température moyenne, s'il est conducteur, d'un solide déplacé dans un gaz, sont différentes de la température du fluide au loin. Le phénomène est d'autant plus intense que la vitesse de déplacement du solide est élevée. Les seules mesures antérieures à celles de Brun avaient été effectuées par Joule et Thomson en 1852 et 1862. Trop imprécises, elles n'avaient pu être interprétées théoriquement.

En déplaçant un solide dans un fluide au repos au moyen d'un disque tournant ou en le plaçant dans une soufflerie, Edmond Brun, avec des vitesses qui atteignaient péniblement 100 à 150 m/s — considérées comme grandes à l'époque, mais bien lentes pour les écarts à mesurer — put donner l'expression de l'échauffement cinétique, ultérieurement confirmée, de cylindres circulaires conducteurs ou de plaquettes serties dans le solide et affleurant sa surface. Il étudia ensuite la distribution de température de frottement sur un cylindre isolant et montra qu'elle était reliée à celle des pressions. Résultat qu'il utilisa ensuite pour calculer la répartition des températures de frottement sur des ailes d'avions en vue d'études de givrage.

Plus tard, en 1945, avec la première soufflerie supersonique utilisable en France, il réalisa, pour les avions, des thermo-sondes d'arrêt; puis entreprit de nombreuses études du facteur thermique pariétal en écoulements laminaires et turbulents et analysa l'échauffement cinétique de cylindres placés en attaque oblique, en prélude de l'étude de bord d'attaque d'avions rapides à ailes en flèche.

Guidé par l'intuition et un art consommé de l'interprétation de résultats obtenus dans des expériences d'une grande finesse, Brun avait énoncé, dès 1936, la loi de la convection forcée aux grandes vitesses. On lui doit une définition correcte du coefficient de convection local. La convection aux grandes vitesses joue un rôle fondamental pour la rentrée des astronefs dans une atmosphère; en ce domaine Edmond Brun a de nouveau fait œuvre de précurseur en établissant notamment, en 1947, la relation qui donne la densité de flux de chaleur au nez du missile, relation retrouvée plus tard, en 1952, aux États-Unis.

Lorsque dans le milieu des années 30 les accidents provoqués par le givrage conduisirent les responsables de l'Aéronautique à créer un Comité d'Études, ils ne pouvaient que faire appel à un savant spécialiste de l'échauffement cinétique pour élucider le mécanisme de ce dangereux phénomène. Le givrage se traduit par un dépôt de glace, souvent important et très soudain, sur les parties les plus sensibles de l'aéronef, bords d'attaque des ailes, des gouvernes, des hélices, des prises d'air, etc., détruisant ainsi leurs formes aérodynamiques. Le phénomène se produit lorsque des gouttes d'eau en surfusion sont captées par une paroi qui reste, au cours de la captation, à une température inférieure à 0°.

Ce thème de recherche convenait parfaitement à Edmond Brun. Au cours de 10 années il accomplira en ce domaine une œuvre magistrale. Il aborde de front les divers aspects,

physique, mécanique et thermique, du problème. Il entreprend ainsi l'analyse de la structure des nuages givrants : mesure précise du nombre de gouttelettes par unité de volume, de la masse d'eau condensée, de la répartition du nombre de gouttelettes en fonction de leur diamètre.

Il s'intéresse à la mécanique du givrage afin de comprendre la manière dont s'effectue la captation des gouttelettes par le bord d'attaque d'une aile; c'est, pour lui, l'occasion d'établir l'équation générale de la Mécanique des Suspensions — on connaît maintenant l'importance de celle-ci pour les applications les plus variées. De cette équation il déduit les conditions de similitude qui vont lui permettre de reproduire les phénomènes dans une soufflerie de givrage artificiel, qu'il réalise à cet effet. Il énonce les lois relatives au coefficient de captation. Pour calculer ce coefficient de captation il donne une méthode graphique de construction des trajectoires de corpuscules à partir du champ aérodynamique autour de l'obstacle.

Dans le même temps il aborde la thermique du givrage dont l'analyse découle tout naturellement de ses travaux antérieurs sur l'échauffement cinétique. Il établit la théorie de l'antigivrage thermique, dont il vérifie le bien fondé par des essais effectués en givrage naturel ou artificiel dans la soufflerie du Mont Lachat en Haute-Savoie. Il évalue la puissance nécessaire pour assurer le dégivrage thermique des ailes dans des conditions atmosphériques déterminées et en déduit le moyen le plus économique pour assurer leur protection.

La notoriété acquise en matière de givrage, valut à Edmond Brun d'être chargé par une agence internationale d'une importante enquête sur les dispositifs utilisés pour déterminer la constitution des nuages et recommander les méthodes de mesures les plus adéquates. Il a laissé un ouvrage sur la synthèse de ses travaux, c'est un classique mondialement connu. Faut-il encore citer ses recherches sur la pluie provoquée, conséquence de ses études d'eau surfondue?

La plupart des travaux qui viennent d'être mentionnés se rapportent à des phénomènes ayant pour siège la couche-limite : cette mince épaisseur de fluide qui dans un écoulement lèche la paroi de l'obstacle et où se produisent des taux élevés de variations de vitesse, température, voire de concentration. A partir de 1948, Edmond Brun entreprit dans son laboratoire d'Aérothermique une étude systématique et exhaustive de ces phénomènes en créant les outils appropriés pour l'exploration fine, dynamique et thermique, de cette couche-limite. Avec ses collaborateurs, ses efforts se sont portés plus spécialement sur l'aspect thermique, trop délaissé auparavant mais devenu indispensable dans l'étude des écoulements à grandes et très grandes vitesses.

La détermination des profils de vitesse et de température le long d'une plaque plane placée dans un écoulement supersonique lui permet de préciser le domaine de validité d'un calcul proposé par d'autres auteurs. Dans le cas d'une paroi à température très élevée, il montre la nécessité d'introduire un nouveau paramètre pour atteindre la valeur des coefficients de convection. Pour de mêmes conditions, il analyse la zone, dite de transition, en vue de préciser l'analogie entre phénomènes thermiques et dynamiques. Il dirige aussi des travaux sur des couches limites avec injection pariétale à la soufflerie chaude de Sevrans.

Il établit une relation globale d'énergie, valable en couche limite laminaire ou turbulente, pour déterminer les coefficients locaux de convection. Il exploite cette relation pour l'étude des plaques rugueuses et en déduit les caractéristiques d'écoulement dans les tubes rugueux utilisés pour le refroidissement des piles nucléaires.

Cette liste de recherches déjà longue est pourtant très incomplète, j'ajouterai seulement l'étude de la couche entre une onde de choc détachée et la paroi d'un cylindre placé en attaque oblique, ainsi que la découverte d'une curieuse formation de tourbillons à l'amont d'un cylindre en matériau sublimable, réalisé pour une étude de transport de masse.

Entreprendre des recherches dans des domaines d'avant garde exige de créer les moyens correspondants; en la matière Edmond Brun fut un novateur exceptionnel. Les installations de son Laboratoire d'Aérothermique, considéré encore aujourd'hui comme modèle du genre, illustrent de façon frappante son aptitude à créer les outils les plus modernes pour atteindre les buts qu'il avait fixés. Faut-il rappeler qu'il mit au point dans notre pays la première soufflerie supersonique à air desséché en 1945, qu'il monta la première soufflerie hypersonique française en 1959, qu'il fut à l'origine de la réalisation d'un tube à choc à soufflage magnétique, où la température génératrice pouvait atteindre 30 000 K et le nombre de Mach 50.

Pour des applications astronautiques, les études sur la dynamique et l'aérothermique des gaz raréfiés exigèrent de nouvelles installations. Les premières, un bras tournant dans une enceinte à vide et une petite soufflerie à basse pression — de 1 à 100 μ de mercure — ne permettant que des essais à faible vitesse, Edmond Brun établit, en 1962, des projets plus importants de souffleries supersoniques à faible densité. Ainsi fut réalisée la soufflerie S.R. 3, unique en son genre par ses dimensions et ses performances. Cette installation, à fonctionnement continu, a un débit de 40 m³/s, la pression peut varier de 10 à 70 μ de mercure, elle peut être équipée de tuyères pour des nombres de Mach compris entre 2 et 8, la température génératrice peut atteindre 1500°C.

Les difficultés expérimentales inhérentes à ce type d'installations sont évidentes et l'on imagine la somme d'ingéniosité, d'habileté, de persévérance qu'il fallût déployer pour concevoir, réaliser, étalonner les nouveaux instruments de mesures destinés à servir dans ces conditions extrêmes. Quand on sait qu'aucune des mesures effectuées avec ces appareils n'a échappé au contrôle direct d'Edmond Brun, on comprend pourquoi la floraison des beaux travaux de son laboratoire a marqué profondément le développement de toutes les recherches ultérieures sur les écoulements de gaz raréfiés en régime moléculaire libre, de glissement ou continu, sur les injections pariétales liées à la protection antithermique, sur les réactions physico-chimiques dans l'environnement des engins, sur les effets catalytiques des surfaces, etc.

Une autre de ses contributions, dans un domaine tout différent, ne peut être passée sous silence, c'est celle relative à l'étude des milieux poreux. Edmond Brun se plaisait d'ailleurs à dire que la différence n'était qu'apparente en comparant le libre parcours moyen en gaz raréfié à la dimension des cavités offertes au fluide en ces milieux. Il joua un rôle décisif dans nombre d'études qu'il dirigeait à l'Institut français du Pétrole, il créa la première soufflerie aéroclimatique en Tunisie pour simuler l'effet de l'évaporation à la surface de sols non saturés, il organisa, enfin, des recherches de base sur la gélivité des sols pour les Ponts et Chaussées.

L'importance de ses recherches ne saurait faire oublier son rôle d'enseignant qu'il remplit durant toute sa carrière au plein sens du terme. Dans ses classes de spéciales d'abord où la clarté de ses cours et de ses livres lui valurent l'admiration d'élèves, qui maintenant encore, et certains parvenus aux plus hautes fonctions, gardent un souvenir ineffaçable de leur maître d'antan; souvenir partagé, un peu plus tard, par ses étudiants de l'Université ou des grandes écoles, éblouis par ses talents pédagogiques. Citer ici la liste des livres

ou ouvrages de synthèse qu'il a écrit à leur intention est impossible, et d'ailleurs la plupart sont classiques et connus de tous.

Sa mise à la retraite ne ralentit pas son activité, par goût autant que par devoir, il ne pouvait rompre les liens qu'il avait forgés avec le monde scientifique. Ses travaux d'aérodynamique lui avaient valu d'être élu membre associé de l'Académie nationale des Sciences des États-Unis en 1959. Avec Joseph Pérès et von Karman il fut membre fondateur de l'Académie internationale d'Astronautique. Il a été président de la Société française des Thermiciens, président de la Société française d'Astronautique, président de la Société météorologique de France et, aussi, président de la Société des Ingénieurs civils de France, marque d'estime hautement significative à l'égard d'un homme de formation purement universitaire. Le rôle d'Edmond Brun dans ces présidences n'est pas passé inaperçu, car il ne savait que magnifier les actions dont il acceptait la charge. Nous savons aussi la part qu'il prit dans les travaux de l'Académie depuis son élection en 1969, ses confrères ne peuvent l'oublier.

Les mondes de l'Astronautique et de la Thermique lui doivent beaucoup. Porté à la présidence de la Fédération internationale d'Astronautique en 1962, par son prestige et son autorité, il avait réussi à convaincre les représentants de 38 nations d'installer à Paris la Fédération, ainsi que l'Académie d'Astronautique dont il était devenu vice-président; c'est à ce titre qu'il se rendit à Munich en octobre dernier.

Sa renommée parmi les plus grands thermiciens internationaux lui avait valu d'être sollicité de toute part pour des visites, des conférences et des conseils. En juste reconnaissance de ses mérites les savants soviétiques proposèrent d'appeler « nombre de Brun » un groupement adimensionnel qu'il avait donné à propos du couplage entre la conduction dans un solide et la convection thermique à sa surface. Cette appellation le remplissait d'ailleurs de confusion et je ne peux oublier une récente soutenance de thèse en Tunisie où le candidat ayant cité le nombre de Brun, je le vis bougonner mi-furieux, mi-ravi. Lorsque l'UNESCO décida la création du Centre international de recherche sur les transferts de chaleur et de masse, l'unanimité se fit pour demander à Brun d'en assurer la présidence. A sa suggestion ce Centre fut installé à Belgrade où il se rendit souvent. La rédaction et la publication d'un important ouvrage sur les techniques employées dans ces disciplines lui furent confiées quelques années après.

D'autres tâches attendaient Edmond Brun. Dès le début de la précédente décennie la pollution de l'atmosphère était devenue un grand sujet d'actualité. Parmi les problèmes préoccupants, celui des conséquences sur l'environnement de vols supersoniques d'une flotte d'avions, type *Concorde* ou *Tupolev 144*, présentait une acuité particulière. N'y avait-il pas lieu de craindre que des oxydes d'azote, formés dans l'émission des gaz d'échappement des réacteurs, n'atteignent par transports verticaux dus à la turbulence atmosphérique, à la circulation générale et aux vents, des altitudes stratosphériques et ne provoquent alors une diminution de la mince couche d'ozone qui nous protège de l'action nocive des radiations ultra-violettes émises par le soleil?

A cet effet, le gouvernement français chargea Edmond Brun, en 1972, de constituer et de présider un comité pour l'étude des « Conséquences des Vols stratosphériques », le COVOS. Son action à la tête de ce Comité fut déterminante. Groupant les meilleurs spécialistes, définissant les programmes de recherches, coordonnant les missions des équipes, animant les débats des réunions périodiques, orientant les discussions et rassem-

blant les résultats, il dégagait de ceux-ci les données scientifiques permettant d'évaluer le degré de destruction de cette couche d'ozone par des vols supersoniques.

C'est en 1975 qu'il présenta à la conférence de Boston, organisée dans ce but, les conclusions résultant des travaux du COVOS et mettant en doute la validité des modèles américains particulièrement pessimistes. Étonnement et scepticisme de l'auditoire n'empêchèrent pas que, quelques mois après, le bien fondé de ces conclusions et les preuves écartant le danger de pollution ne soient finalement reconnus par tous les meilleurs spécialistes mondiaux.

Le remarquable rapport final du COVOS, rédigé en 1976 par ses soins est devenu, depuis, un texte de référence. On retiendra aussi qu'à la suite de ces études Edmond Brun a suscité une importante organisation de surveillance, par satellites et ballons, de la chimie de la stratosphère.

Personnalité fascinante aux dons exceptionnels qui expliquent la richesse de son œuvre et la fécondité de ses travaux, ce grand savant a marqué son temps de son rayonnement scientifique, en France et sous d'autres cieux. Par la sûreté de son jugement, la profondeur de ses vues, la clarté de ses analyses attisées par une intuition toujours aux aguets, la pertinence de ses conseils, il forçait l'admiration de ses étudiants, de ses disciples, de ses pairs.

Sa puissance de travail était légendaire, il dormait peu et les plus solides de ses collaborateurs, qu'une tâche urgente amenait à ses côtés, sortaient souvent épuisés de séances nocturnes prolongées. Quand il partait en vacances, au pied de Sainte-Victoire dans sa bastide de Trets où il se plaisait tant, c'était, disait-il, pour se reposer : c'est-à-dire travailler sans répit à la rédaction d'un ouvrage ou la correction d'une thèse.

Lorsqu'avec ceux, proches ou lointains, qui avaient eu le privilège de le connaître, on parlait de Brun les visages s'illuminaient : chacun avait été subjugué par certains traits de sa personne; on évoquait son enthousiasme communicatif et sa constante jeunesse d'esprit, on parlait de sa rigueur morale et de sa franchise toujours cordiale, de son sens de l'humain et de sa sensibilité fière et discrète et, aussi, de son autorité souriante, de son humour agrémenté de son bel accent ensoleillé et de son art d'établir entre les hommes une communication faite d'aisance et de sérénité, capable de dénouer les situations les plus critiques.

Débordant de vitalité, ce provençal parfois impétueux, dans l'émotion savait garder l'apparence d'un calme paisible. Il faut avoir entendu des généraux brésiliens, ses anciens assistants de l'école technique militaire où il avait enseigné, parler, plusieurs années après, de son attitude imperturbable devant le succès du premier lancement d'une fusée en Amérique du Sud; c'était en 1951 et le projet de cette fusée avait été établi par ses soins.

La qualité, la plus frappante pour tous, de cet homme de bien était son inaltérable bonté : il ne pouvait lui venir à l'esprit de refuser son aide quand on faisait appel à lui. Son élan vers autrui était total et, à cet égard, il n'épargnait ni ses forces, ni son temps, ni son savoir. Combien lui doivent réconfort dans l'épreuve, assistance dans la tâche difficile et, aussi, accès à la réussite. Prestigieux exemple d'un homme de cœur dont le souvenir ne peut s'effacer.

Par votre amour et votre abnégation, vous avez, Madame, maintenu pendant près de 60 années le climat le plus favorable à son épanouissement; veuillez bien accepter, ce soir, le témoignage de profonde sympathie de tous ses confrères et l'assurance que la mémoire d'un Homme qui honorait l'Académie sera gardée. Acceptez aussi les affectueuses pensées attristées d'un ami ému qui partage votre chagrin.