

Georges Darrieus (1888-1979) et la science en application



Georges Darrieus, grand ingénieur et savant français était un brillant élève à l'École Centrale. Diplômé en 1910, il

effectue son service militaire à Toulouse où il prépare en parallèle une licence en physique à l'Institut d'Électrotechnique dirigé par Charles Camichel et s'engage à la Compagnie Électromécanique en 1912. Il contribua notablement au développement de cette société. Mobilisé en 1914 comme Lieutenant d'artillerie, il déploie son imagination pour perfectionner les méthodes de géodésie de topographie et, ainsi, augmenter la vitesse de mise en œuvre des pièces d'artillerie. Il s'aperçoit aussi que les tables de tir ne prennent pas bien en compte les effets de température sur la vitesse du son et propose des modifications pour représenter les effets de compressibilité à grand nombre de Mach. Il est décoré de la Légion d'Honneur avec cette citation : *Officier d'élite, joignant une culture scientifique très étendue aux plus hautes valeurs morales, commandant une batterie sur le front, a découvert, après des études remarquables, une loi de balistique importante. N'a cessé d'être pour ses subordonnés un exemple de courage et de devoir. Une blessure, a déjà été citée deux fois.* Ces phrases décrivent bien l'homme et l'ingénieur en action comme le remarque le regretté Robert Legendre.

Démobilisé, il reprend son travail à la Compagnie Électromécanique où son activité s'épanouit et il devient rapidement l'un des ingénieurs les plus innovateurs du groupe Brown Boveri. Il s'intéresse notamment aux méthodes d'exploitation des grands réseaux de distribution électrique et montre que la compensation de puissance réactive des lignes à courant alternatif permet d'envisager l'extension du maillage tout en maintenant une tension sensiblement constante. **Le mode de fonctionnement qu'il développe est celui qui est adopté par les grands réseaux d'interconnexion.** Il s'intéresse à un grand nombre de problèmes associés : inertie des turboalternateurs, stabilité du couplage, réglage de la fréquence. Il développe dans ce cadre le théorème de Darrieus sur la répartition des charges entre centrales. Il traite des lignes de transport, de leur comportement mécanique, de l'électrification du chemin de fer et de multiples problèmes de machines électriques : mécanismes de commutation, commutation à cage d'écureuil, mécanisme d'amortissement au moment d'un court circuit. Il imagine un alternateur d'un type nouveau adapté à un fonctionnement de type impulsif. Le rotor d'une tonne de cette machine est capable de supporter un arrêt en un centième de seconde à partir d'une vitesse de rotation de 6 000 tours/mn. La machine délivre une

puissance de 100 MW pendant 1s à une cadence d'un tir toutes les 4mn.

En mécanique des fluides, ses travaux se développent dans plusieurs directions. Il engage des études sur les écoulements à grande vitesse, imagine un procédé de calcul des tuyères de détente fondé sur la méthode des caractéristiques avec un raccordement astucieux au niveau de la région du col, dans la zone transsonique. Darrieus envisage les écoulements dans les turbomachines (turbines à vapeur, compresseurs axiaux, turbines à gaz). Il analyse l'écoulement dans les grilles d'aubes et traite de l'équilibre radial. Ses travaux sur les compresseurs axiaux s'appuient sur les nouvelles théories des surfaces portantes et il conçoit sur cette base des prototypes de machines dont le rendement amélioré assurera une avance durable à son groupe et de multiples applications pratiques (souffleries, turbines à gaz...). Il prend de nombreux brevets dans ce domaine. L'un d'entre eux porte sur la protection thermique des ailettes de turbine au moyen de films d'air prélevés en sortie du compresseur.

La géométrie des films fait l'objet d'études fines sur grilles d'aubes pour optimiser le procédé. Toutes les turbines à gaz modernes utilisent ce système de refroidissement qui dérive, notamment, de ses

FIGURE 1 : TRAVAUX RÉALISÉS AU LABORATOIRE EM2C, CNRS, ECP PAR DANIEL DUROX, THIERRY SCHULLER ET SÉBASTIEN CANDEL.

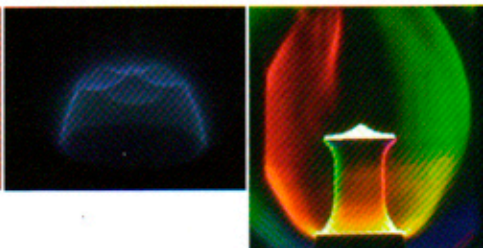


FIGURE 2 : EM2C, CNRS, D. DUROX, S. DUCRUIX, S. CANDEL.

idées originales. Il imagine aussi une éolienne à axe de rotation vertical. Connue dans la littérature anglo-saxonne sous le nom de "Darrieus windmill", elle fonctionne quelle que soit la direction du vent.

Dans le domaine de la thermodynamique et de la combustion, ses contributions sont importantes. Avec Émile Jouguet et Henry Le Chatelier, il montre l'intérêt pratique de la notion d'énergie utilisable. Il envisage les mécanismes de la combustion turbulente et ses conclusions s'appliquent aux foyers des chaudières et aux moteurs à allumage commandé. À la fin des années 30, il analyse la stabilité des flammes laminaires et énonce un résultat remarquable sur ce sujet. Son étude concerne la croissance de perturbations d'un front initialement plan. Il montre que l'amplitude de perturbations croît exponentiellement avec le temps, quelle que soit la longueur d'onde de la perturbation initiale.

Ce travail, réalisé en 1938, fait l'objet d'un bref rapport dans la *Technique Moderne* (août 1939). Une analyse du même problème est développée indépendamment par le célèbre physicien Lev Landau qui publie ses conclusions en 1942. Cette question est d'ailleurs proposée sous forme de problème dans son traité classique

de Mécanique des Fluides (chapitre 14 sur l'hydrodynamique de la combustion). Le résultat, connu dans le domaine de la combustion sous le nom d'instabilité de Darrieus-Landau, a fait l'objet de nombreux travaux théoriques et expérimentaux récents. Le mécanisme imaginé par les deux hommes a été mis en évidence plus tard au moyen d'expériences très fines et de simulations numériques directes.

Une partie des travaux menés au laboratoire EM2C du CNRS et de l'École Centrale Paris traite justement du problème des instabilités de combustion dans les foyers de turbines à gaz et dans les moteurs fusées; ils sont proches de l'étude classique de Darrieus.

Par exemple, la figure 1 montre une flamme prémélangée. Initialement conique, cette flamme est aplatie au moyen d'un champ acoustique externe à haute fréquence. Dans certaines circonstances, on peut observer des instabilités du front caractéristiques du mécanisme imaginé par Darrieus et Landau. Dans d'autres expériences, une modulation acoustique à basse fréquence appliquée à des flammes coniques classiques peut aussi donner le résultat surprenant de la figure 2. Le front de combustion, devenu cylindrique, se propage radialement vers l'axe.

Auteur de plus de 50 brevets et de 700 publications ou notes internes au groupe Brown Boveri, Darrieus avait une puissance de travail considérable; il était doté d'une intelligence et d'une curiosité intellectuelle hors pair et d'un enthousiasme communicatif. Membre de l'Académie des Sciences, il en a été deux fois lauréat. S'exprimant sur Darrieus, Louis de Broglie évoquait sa connaissance approfondie de la recherche industrielle et son goût pour la recherche scientifique et remarquait : *M. Darrieus est un exemple de ces techniciens de haute classe, peut-être trop rares en France, qui établissent une liaison féconde entre la science pure et la science appliquée, les maintenant en contact pour le plus grand profit de l'une et de l'autre.*

Au cours de ma troisième année à l'École en 1968, j'ai eu la chance d'entendre Darrieus. Invité par le regretté Fernand Tesson, il nous avait parlé du voyageur relativiste et des potentialités des hyper vitesses. Des années plus tard, en prenant connaissance de la théorie des instabilités hydrodynamiques des flammes et des résultats de Darrieus et Landau, j'ai toujours à l'esprit cet homme dont le regard profond m'a marqué au cours d'un séminaire mémorable. |

Sébastien Candel (68),

Professeur à l'École Centrale Paris et à l'Institut Universitaire de France