

**PROPOSITION DE SUJET DE THESE**

**Intitulé : Modélisation de l'écoulement autour d'un profil aérodynamique soumis à un contrôleur plasma haute fréquence**

Référence : **SNA-DAAA-2022-07**  
(à rappeler dans toute correspondance)

**Début de la thèse : 1/10/2022**

**Date limite de candidature : 20/5/2022**

**Mots clés :** contrôle des écoulements, actionneurs plasma, calcul haute performance

**Profil et compétences recherchées**

Compétences en modélisation numérique, mathématiques appliquées, informatique.

Bon niveau en programmation.

Intérêt pour la physique. Connaissances en mécanique des fluides et/ou en physique des plasmas.

Compétences rédactionnelles, bon niveau d'Anglais.

Le candidat doit être ressortissant de l'UE, du Royaume-Uni, ou de la Suisse.

**Présentation du projet doctoral, contexte et objectif**

L'ONERA s'intéresse de longue date aux actionneurs plasma dans la perspective du contrôle d'écoulement. Il a ainsi acquis une expertise dans la conception, la mise en œuvre et la modélisation de différents types d'actionneurs plasma, notamment de jets de plasma synthétiques (JSP) et de décharges à barrière diélectrique (DBDs). Le contrôle peut viser par exemple la suppression ou l'atténuation d'instabilités aérodynamiques, la limitation du décollement autour d'un profil d'aile, la réduction de traînée, ou la réduction du bruit. L'intérêt des actionneurs plasmas [1-5] pour des applications aéronautiques, notamment en comparaison avec les actionneurs fluidiques, est de ne faire intervenir aucune pièce mécanique mobile, d'offrir un temps de réponse relativement court, d'être léger, peu encombrant, et de pouvoir être fixé facilement sur n'importe quel profil aérodynamique.

L'ONERA dispose en particulier d'un savoir-faire en modélisation des actionneurs plasma. Le code COPAIER a été conçu spécifiquement pour ce type de décharge [6]. Il utilise des maillages hybrides : structurés dans la zone de décharge pour la précision, et non structurés dans la zone fluide pour l'efficacité. Il peut être couplé avec un solveur fluide pour étudier l'effet sur l'écoulement d'une décharge DBD. Cependant, la réalisation de tels calculs reste à l'heure actuelle relativement coûteuse, ce qui exclut toute perspective d'application à l'échelle industrielle. En effet, les pas de temps du solveur plasma sont fortement contraints par l'échelle de temps de la décharge – de l'ordre de la nanoseconde – et par la fréquence d'actuation de l'actionneur – de l'ordre du kHz –. Le fluide, quant à lui, est soumis à un forçage à la fréquence de l'actionneur (~kHz) tandis que l'écoulement vit naturellement à des fréquences de l'ordre du Hz.

On souhaite donc se doter d'un outil de modélisation permettant de s'affranchir de cette disparité d'échelles de temps pour pouvoir étudier des configurations aérodynamiques réalistes. On propose d'utiliser à cet effet le module pyST développé à l'ONERA, qui implémente des méthodes de type Time Spectral Method (TSM) [7]. Ces méthodes reposent sur la décomposition de la variation périodique de la solution sur une base de polynômes : elles permettent, en ajoutant une dimension temporelle au système d'équations, d'éviter de très nombreuses itérations temporelles en résolvant simultanément N instants de discrétisation d'une période. Cette approche est envisagée aussi bien pour le solveur plasma que pour le solveur fluide.

L'objectif est de pouvoir étudier la génération des ions et des électrons autour d'un profil aérodynamique dans différentes configurations. L'exploitation de la présence d'ions et/ou d'électrons à des finalités applicatives est donc laissée délibérément de côté, pour se focaliser sur la problématique de leur génération. L'objectif général est double :

- caractériser le plasma : densité ionique, densité de courant électrique, chauffage induit par la décharge
- mieux connaître les conditions d'apparition d'arcs électriques qui peuvent dégrader fortement les

composants et induisent des pertes thermiques.

On envisage à cet effet différentes solutions techniques existantes, en particulier :

- Les décharges entre deux électrodes placées sur le profil aérodynamique : décharge couronne de type fil/fil, ou pointe/fil, alimentées par une tension continue ou sinusoïdale ou pulsée.
- Les décharges à barrière diélectrique (DBDs), où les électrodes sont superposées, interfacées par un diélectrique, alimentées par une tension sinusoïdale ou pulsée.

On souhaite caractériser les plasmas obtenus dans des écoulements supersoniques en raison de l'impact supposé de l'écoulement sur la dynamique du plasma. On envisage à ce stade deux configurations aérodynamiques type : une plaque plane et un corps émoussé. On propose une étude de l'effet du fluide au repos ou à basse vitesse, et une étude à haute vitesse. On souhaite également évaluer les effets de la pression et de la température, ainsi que des propriétés thermodynamiques du gaz.

Le doctorant sera accueilli au sein de l'équipe Conception et production de Logiciels pour les Ecoulements de Fluides (CLEF) du Département Aérodynamique Aéroélasticité Acoustique (DAAA) qui est en charge du développement du logiciel elsA, à Châtillon. elsA est un logiciel d'aérodynamique développé conjointement par Safran et l'ONERA.

#### Références bibliographiques :

- [1] Lift and drag performances of an axisymmetric airfoil controlled by plasma actuator, N. Benard, J. Jolibois and E. Moreau, *Journal of Electrostatics*, 67, 133–139, **2009**
- [2] Dielectric Barrier Discharge Plasma Actuators for Flow Control, T. C. Corke, C. L. Enloe, and S. P. Wilkinson, *Annual Review of Fluid Mechanics*, 42, 505–29, **2010**
- [3] Effect of a dc discharge on the supersonic rarefied air flow over a flat plate, E. Menier, L. Leger, E. Depussay, V. Lago and G. Artana, *J. Phys. D: Appl. Phys.*, 40, 695–701, **2007**
- [4] Mach 3 Shock Wave Unsteadiness Alleviation Using a Negative Corona Discharge, P.-Q. Elias, B. Chanetz, S. Larigaldie, D. Packan and C. Laux, *AIAA Journal*, 46, 8, 2042–2049, **2008**
- [5] Experimental Investigation of Linear Energy Deposition Using Femtosecond Laser Filamentation in a M=3 Supersonic Flow, P.-Q. Elias, N. Severac, J.-M. Luyssen, J.-P. Tobeli, F. Lambert, R. Bur, A. Houard, Y.-B. André, S. Albert, A. Mysyrowicz and I. Doudet, AIAA 2018-4896, **2018**
- [6] Numerical Simulation of sinusoidal driven DBD actuators and Comparisons with Experiments, F. Rogier, G. Dufour, and K. Kourtzanidis, AIAA 2014-2808, **2014**
- [7] Time Spectral Method for Periodic Unsteady Computations over Two-and Three-Dimensional Bodies, A. K. Gopinath and A. Jameson, AIAA 2005-1220, **2005**

#### **Laboratoire d'accueil à l'ONERA**

Département : Département d'Aérodynamique Aéroélasticité Acoustique (DAAA)

Lieu (centre ONERA) : Châtillon

**Contact** : Jean-Maxime ORLAC'H

Tél. : +33 1 46 73 42 46

Email : jean-maxime.orch@onera.fr

Pour plus d'informations : <https://www.onera.fr/rejoindre-onera/la-formation-par-la-recherche>