



Campagne de recrutement sur contrats doctoraux 2021
Institut Pprime

CONTROLE D'ÉCOULEMENTS EN BOUCLE FERMÉE PAR DECHARGE PLASMA ET APPRENTISSAGE AUTOMATIQUE

Département : Fluides, Thermique et Combustion

Équipe : CURIOSITY (équipe interdisciplinaire)

Directeur de thèse : Laurent CORDIER (DR CNRS – Pprime/CURIOSITY, Poitiers)

Co-directeur de thèse : Philippe TRAORE (MCF HDR Université de Poitiers – Pprime/CURIOSITY, Poitiers)

Contact pour information : Laurent.Cordier@univ-poitiers.fr ; Philippe.Traore@univ-poitiers.fr

Salaires mensuels : 1715€ net / mois, CDD 3 ans ; financement : **50% Labex Interactifs – 50% Direction Générale de l'Armement.**

Mot-clés: contrôle d'écoulements, boucle fermée, actionneurs plasma, simulation numérique, apprentissage automatique, réseaux de neurones, apprentissage par renforcement

Contexte

Ces dernières années, des progrès continus ont été réalisés sur les performances des avions et hélicoptères, aussi bien civils que militaires, notamment en termes d'enveloppe de vol, de bruit rayonné, de manœuvrabilité, de vibrations, etc. Toutefois, des améliorations supplémentaires peuvent être obtenues par l'emploi du **contrôle en boucle fermée** de l'écoulement autour de l'appareil. Comparés aux actionneurs mécaniques par soufflage ou aspiration plus souvent utilisés en contrôle d'écoulement, l'intérêt des **actionneurs plasma** provient de son caractère non intrusif, de son faible coût de mise en œuvre énergétique, et de ses temps de réaction particulièrement courts. Ces actionneurs sont en général composés d'un système d'électrodes installées sur une des parois du domaine à contrôler. Par application d'une différence de potentiel suffisante entre ces électrodes, une décharge plasma est générée, induisant un vent ionique qui crée un flux tangentiel à la paroi de manière à accélérer l'écoulement et surtout modifier le profil de vitesse dans la couche limite.

Objectifs

L'efficacité des actionneurs plasma repose de manière importante sur leurs positions à la paroi, ainsi que sur de nombreux hyper-paramètres de contrôle (nombre d'électrodes, distances entre celles-ci, différence de potentiel ou puissance électrique, forme du signal électrique, fréquence de la décharge, etc...). L'objectif de la thèse est de disposer d'un outil de simulation numérique couplant simulation de phénomènes électrostatiques complexes et contrôle en boucle fermée afin d'optimiser les paramètres de contrôle en vue de maximiser une fonction de performance préalablement établie. Les travaux seront organisés en deux axes largement couplés : i) **développer des stratégies de contrôle performantes par apprentissage automatique**, ii) **améliorer la compréhension fine et la modélisation physique des mécanismes** à l'œuvre.

Programme de l'étude, méthodologies et moyens mis en oeuvre

Nous nous proposons d'aborder par voie numérique le contrôle en boucle fermée de différents écoulements. Nous traiterons des aspects simulation numérique des mécanismes physiques (électrodynamique et mécanique des fluides) et du développement de stratégies de contrôle innovantes (approches de type **Data Driven** reposant sur des méthodes d'apprentissage automatique).

Nous étudierons deux types d'écoulements modèles assez emblématiques :

- L'écoulement derrière un obstacle (cylindre, profil d'aile, marche descendante). Ce type d'écoulement de sillage fortement décollé est particulièrement intéressant dans le cas où l'objectif du contrôle est d'augmenter la furtivité des avions.
- La couche de mélange se développant au niveau de l'interaction de deux jets coaxiaux (voir Figure). Dans cette application, l'objectif est d'augmenter l'efficacité du mélange entre les deux jets en excitant par des décharges plasma la couche de mélange.

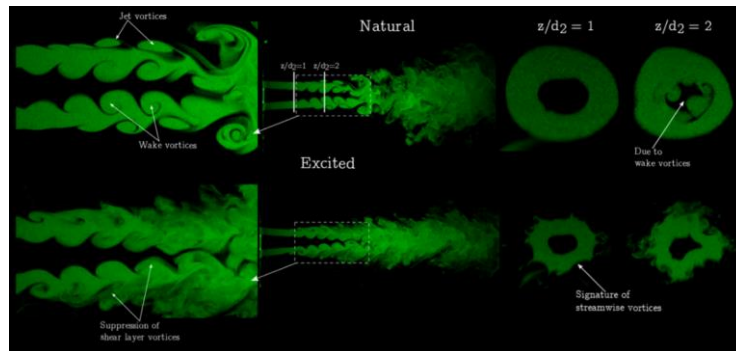


Figure : Ecoulement de deux jets coaxiaux (référence en haut, excité par une décharge plasma en bas). Voir P.K Panigrahi et al., APS DFD 2019.

Dans le premier volet de cette thèse, nous allons **simuler la décharge plasma** par résolution des différentes équations de transport des électrons et des densités d'espèces ioniques présentes dans le gaz. Nous implémenterons dans le code Oracle 3D, développé dans l'équipe CURIOSITY, un **modèle à 3 espèces** prenant en compte la réalité des mécanismes physiques.

Dans le second volet, nous allons développer des **stratégies de contrôle en boucle fermée** reposant sur l'utilisation de méthodes issues de l'apprentissage automatique, principalement réseaux de neurones et apprentissage par renforcement.

Ce sujet est soutenu par une demi-bourse attribuée par la Direction Générale de l'Armement. Un complément de financement a été obtenu dans le cadre du Labex Interactifs (Pprime). Ce sujet est au centre des préoccupations du Groupe de Recherche CNRS « Contrôle des Décollements » dont le Directeur est Laurent Cordier (Pprime).

Profil du candidat, prérequis

Master en Mécanique des Fluides / Mathématiques appliquées / Méthodes numériques en Mécanique des Fluides / Machine Learning. Appétence pour l'interdisciplinaire, l'apprentissage automatique, et le développement et l'utilisation de codes de calcul. Envie de dépasser les frontières.

