

## PROPOSITION DE SUJET DE THESE

**Intitulé : Modélisation numérique d'actionneurs magnétohydrodynamiques par une approche multi-physique**

Référence : **PHY-DPHY-2026-04**

(à rappeler dans toute correspondance)

**Début de la thèse : 01/10/2026**

**Date limite de candidature : 01/06/2025**

### Mots clés

Physique des plasma, magnétohydrodynamique, MHD, rentrée atmosphérique, actionneurs, hypersonique

### Profil et compétences recherchées

- Connaissances en physique des plasmas/mécanique des fluides souhaitée
- Fort intérêt pour la simulation numérique
- Master ou ingénieur en physique des plasmas, mécanique des fluides, simulation numérique

### Présentation du projet doctoral, contexte et objectif

L'ONERA travaille depuis plusieurs années sur la conception de dispositifs d'actionneurs plasma pour le vol subsonique, supersonique ou hypersonique. En particulier, les actionneurs magnétohydrodynamiques (MHD) représentent un réel intérêt pour le vol à très haute vitesse ( $Mach > 10$ ) de par la génération « naturelle » d'un cocon de plasma autour du véhicule. En appliquant un champ magnétique sur cet écoulement ionisé et conducteur d'électricité, il est ainsi possible de modifier ses propriétés et l'interaction résultante entre ce dernier et l'engin. Les applications vont de la réduction des flux de chaleur à la manipulation des propriétés diélectriques du plasma (phénomène de « blackout ») en passant par la modification des efforts aérodynamiques (contrôle de trajectoire) et la production d'énergie à bord du véhicule.

L'objectif de cette thèse est de modéliser la physique complexe de tels actionneurs MHD dans deux contextes complémentaires : 1) la conception d'un engin de rentrée atmosphérique (type « RAMC ») pourvu de multiples dispositifs MHD permettant de répondre à plusieurs des problématiques énoncées ci-dessus. Ce travail se concentrera sur une modélisation de type « CFD » avec la résolution des équations de Navier-Stokes couplées aux termes sources MHD. L'objectif étant de prédire les performances du concept dans les régimes de vol « continus », typiquement pour des altitudes comprises entre 10 et 50 km. Ce travail nécessitera le développement et l'implémentation de nouveaux modèles dans nos outils de simulations (topologies de champ magnétique complexe, modèle d'ablation, chimie en présence d'éléments apportés, effets hors-équilibre...).

En parallèle de ce travail, l'étudiant sera amené à modéliser des expériences MHD en cours et à venir au sein de diverses souffleries supersonique/hypersonique (PHEDRA, MARHy, F4), dans le cadre de l'ASTRID AMHYRA (ANR-24-ASTR-0002). Ces expériences permettent notamment d'explorer des régimes de vols plus hautes altitudes, dans le domaine du régime de transition et du raréfié. Dans ces conditions, l'approche fluide présente des limites et une modélisation DSMC/PIC peut être nécessaire. L'aspect 3D souvent présent dans les expériences rend les simulations exigeantes en termes de coût de calcul et des approches innovantes doivent être développées. L'étudiant devra participer à ce travail avec comme objectif d'aider au travail de compréhension des résultats expérimentaux et de se montrer force de proposition pour la mise au point de nouvelles configurations à tester dans les souffleries.

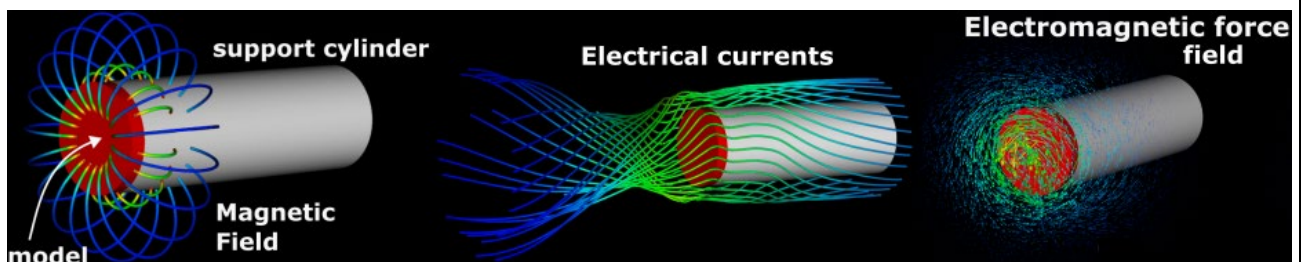


Figure 1 : Exemple de maquette simplifiée étudiée pour l'interaction MHD en régime hypersonique. Simulation MHD dans les conditions expérimentales de la soufflerie PHEDRA (CNRS).

La thèse se déroulera au sein de l'équipe Foudre, Plasma et Applications (FPA) sur le centre ONERA de Palaiseau avec des séjours à prévoir au laboratoire ICARE (CNRS) à Orléans.

**Collaborations envisagées**

Laboratoire ICARE, CNRS

**Laboratoire d'accueil à l'ONERA**

Département : Physique, instrumentation, environnement, espace

Lieu (centre ONERA) : Palaiseau

**Contact:** Benjamin Khiar

Tél. : 01 80 38 64 27    Email : Benjamin.khiar@onera.fr

**Directeur de thèse**

Nom : Viviana Lago

Laboratoire : ICARE, Orléans

Tél. : 02 38 25 77 15

Email : viviana.lago@cnrs-orléans.fr

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