

PROPOSITION DE STAGE EN COURS D'ETUDES

Référence : **DPHY-2026-22**

(à rappeler dans toute correspondance)

Département/Dir./Serv. : DPHY/FPA

Responsable(s) du stage : Federico Boni

Lieu : Palaiseau

Tél. : 01 80 38 64 80

Email. : federico.boni@onera.fr

DESCRIPTION DU STAGE

Thématique(s) : Plasma et diagnostics, plasmas magnétisés à haute pression

Type de stage : ☒ Fin d'études bac+5 ☒ Master 2 ☐ Bac+2 à bac+4 ☐ Autres

Intitulé : Adaptation du diagnostic curling probe pour la mesure de la densité plasma aux applications de rentrée atmosphérique

Lors de la descente hypersonique d'un véhicule dans l'atmosphère, la compression et le chauffage extrêmes de l'air génèrent une couche de plasma autour de l'engin (Fig.1, gauche), soulevant plusieurs enjeux. D'une part, ce plasma peut perturber les communications avec les stations au sol (phénomène du blackout) pendant la descente. D'autre part, il peut être exploité pour le contrôle actif de l'écoulement par application d'un champ magnétique, ouvrant la voie à la possibilité de guider le véhicule, réduire les contraintes thermiques, et diminuer la densité électronique localement, mitigeant le blackout. Dans ce contexte, la mesure précise de la densité électronique est essentielle pour la compréhension des plasmas de rentrée et le développement de stratégies de contrôle adaptées. Ce stage vise à étendre l'application du diagnostic curling probe (CP) – une sonde résonante micro-onde, compacte et faiblement intrusive, permettant la mesure absolue de la densité électronique – aux plasmas de rentrée atmosphérique. Initialement développée pour des plasmas basse pression rencontrés en propulsion électrique spatiale, la CP a récemment été testée dans un plasma représentatif des conditions de rentrée, avec des résultats très prometteurs (Fig. 1, droite).

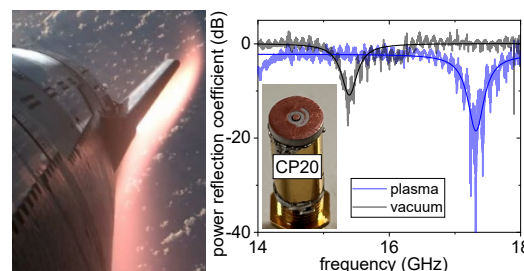


Figure 1. Gauche : véhicule Starship (SpaceX) en phase de rentrée hypersonique. Droite : réponse fréquentielle de la sonde

Dans ce stage, nous proposons d'étendre et d'adapter les modèles de mesure de la densité aux plasmas fortement collisionnels et magnétisés caractéristiques de la rentrée atmosphérique. Pour cela, le/la candidat.e réalisera une étude des modes de propagation d'ondes électromagnétiques dans un tel milieu, puis conduira des simulations 3D sous COMSOL Multiphysics afin de caractériser la réponse fréquentielle de la sonde CP exposée à ce régime plasma. Les modèles existants seront ensuite adaptés pour inclure les effets des collisions et du champ magnétique, et une réflexion sur l'amélioration du diagnostic (performance et fabrication) pourra être engagée en fonction des résultats. La possibilité d'effectuer des essais expérimentaux pour valider les modèles développés sera également explorée.

Est-il possible d'envisager un travail en binôme ? Non

Méthodes à mettre en œuvre :

- | | |
|---|--|
| ☒ Recherche théorique | ☐ Travail de synthèse |
| ☒ Recherche appliquée | ☐ Travail de documentation |
| ☐ Recherche expérimentale | ☐ Participation à une réalisation |

Possibilité de prolongation en thèse : Oui

Durée du stage : Minimum : 4

Maximum : 6

Période souhaitée : avril – septembre 2026

PROFIL DU STAGIAIRE

Connaissances et niveau requis :
Electromagnétisme et micro-ondes, physique des plasmas, mécanique des fluides, simulations numériques, COMSOL, Python

Ecoles ou établissements souhaités :
Master ou école d'ingénieur avec parcours pertinent