



## Offre de stage de fin d'études (6 mois)

### Développement d'un dispositif expérimental pour l'étude du phénomène de blackout RF de véhicules hypersoniques et de son atténuation par champ magnétique statique

#### Laboratoires d'accueil :

- ISAE-SUPAERO  
10, avenue Edouard Belin - BP 54032, 31055 Toulouse Cedex 4
- LAPLACE  
Université Toulouse,  
118, route de Narbonne, 31062 Toulouse Cedex 4

#### Cadre de l'étude :

Ce stage d'une durée de 6 mois s'inscrit dans le cadre du projet CABHEM (Caractérisation expérimentale de l'Atténuation des Blackouts RF de véhicules hypersoniques à l'aide de champs ElectroMagnétiques externes) financé par l'Agence de l'Innovation de Défense (AID) et le Centre National d'Etudes Spatiales (CNES) et impliquant la société Anywaves, le Commissariat à l'Energie Atomique et aux énergies alternatives (CEA), l'Institut Supérieur de l'Aéronautique et de l'Espace (ISAE-SUPAERO) et le Laboratoire PLASMA et Conversion d'Energie (LAPLACE).

#### Contexte :

Un engin entrant dans l'atmosphère d'une planète à une vitesse hypersonique (e.g., véhicule spatial) est enveloppé par une couche de plasma. L'un des problèmes associés à ce plasma de rentrée atmosphérique est le blackout radio fréquence (RF) qui peut entraîner une perte totale des liens de communication entre l'engin et le sol [1]. De nombreux efforts ont été déployés pour tenter d'atténuer cette panne RF par des solutions mécaniques, chimiques ou électromagnétiques, mais ce problème reste toujours d'actualité.

Parmi les solutions électromagnétiques, il a été proposé de décaler les fréquences de fonctionnement des canaux de communication [2], de coupler le plasma avec un métamatériau [3], ou encore d'appliquer des champs externes, électriques et/ou magnétiques, statiques et/ou pulsés, pour permettre la propagation microonde dans le plasma [4,5]. Ces dernières techniques semblent très prometteuses, et nous avons commencé à évaluer leurs performances grâce à des modèles analytiques et numériques dans le cadre de travaux en cours.

Si les premiers résultats obtenus sont encourageants, ils doivent encore être validés par des résultats de mesure. C'est tout l'enjeu de ce projet dont l'objectif est de concevoir un nouveau banc expérimental susceptible de fournir les données requises.

[1] J. P. Rybak and R. J. Churchill, *Progress in reentry communications*, IEEE Trans. Aerosp. Electron. Syst., vol. AES-7, n. 5, pp. 879-894, Sep. 1971.

[2] K. Xie et al., *Experimental apparatus for investigating the propagation characteristics of the low-frequency electromagnetic waves in hypersonic plasma fluid generated by shock tube*, Rev. Sci. Instrum., vol. 90, n. 7, p. 073503, Jul. 2019.

[3] B. A. Webb and R. W. Ziolkowski, *Metamaterial-inspired multilayered structures optimized to enable wireless communications through a plasmasonic region*, Appl. Phys. Lett., vol. 118, n. 9, p. 094102, Mar. 2021.

[4] N. Mehra et al., *Mitigation of communication blackout during re-entry using static magnetic field*, PIER B, vol. 63, pp. 161–172, 2015.

[5] J. Xu et al., *Density reduction on plasma sheath using pulsed magnetic field*, Phys. Plasmas, vol. 28, n. 4, p.042509, Apr. 2021.

**Description du poste :**

Le (ou la) candidat(e) aura pour objectif de contribuer au développement d'un nouveau banc expérimental dont les objectifs sont de générer un plasma représentatif de celui de rentrée atmosphérique (mais sans écoulement), de le faire interagir avec des champs électromagnétiques et de mesurer avec précision l'interaction entre les deux.

Dans un premier temps, il conviendra de mener une analyse approfondie des conditions opérationnelles recherchées pour fixer les paramètres dimensionnant pour le plasma comme par exemple le volume de l'enceinte, la pression de gaz au sein de celle-ci, la source pour le plasma ...

Nous entrerons ensuite dans une phase de conception du banc expérimental nécessitant l'élaboration de plans et le suivi de fabrication.

Enfin, nous procéderons aux caractérisations expérimentales des éléments périphériques à l'enceinte plasma sur le banc, à savoir les antennes et les aimants.

**Niveau requis :**

Etudiant(e) inscrit(e) en école d'ingénieur ou à l'université en Bac+4/5.

**Modalités de candidature :**

Envoyer par mail un CV détaillé.

**Début souhaité :**

Mars-Avril 2025.

**Durée :**

6 mois (avec possibilité de poursuivre en CDD d'une durée de 12 mois).

**Contacts :**

Romain PASCAUD  
Enseignant-Chercheur, ISAE-SUPAERO  
E-mail : [romain.pascaud@isae-supaero.fr](mailto:romain.pascaud@isae-supaero.fr)  
Tél : 05 61 33 84 93

Thierry CALLEGARI  
Enseignant-Chercheur, UT3  
E-mail : [thierry.callegari@laplace.univ-tlse.fr](mailto:thierry.callegari@laplace.univ-tlse.fr)  
Tél : 05 61 55 68 58