

## Offre de post-doctorat à plein temps

### Vers une caractérisation des effets électromagnétiques des propulseurs spatiaux

**Mots clés :** Cavité microonde, propulseur plasma, interaction microonde - plasma, chambre réverbérante

#### Contexte de l'étude :

Dans le contexte actuel du "New Space", de nombreux défis scientifiques et techniques doivent être relevés pour répondre aux problèmes posés par la miniaturisation des satellites [1]. Un de ces défis porte sur l'évaluation de la compatibilité électromagnétique (CEM) entre les dispositifs du satellite et, en particulier, entre la plume du propulseur et les autres dispositifs. Deux sources de perturbations peuvent être identifiées [2] : le rayonnement propre de la plume qui agit comme une source de bruit pour les composants du propulseur [3] et la modification du canal de communication par la présence de cette plume [4]. La difficulté à évaluer ces effets provient de la nécessité d'utiliser une chambre à vide pour le fonctionnement du propulseur au sol. En effet, la présence de cette chambre à vide (souvent métallique pour des raisons mécaniques) impacte sévèrement le comportement électromagnétique des ondes à l'intérieur. Sa présence empêche donc d'obtenir des mesures qui seraient directement représentatives du comportement de la plume du propulseur dans l'espace. Il existe ainsi actuellement un fort besoin à développer des méthodes permettant de caractériser efficacement le comportement électromagnétique des propulseurs.

#### Description du poste :

Nous avons récemment investigué la possibilité de caractériser les effets électromagnétiques des propulseurs en environnement réverbérant en plaçant des antennes dans une chambre à vide dans laquelle était opéré un propulseur [3, 5]. Le signal  $r(t)$  mesuré par l'antenne dans ces conditions est une convolution du signal  $e(t)$  émis par le propulseur (information utile) et de la réponse impulsionnelle  $h(t)$  du système (cavité + antenne). La difficulté vient du fait que nous ne connaissons ni  $e(t)$  ni  $h(t)$ , et que nous voulons extraire de l'information sur  $e(t)$  à partir de la seule mesure de  $r(t)$ .

Ce projet s'appuie sur ces récents travaux afin de développer des méthodes de caractérisation innovantes. Selon le profil du candidat, deux axes peuvent être envisagés dans ce projet :

#### **Axe 1 : Traitement du signal**

Dans ce cas l'objectif consiste à utiliser des techniques avancées de traitement du signal afin d'extraire l'information utile des mesures faites en environnement réverbérant. Par conséquent, le chercheur postdoctoral devra :

- Identifier la ou les méthodes appropriées

- Développer et valider ces méthodes à l'aide d'un code de simulation FDTD 2D
- Mettre en place ces méthodes sur un dispositif expérimental dédié (cavité électromagnétique à la pression atmosphérique)
- Appliquer ces méthodes à un ou plusieurs types de propulseurs

### **Axe 2 : Automatisation d'un scanner de champ 3D**

Dans ce cas l'objectif consiste à mettre en place un scanner de champ 3D innovant : système non-intrusif (vis-à-vis des microondes) permettant de déplacer spatialement une sonde de champ dans la cavité. Par conséquent, le chercheur postdoctoral devra :

- Identifier les matériaux et composants du scanner, en s'appuyant sur les travaux d'Andréa Cozza [6]
- Monter le dispositif expérimental correspondant (scanner 3D dans une cavité)
- Automatiser le dispositif de sorte à pouvoir déplacer la sonde en 3D dans la cavité
- Cartographier expérimentalement les réponses impulsionnelles à l'aide du scanner 3D
- Vérifier la non-intrusivité du scanner (tel que fait dans [6])

### **Profil recherché :**

Deux axes peuvent être envisagés dans ce projet, chacun nécessitant un profil différent. Ainsi, le (la) candidat(e) doit avoir ou doit être sur le point de recevoir un diplôme équivalent à un doctorat reconnu à l'échelle internationale :

- en traitement du signal, ou en génie électrique / physique avec une forte composante traitement du signal pour l'axe 1.
- ou en génie électrique / physique avec une forte composante automatique pour l'axe 2.

### **Modalités de candidature :**

Envoyer par mail un CV détaillé ainsi qu'une liste des publications.

### **Début souhaité :**

L'examen des candidatures commencera immédiatement et se poursuivra jusqu'à ce que le poste soit attribué. Durée : Jusqu'à 36 mois.

### **Contact :**

Valentin Mazières : [valentin.mazieres@isae-superaero.fr](mailto:valentin.mazieres@isae-superaero.fr)

Romain Pascaud : [romain.pascaud@isae-superaero.fr](mailto:romain.pascaud@isae-superaero.fr)

### **Références :**

- [1] Levchenko, I. et al. Space micropropulsion systems for Cubesats and small satellites : From proximate targets to furthestmost frontiers. *Applied Physics Reviews*, 5(1) :011104, March 2018.
- [2] Holste, K. et al. Ion thrusters for electric propulsion : Scientific issues developing a niche technology into a game changer. *Review of Scientific Instruments*, 91(6) :061101, June 2020.

- [3] Mazières, V. et al. Broadband (kHz–GHz) characterization of instabilities in Hall thruster inside a metallic vacuum chamber. *Physics of Plasmas*, 29(7) :072107, July 2022. Publisher : American Institute of Physics.
- [4] de Mejanes, N. et al. Simulation of the microwave propagation through the plume of a Hall thruster integrated on small spacecraft. *Journal of Applied Physics*, 131(24) :243303, June 2022. Publisher : American Institute of Physics.
- [5] Mazières, V. et al. Broadband (kHz–GHz) characterization of instabilities in vacuum arc thruster inside a metallic vacuum chamber. *Physics of Plasmas*, 29(12) :123501, December 2022. Publisher : American Institute of Physics.
- [6] Cozza, A. et al. A Dielectric Low-Perturbation Field Scanner for Multi-Path Environments. *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, 65(4) :1978–1987, April 2017. Conference Name : IEEE Transactions on Antennas and Propagation.

### Full-time postdoctoral position

## **Towards characterization of electromagnetic effects of space thrusters**

**Keywords:** Microwave cavity, plasma thruster, microwave-plasma interaction, reverberation chamber

### Context:

In the current context of "New Space", many scientific and technical challenges must be met to address the problems posed by the miniaturization of satellites [1]. One of these challenges concerns the evaluation of electromagnetic compatibility (EMC) between the satellite devices and, in particular, between the thruster plume and other devices. Two sources of perturbation can be identified: the self-emission of the plume which acts as a noise source for the thruster components [2] and the modification of the communication channel by the presence of this plume [3]. The difficulty to evaluate these effects comes from the necessity to use a vacuum chamber for the operation of the thruster on the ground. Indeed, the presence of this vacuum chamber (often metallic for mechanical reasons) severely impacts the electromagnetic behavior of the waves inside. Its presence thus prevents to obtain measurements which would be directly representative of the behavior of the thruster plume in space. There is thus currently a strong need to develop methods to effectively characterize the electromagnetic behavior of thrusters.

### Position description:

We have recently investigated the possibility to characterize the electromagnetic effects of thrusters in a reverberant environment by placing antennas in a vacuum chamber in which a thruster was operating [2, 4]. The signal  $r(t)$  measured by the antenna under these conditions is a convolution of the signal  $e(t)$  emitted by the thruster (useful information) and the impulse response  $h(t)$  of the system (cavity + antenna). The difficulty comes from the fact that we know neither  $e(t)$  nor  $h(t)$ , and that we want to extract information on  $e(t)$  from the measurement of  $r(t)$  only.

This project builds on this recent work to develop innovative characterization methods. Depending on the profile of the candidate, two axes can be considered in this project:

#### **Axis 1: Signal processing**

In this case the objective is to use advanced signal processing techniques to extract useful information from measurements made in a reverberant environment. Therefore, the postdoctoral researcher will:

- Identify the appropriate method(s)
- Develop and validate these methods using a 2D FDTD simulation code

- Implement these methods on a dedicated experimental device (electromagnetic cavity at atmospheric pressure)
- Apply these methods to one or more types of thrusters

### **Axis 2: Automation of a 3D field scanner**

In this case, the objective is to set up an innovative 3D field scanner: a non-intrusive system (with respect to microwaves) allowing to spatially move a field probe in the cavity. Therefore, the postdoctoral researcher will:

- Identify the materials and components of the scanner, based on the work of Andrea Cozza [5]
- Set up the corresponding experimental device (3D scanner in a cavity)
- Automate the device so that the probe can be moved in 3D in the cavity
- Experimentally map the impulse responses using the 3D scanner
- Check the non-intrusiveness of the scanner (as done in [5])

### **Qualifications:**

There are two possible areas of focus for this project, each requiring a different profile. The candidate must have or be about to receive an internationally recognized doctoral degree:

- in signal processing, or in electrical engineering / physics with a strong signal processing component for axis 1.
- or in electrical engineering / physics with a strong automatic component for axis 2.

### **Application:**

Full curriculum vitae including your relevant academic, professional, and other experiences and knowledges as well as a publication list.

### **First day of employment:**

Review of applications will start immediately and will continue until the position is filled. Duration: Up to 36 months.

### **Contact:**

Valentin Mazières: [valentin.mazieres@isae-superaero.fr](mailto:valentin.mazieres@isae-superaero.fr)

Romain Pascaud: [romain.pascaud@isae-superaero.fr](mailto:romain.pascaud@isae-superaero.fr)

### **References:**

- [1] Levchenko, I. et al. Space micropropulsion systems for Cubesats and small satellites: From proximate targets to furthestmost frontiers. *Applied Physics Reviews*, 5(1):011104,

March 2018.

- [2] Mazières, V. et al. Broadband (kHz–GHz) characterization of instabilities in Hall thruster inside a metallic vacuum chamber. *Physics of Plasmas*, 29(7):072107, July 2022. Publisher: American Institute of Physics.
- [3] de Mejanès, N. et al. Simulation of the microwave propagation through the plume of a Hall thruster integrated on small spacecraft. *Journal of Applied Physics*, 131(24):243303, June 2022. Publisher: American Institute of Physics.
- [4] Mazières, V. et al. Broadband (kHz–GHz) characterization of instabilities in vacuum arc thruster inside a metallic vacuum chamber. *Physics of Plasmas*, 29(12):123501, December 2022. Publisher: American Institute of Physics.
- [5] Cozza, A. et al. A Dielectric Low-Perturbation Field Scanner for Multi-Path Environments. *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, 65(4):1978–1987, April 2017. Conference Name: IEEE Transactions on Antennas and Propagation.