

PROPOSITION DE SUJET DE THESE

Intitulé : Développement de la FFE synchrone pour caractériser les écoulements hypersoniques

Référence : **PHY-DPHY-2026-21**
(à rappeler dans toute correspondance)

Début de la thèse : Oct. 2026

Date limite de candidature : 30 avril 2026

Mots clés : faisceau d'électrons, caractérisation plasma, physique expérimentale

Profil et compétences recherchées

- Connaissance en physique des plasmas et/ou hypersonique souhaitable mais non indispensable
- Expérience en recherche en physique expérimentale souhaitable mais non indispensable
- Grandes Écoles et/ou Master "Physique Appliquée", "Physique des Plasmas", "Physique fondamentale", "Physique Générale"

Présentation du projet doctoral, contexte et objectif

Les écoulements hypersoniques, dans le cadre de la rentrée atmosphérique, sont des écoulements présentant des phénomènes thermochimiques et radiatifs complexes. Les caractériser nécessite de mesurer les densités, les concentrations d'espèces et les températures de N₂ et NO et des espèces ionisées. Or, la mesure de ces paramètres est un défi car l'écoulement est basse pression (peu d'atomes en présence) et lumineux. Il faut donc développer un diagnostic intense pour générer assez de signal sur un bruit de fond et une méthode de détection synchronisée sur l'émission du signal.

On propose dans cette thèse de développer la fluorescence par faisceau d'électrons (FFE) synchrone en utilisant une source d'électrons intense, pulsée et répétitive à base de pseudospark. La Fluorescence par Faisceau d'Électrons (Figure 1) est une technique qui consiste à exciter les atomes ou les molécules d'un gaz à l'aide d'un faisceau d'électrons, puis à analyser leur désexcitation par fluorescence. L'analyse spectroscopique de cette fluorescence permet de déterminer la composition chimique, de mesurer la densité, la vitesse et les températures de translation et de vibration du gaz étudié [1]. Actuellement, la mise en oeuvre de la FFE à l'ONERA repose sur des sources d'électrons continues de faible intensité, ce qui contraint son application aux écoulements froids, sans émission propre. Cependant, des mesures récentes à l'ONERA ont montré la possibilité de générer un faisceau d'électrons pulsé par pseudo-spark (Figure 2), ouvrant la voie à une utilisation pour le diagnostic des écoulements hypersoniques chauds.

Le projet de recherche sera axé sur le développement de la FFE pour les écoulements de rentrée. Pour cela, l'étudiant·e opérera un caisson à vide et se familiarisera avec deux types de sources d'électrons (une continue et monoénergétique, l'autre pulsée et polyénergétique) développées par l'équipe d'accueil. En s'appuyant sur la source monoénergétique bien établie, il/elle cherchera à déterminer l'influence de l'excitation polyénergétique sur le phénomène fluorescence, en analysant le spectre émis et l'intensité lumineuse. Une caractérisation du faisceau d'électrons à l'aide d'une coupe de faraday sera réalisée. Ceci pourra amener l'étudiant.e à proposer des améliorations du dispositif. Enfin, l'étudiant.e mettra en place une détection synchronisée sur la source d'électrons pulsée pour tester la FFE sur un plasma et dans les souffleries de l'ONERA.

Collaborations envisagées

ONERA-DMPE, Laboratoire SIAME (Pau)

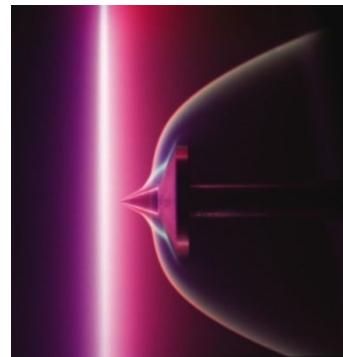


Figure 1 : Visualisation par FFE (trait lumineux vertical) des chocs sur une maquette dans une soufflerie froide de l'ONERA à Mach 10. La source continue est adaptée car il n'y a pas d'émission propre de l'écoulement. (ONERA)



Figure 2 : Faisceau d'électrons généré par une source à pseudospark (ONERA)

Laboratoire d'accueil à l'ONERA

Département : Physique, instrumentation, environnement, espace

Lieu (centre ONERA) : Palaiseau

Contact : Amélie Jarnac / Paul-Quentin Elias

Email : amelie.jarnac@onera.fr, paul-quentin.elias@onera.fr

Directeur de thèse

Nom : Paul-Quentin Elias, Jean-Hughes Paillol

Laboratoire : ONERA-DPHY / SIAM
(Université de Pau et des pays de l'Adour)

Tél. :

Email : paul-quentin.elias@onera.fr

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