

## PROPOSITION DE POST-DOCTORAT

**Intitulé :** Spectroscopie par diffusion Raman Anti-Stokes Cohérente femto-picoseconde appliquée au sondage de l'hydrogène et à l'étude des plasmas.

Référence : **PDOC-DPHY-2022-01**  
(à rappeler dans toute correspondance)

**Début du contrat :** 01/03/2023

**Date limite de candidature :** 01/03/2023

**Durée :** 18 mois

**Salaire net :** environ 25 k€ annuel

### Mots clés

Diagnostic Optique, Raman cohérent, CARS, Thermométrie, Plasma, Hydrogène

### Profil et compétences recherchées

- Manipulation laser femtoseconde
- Connaissances en spectroscopie moléculaire et/ou non-linéaire
- Connaissances en plasma
- Capacité de publication attestée

### Présentation du projet post-doctoral, contexte et objectif

Le projet, co-financé par le labex LASIPS, porte sur une collaboration entre l'ONERA/DPHY et le laboratoire EM2C (Energétique Moléculaire et Macroscopique, Combustion, Centrale Supélec, CNRS). Il est prévu que l'étudiant partage son temps entre les deux laboratoires.

La Diffusion Raman Anti-Stokes Cohérente (DRASC ou CARS) est un processus de spectroscopie non linéaire qui permet de sonder les niveaux ro-vibrationnels des molécules d'un milieu gazeux. L'étude du spectre mesuré permet de remonter à la distribution de population de ces états, obéissant à une loi de Boltzmann, et fournit ainsi la température du milieu de façon précise et non invasive. Un banc de thermométrie CARS fonctionnant dans le régime temporel femto/picoseconde a été mis au point à l'ONERA. La spectroscopie de la molécule sonde  $N_2$ , permet aujourd'hui d'analyser les milieux réactifs gazeux, notamment en combustion. Le projet porte sur l'extension du domaine de fonctionnement du banc CARS à des nouveaux milieux d'intérêt pour l'énergétique et l'aérospatial, impliquant le sondage de la molécule d'hydrogène et des milieux plasma mis en œuvre au laboratoire EM2C.

En effet, dans le cadre de la transition énergétique, l'hydrogène représente une alternative prometteuse à la combustion des carburants fossiles lorsqu'il est produit de manière propre, comme par pyrolyse plasma du méthane. Cependant, cette réaction est encore mal connue, notamment en termes de cinétiques chimiques et de transfert de chaleur aux parois du réacteur (perte thermique), qui conditionnent l'efficacité de la réaction. Pour optimiser la production d'hydrogène, il est donc nécessaire de mieux comprendre les phénomènes à l'œuvre dans ces plasmas et de disposer de mesures expérimentales fiables de sorte à étoffer les modèles. Par ailleurs, dans le cadre de missions aérospatiales, des plasmas similaires se forment lors de l'entrée dans certaines atmosphères, comme celle de Titan ( $CH_4/N_2$ ), qui est une lune de Saturne. Leur description précise, ainsi que des flux thermiques qu'ils engendrent, sont des enjeux essentiels qui requièrent également une compréhension fine des cinétiques chimiques à l'œuvre.

Dans le cadre du projet, la capacité métrologique du banc devra dans un premier temps être étendue aux espèces d'intérêt en élargissant la plage spectrale de mesure et en adaptant les codes

de simulation. La mesure de la molécule  $H_2$  sera développée en priorité, puis les espèces  $C_2H_2$  et  $CH_4$  seront éventuellement abordées, en s'appuyant notamment sur une littérature assez récente. Des mesures préliminaires dans des milieux bien contrôlés comme des cellules de référence, des flammes de laboratoire ou des décharges plasma continue seront mises en œuvre afin de valider les codes d'analyse des données expérimentales.

Dans un second temps, une campagne de mesure sera menée au laboratoire EM2C sur une torche à plasma, pour produire un jet de plasma à haute température (4000 – 7000 K) de composition chimique variable ( $CH_4/Ar$  et  $CH_4/N_2/Ar$  dans le cadre de notre étude). Le jet de plasma produit par la torche passe ensuite à grande vitesse dans un tube refroidi par une circulation d'eau, la brusque chute de température force la recombinaison des espèces chimique, et les mesures sont effectuées à la sortie du tube. Il est ainsi possible de produire une large gamme de températures qui inclut les températures pertinentes à la fois pour la pyrolyse du méthane et pour les missions spatiales. Les données expérimentales obtenues serviront à valider des codes de cinétiques chimiques et/ou des codes de type CFD afin d'améliorer leur capacité de simuler la pyrolyse de méthane pour la production de l'hydrogène propre ou l'entrée hypersonique dans l'atmosphère de Titan.

#### **Collaborations extérieures**

- EM2C (Ecole Centrale, CNRS)
- Université de Delft

#### **Laboratoire d'accueil à l'ONERA**

Département : Département Physique, Instrumentation, Environnement, Espace (DPHY)

Lieu (centre ONERA) : Palaiseau

**Contact** : Michael Scherman

Tél. : 01 80 38 61 90

Email : michael.scherman@onera.fr