ONERA
THE FRENCH AEROSPACE LAB

www.onera.fr

PROPOSITION DE SUJET DE THESE

Intitulé : Excitation multiphotonique d'espèces gazeuses pour le diagnostic des écoulements.

Référence : **PHY-DPHY-2024-26**
(à rappeler dans toute correspondance)

Début de la thèse : 01/10/2024	**Date limite de candidature :** 31/05/2024

Mots clés

Excitation multiphotonique, fluorescence, laser femtoseconde, spectroscopie, filamentation laser, vitesse, concentration.

Profil et compétences recherchées

Master Recherche en physique ou école d'Ingénieur. Connaissances en optique, interaction laser-matière et des bases en spectroscopie. Compétences en instrumentation laser et goût pour les expérimentations seront appréciés.

Présentation du projet doctoral, contexte et objectif

Une nouvelle génération de laser femtoseconde industriels qui fournissent des trains d'impulsions ultra-courtes (< 200 fs) très énergétiques (quelques mJ) et à très haute cadence (1-100 kHz) permettent d'exciter un milieu avec de fortes puissances crêtes qui favorisent les effets multi-photoniques. Cela ouvre la possibilité de proposer de nouveaux diagnostics optiques adaptés à la caractérisation des écoulements gazeux spécifiques aux domaines spatial ou aéronautique. Ce sujet de thèse portera plus particulièrement sur le phénomène de fluorescence des molécules/atomes induit par l'excitation multi-photonique en régime impulsionnel femtoseconde pour l'appliquer à deux méthodes de diagnostics : la fluorescence induite par laser (LIF) adaptée à la mesure de concentration des espèces et le tracking des molécules marquées par fluorescence pour la mesure de vitesse du fluide (MTV).

Encore peu d'espèces gazeuses ont été sondées par LIF femtoseconde, on peut citer par exemple la molécule CO par excitation à 2 photons dans le domaine UV [1]. Il nous semble intéressant de l'élargir à d'autres espèces pour lesquelles des schémas d'excitation à deux photons ou plus s'avèreront avantageux pour des diagnostics optiques dans certaines conditions d'écoulements. L'étude d'un diagnostic LIF femtoseconde avec excitation à 2 photons sur la molécule NO pourrait lever certaines limitations du diagnostic LIF classique (à 1 photon, en régime nanoseconde, basse cadence d'acquisition (quelques Hz). Des expérimentations en laboratoire seront à monter pour pouvoir réaliser des mesures de fluorescence avec notre source laser femtoseconde et caractériser le signal de fluorescence en faisant varier les conditions laser et thermodynamiques (température, pression).

La technique FLEET (Femtesecond Laser Electronic Excitation Tagging) [2] permet de suivre au sein d'un écoulement le déplacement des molécules en les excitant très brièvement en un point donné (ou le long d'une ligne) en imageant le signal de fluorescence émis après un court délai pour déterminer la vitesse. L'étude portera sur la capacité de notre système laser à produire des filaments les plus longs et intenses possible. L'étude de la fluorescence émise en fonction des conditions expérimentales (composition du mélange, température, pression), permettra de circonscrire l'emploi de la FLEET à certains types d'écoulement (souffleries hypervéloces, combustions supersoniques).

Enfin, le développement de ces deux techniques à partir du même banc laser permettra d'envisager la réalisation de mesures couplées [C, v] par exemple sur la molécule NO ensemencée dans un milieu ou naturellement présente en sortie de chambre de combustion.

[1] B. Li, X. Li, D. Zhang, Q. Gao, and Z. Li, *Comprehensive CO detection in flames using femtosecond two-photon laser-induced fluorescence,* Opt. Express 25 (21), 25809-25818 (2017).
[2] Paul M. Danehy,1 Ross A. Burns,2 Daniel T. Reese,1 Jonathan E. Retter,2 and Sean P. Kearney, “FLEET Velocimetry for Aerodynamics” Annual Reviews Annual Review of Fluid Mechanics 2022. 54:525–53 https://doi.org/10.1146/annurev-fluid-032321- 025544.

Collaborations envisagées : INSA Rouen, PC2A Université de Lille, EM2C Centrale Supelec

Laboratoire d’accueil à l’ONERA

Département : Physique, Instrumentation, Environnement, Espace

Lieu (centre ONERA) : Palaiseau

Contact : Gautier Vilmart, Nelly Dorval, Michaël Scherman (DPHY/SLM)

Email : gautier.vilmart@onera.fr, nelly.dorval@onera.fr, michael.scherman@onera.fr

Directeur de thèse

Nom : Aurélien Houard

Laboratoire : Laboratoire d'Optique Appliquée, ENSTA Paris | CNRS | Ecole Polytechnique
Institut Polytechnique de Paris

ED : IPP

Email : aurelien.houard@ensta-paris.fr

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