

PROPOSITION DE STAGE EN COURS D'ETUDES

Référence : **DPHY-2025-29**
(à rappeler dans toute correspondance)

Lieu : Palaiseau

Département/Dir./Serv. : DPHY/SLM

Tél. : +33 1 80 38 61 64

Responsable(s) du stage : Rosa SANTAGATA

Email : rosa.santagata@onera.fr

DESCRIPTION DU STAGE

Thématique(s) : Instrumentation et Métrologie par Spectroscopie Laser

Type de stage : Fin d'études bac+5 Master 2 Bac+2 à bac+4 Autres

Intitulé : Spectroscopie Raman cohérente à double peigne de fréquences

Sujet : À la fin des années 1990, l'avènement des lasers femtosecondes à peignes de fréquences a révolutionné les mesures précises de temps et de fréquence. Le spectre d'un tel laser est composé d'un peigne équidistant de millions de modes lasers, tous séparés d'un intervalle précisément égal à la fréquence de répétition des impulsions. Le peigne de fréquences, honoré d'un prix Nobel en 2005, peut alors être utilisé comme une règle de mesure pour déterminer avec précision n'importe quelle fréquence optique inconnue.

Les peignes de fréquences ont révolutionné la spectroscopie de précision. En particulier, la spectroscopie à double peigne est une technique qui exploite deux peignes ayant des fréquences de répétition légèrement différentes pour s'échantillonner l'un l'autre. L'analyse des fréquences de battement dans le domaine radiofréquence est alors utilisée pour reconstruire un motif spectral, le profil d'absorption dans un gaz par exemple, et remplace ainsi les réseaux dispersifs ou autres éléments sélectifs en longueur d'onde. Une variante astucieuse de cette technique [1] permet d'utiliser les peignes sonder la réponse Raman d'un milieu moléculaire via un processus non-linéaire d'ordre 3 appelé diffusion Raman anti-Stokes cohérente (CARS). La fenêtre spectrale d'analyse est alors limitée aux bas nombres d'onde, mais la technique peut fournir un moyen de mesure très précis, et fonctionnant à haut taux de répétition, pour l'analyse des écoulements réactifs ou des matériaux en phase condensée.

Un banc de spectroscopie par double peignes de fréquences a été développé à l'ONERA au sein de l'équipe Sources Lasers et Métrologie (SLM) du Département Physique Instrumentation Environnement Espace (DPHY). L'objectif de ce stage est de développer un montage expérimental de spectroscopie CARS à double peigne de fréquence pour démontrer le potentiel de la technique. En particulier, on cherchera à qualifier les performances du diagnostic en termes de bande passante, de stabilité de l'interférogramme dans le temps, et de cadence de répétition de la mesure. Le milieu sondé sera constitué de molécules possédant une réponse Raman bien identifiée aux bas nombres d'onde. Il s'agira par exemple de la molécule d'azote N_2 en phase gazeuse qui permet d'estimer la température avec précision dans les écoulements gazeux, ou du toluène en phase liquide qui possède une réponse Raman intense, ou encore du Nitrure de Bore (BN) en phase solide qui possède un mode de vibration à bas d'ombre d'onde d'intérêt pour la caractérisation des nanomatériaux. La mise en œuvre d'une chaîne de détection appropriée et de routines de traitement des interférogrammes permettra d'acquérir des premiers spectres expérimentaux. Ces derniers seront comparés à des spectres de référence obtenus avec des bancs de spectroscopie Raman spontané ou CARS femtoseconde [2] disponibles au DPHY/SLM.

[1] T. Ideguchi, et al., "Coherent Raman spectro imaging with laser frequency combs," Nature, vol. 502, pp. 355-358 (2013)

[2] R. Santagata, et al., "Ultrafast background-free ro-vibrational fs/ps-CARS thermometry using an Yb:YAG crystal-fiber amplified probe", Optics Express, vol. 27, Issue 23, pp. 32924-32937 (2019)

Est-il possible d'envisager un travail en binôme ? Non

Méthodes à mettre en œuvre :

- | | |
|-------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Recherche théorique | <input type="checkbox"/> Travail de synthèse |
| <input checked="" type="checkbox"/> Recherche appliquée | <input type="checkbox"/> Travail de documentation |
| <input checked="" type="checkbox"/> Recherche expérimentale | <input type="checkbox"/> Participation à une réalisation |

Possibilité de prolongation en thèse : Non

Durée du stage : Minimum : 3 Maximum : 5

Période souhaitée : Février-Juillet 2025

PROFIL DU STAGIAIRE

Connaissances et niveau requis : Laser, optique, spectroscopie, programmation	Ecoles ou établissements souhaités : Ecole d'ingénieur ou Université
----------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------

GEN-F218-4