



# **Microscopie CARS en régime hybride fs/ps pour l'étude des nanomatériaux 2D et la prévention des risques explosifs et biologiques**

Soutenance de thèse – Elodie LIN (DPHY/SLM)

**9 Février 2023 à 14h00**

Amphithéâtre III – Bâtiment Eiffel, CentraleSupélec, 3 rue Joliot Curie, 91190 Gif-sur-Yvette

## **Devant le jury composé de :**

M. Emmanuel BEAUREPAIRE, Professeur, Laboratoire d'Optique et de Biosciences – Rapporteur

M. Hervé RIGNEAULT, Professeur, Institut Fresnel – Rapporteur

M. Jean-Sébastien LAURET, Professeur, LuMIn, Laboratoire Aimé Cotton – Examineur

M. Pierre JOUBERT, Professeur, Institut UTINAM – Examineur

Mme. Aude SILVE, Ingénieure de recherche, Karlsruhe Institute of Technology – Examinatrice

M. Michael SCHERMAN, Ingénieur de recherche, ONERA – Co-encadrant de thèse

Mme. Brigitte TRETOUT, Directrice de recherche émérite, ONERA – Directrice de thèse

## **Résumé**

Les techniques de diagnostic laser, notamment de spectroscopie vibrationnelle, permettent de sonder les propriétés physico-chimiques de la matière. Parmi elles, la diffusion Raman anti-Stokes cohérente (CARS) exploite la réponse lumineuse produite par l'interaction de plusieurs photons excitateurs avec les modes de vibrations du milieu. L'analyse du spectre obtenu permet de remonter à des paramètres d'état du milieu tels que la composition, la concentration ou la température. Le diagnostic est alors non-invasif, sensible et spécifique chimiquement. Dans le cadre de cette thèse, nous explorons le potentiel du diagnostic CARS en régime hybride femtoseconde/picoseconde (fs/ps-CARS) appliquée à la microscopie de matériaux bidimensionnels et de la prévention des risques. La bonne résolution spectrale qu'offre ce diagnostic permet d'obtenir des signatures spectrales caractéristiques, avec un bon seuil de détectivité.

Un nouveau système de microscopie fs/ps-CARS a été assemblé, à partir d'un système laser existant. Les performances de ce système ont été caractérisées sur des échantillons de référence puis optimisées à l'aide de configurations optiques innovantes. Le diagnostic a ensuite été appliqué à trois familles d'échantillons. Nous avons d'abord étudié un nanomatériau bidimensionnel, le nitrure de Bore (BN), sous forme de micro-cristaux et de feuillets d'épaisseurs nanométriques. La réponse CARS intense a été analysée pour extraire une information caractéristique de l'épaisseur du feuillet et de la qualité de la maille cristalline. Puis la résolution spectrale du dispositif a été exploitée pour identifier et distinguer deux simili-explosifs, le 1,3-dinitrobenzène et le 2,4-dinitrotoluène, à de très faibles concentrations. Enfin, l'étude spectroscopique de souches de bactéries germées, *E. coli*, *B. subtilis* et cyanobactéries et d'un marqueur chimique des spores, l'acide dipicolinique, a été réalisée dans une perspective de détection et d'identification d'espèces pathogènes.

## **Mots clés**

Microscopie CARS, spectroscopie Raman, nitrure de bore, explosifs, bactérie, laser femtoseconde.