

PROPOSITION DE SUJET DE THESE

Intitulé : Spectromètre IR miniature couplant intelligence artificielle et composants nanophotonique pour l'identification de molécules et le suivi de processus chimiques.

Référence : **PHY-DOTA-2025-18**

(à rappeler dans toute correspondance)

Début de la thèse : A partir de Septembre 2025

Date limite de candidature : 01/07/2025

Mots clés

Nano-optique, plasmonique, nano-antennes, graphène, rayonnement infrarouge, contrôle de la lumière, électroluminescence, émission thermique, champ proche optique

Profil et compétences recherchées :

Ecole d'Ingénieur et/ou Master Recherche 2

Optique, nanophotonique, goût pour l'expérimental

Présentation du projet doctoral, contexte et objectif :

La détection et l'identification d'espèces chimiques est un enjeu majeur dans de nombreux domaines : protection de l'environnement, santé et médecine, sécurité et défense. Une technique intéressante pour l'identification et la quantification d'une espèce chimique est la spectroscopie infrarouge ; basée sur l'étude des absorptions caractéristiques des liaisons moléculaires, elle permet une étude fiable malgré un signal peu intense. Afin d'accroître sa sensibilité, des méthodes d'exaltation de l'absorption infrarouge à l'aide de nano-structures optiques ont été développées. C'est le cas de la SEIRA (Surface Enhanced Infrared Absorption) qui a été appliquée, dans nos travaux précédents, à la détection de nitroaromatiques [1] et a montré également la possibilité de suivi temporel de réactions chimiques même en présence de traces.

La thèse vise à concevoir, fabriquer et caractériser un spectromètre compact infrarouge utilisant des composants nanophotoniques pour la détection de molécules. Les objectifs incluent la conception et la simulation de composants nanophotoniques, leur fabrication et caractérisation, ainsi que l'intégration et les tests de ces composants dans un système de spectromètre miniature [1-2]. L'analyse des données et l'optimisation des performances du spectromètre seront également des aspects clés de la thèse. De plus, la thèse explorera l'utilisation de l'intelligence artificielle pour permettre d'une part une meilleure identification d'une molécule en se basant sur la réponse spectrale sur quelques sous-bandes spectrales, et d'autre part sur les possibilités de reconstruction spectrales [3-5].

La thèse représente une opportunité unique de travailler sur un projet de recherche innovant à l'interface entre la nanophotonique, la spectroscopie infrarouge, le traitement algorithmique et les applications potentielles dans divers domaines tels que l'environnement, la santé et la sécurité. Le projet va de la compréhension théorique et physique de composants, à leur démonstration expérimentale (fabrication, caractérisation) puis leur intégration dans un instrument miniature, autonome et à faible consommation énergétique et l'application à des cas concrets. La thèse devrait mener à la publication d'articles et aux dépôts de brevets protégeant les dispositifs et l'instrument final.

[1] Paggi et al., "Over-coupled resonator for broadband surface enhanced infrared absorption (SEIRA)", *Nature Communications* (2023).

[2] Langevin et al., "Experimental Investigation of the Thermal Emission Cross Section of Nanoresonators Using Hierarchical Poisson-Disk Distributions", *Physical Review Letters* (2024).

[3] Yao et al., "Intelligent nanophotonics: merging photonics and artificial intelligence at the nanoscale" *Nanophotonics* (2019).

[4] Gao et al., "Computational spectrometers enabled by nanophotonics and deep learning", *Nanophotonics* (2022).

[5] Xie et al., "Artificial Intelligence-Enhanced "Photonic Nose" for Mid-Infrared Spectroscopic Analysis of Trace Volatile Organic Compound Mixtures", *Advanced Optical Materials* (2024).

Collaborations envisagées Thèse :

C2N, IOGS

Laboratoire d'accueil à l'ONERA :

Département : Optique et Techniques Associées

Lieu (centre ONERA) : Palaiseau

Contact : Patrick Bouchon

Tél. : 0180386367

Email : patrick.bouchon@onera.fr

Directeur de thèse :

Nom : Patrick Bouchon

Laboratoire : DOTA

Tél. : 0180386367

Email : patrick.bouchon@onera.fr

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