

ECOLE DOCTORALE EEATS

Electronique, Electrotechnique, Automatique, Traitement du Signal

Proposition de thèse, avec financement propre, à démarrer en 2022-2023

Titre de la thèse:

«**Mise en œuvre de technologies miniaturisées de spectrométrie intégrée on-chip, pour les applications Haute Résolution Spectrale dans le SWIR : télécoms et monitoring de gaz à effet de serre** »

Laboratoire d'accueil :

**IPAG, équipe instrumentation « CHARM »
IMEP-LAHC, équipe photonique, « PHOTO »**

Spécialité de la thèse :

Optique - radiofréquences (OR)

Nature du financement :

Financement Projet Région – Pack Ambition Recherche (obtenu)

Contact pour candidater :

**Guillermo Martin
Institut de Planétologie et d'Astrophysique de Grenoble,
Université Grenoble Alpes,
Bât OSUG A (CS 40700)
38058 Grenoble Cedex 9
Tél: 04 76 63 52 76
guillermo.martin@univ-grenoble-alpes.fr**

Contexte de la thèse :

Ce projet adresse des thématiques scientifiques liées à la spectrométrie intégrée on-chip, avec comme applications principales : a) La Spectrométrie haute résolution pour les applications environnementales : Monitoring du CO₂ (in situ et embarquée) b) La métrologie Lasers Télécom (profils de raie d'émission, monitoring des réseaux télécom) et c) La mesure de contraintes par réflectométrie sur Fibres de Bragg. En spectrométrie, une multitude d'approches sont possibles : des réseaux dispersifs, des spectromètres à transformée de Fourier (FTS,) des réseaux de guides d'ondes (AWG). Les systèmes FTS mettent en œuvre des algorithmes d'étalonnage efficaces qui compensent la phase et les dégradations d'amplitude (plus de robustesse). Le FTS sur puce proposé ici repose sur le principe d'interférométrie d'onde stationnaire (SWIFTS). L'intérêt du SWIFTS est d'atteindre une très haute résolution spectrale grâce à

un système compact, léger et de faible dimension (typ. <10cm x 5cm x 1cm, détecteur inclus). Dans un SWIFTS, on génère à l'intérieur même du guide d'onde, un interférogramme d'onde stationnaire produit par deux ondes contra-propagatives : une directe, l'autre réfléchi sur un miroir en bout de guide d'onde. Ce motif d'interférence est alors diffracté vers le détecteur situé au-dessus du guide par un réseau de discontinuités diélectriques de taille nanométrique, sans aucune pièce mobile. Ce projet constitue une approche innovante et inspirée du SWIFTS Visible qui a permis la création de la start-up Resolution Spectra Systems, avec deux brevets UGA/CNRS, entreprise qui exploite et commercialise actuellement cette technologie, basée sur les guides d'onde fabriqués par Teem Photonics (partenaire de cette demande). Ainsi, suite aux travaux de R&D proposés ici, le concept industriel est transposable dans le SWIR (1000-2500nm).

Afin d'optimiser la sensibilité de l'instrument et étendre sa gamme spectrale, tout en gardant la haute résolution spectrale, nous proposons une approche innovante : l'utilisation d'un réseau de nano-émetteurs directionnels (antennes) en surface du composant, équivalent à un mini-réseau de diffraction, ce qui réduit le cône d'émission et concentre la totalité du flux diffracté vers un pixel unique du détecteur, rendant possible la mesure avec des détecteurs SWIR sans optique de relais (amélioration de l'efficacité de détection, supprimant la diaphonie produite par le signal capté par les pixels adjacents).

Objectifs de la thèse :

1. optimiser les méthodes de réalisation des antennes d'échantillonnage pour : a) atteindre une Haute Résolution Spectrale, $R > 10\,000$ ($\delta\lambda \ll 1\text{nm}$), b) couvrir une plage bande spectrale modérée ($\Delta\lambda \approx 60\text{nm}$) et c) augmenter le flux détecté (sensibilité). Pour cela, un travail sur la qualité de gravure des antennes, leur distribution sur une grande longueur, de façon bien régulière est indispensable.
2. développer notre capacité à assembler composant et détecteur, afin d'assurer un prototype complet de spectromètre robuste et monobloc en vue d'applications aéroportées.

Grâce à cette thèse, l'étudiant(e) pourra valider un concept de spectromètre dans un environnement opérationnel (en milieu extérieur pour la mesure de la colonne densité du CO_2), avec des fonctionnalités standard : résolution $R \sim 30000$ pour une longueur du dispositif de 12,8mm (512pixels de $25\mu\text{m}$) sur une bande spectrale de $\Delta\lambda = 60\text{nm}$. Idéalement, nous pourrions faire la démonstration d'un prototype de spectromètre en optique guidée en TRL 6, qui pourrait être industrialisé ensuite via la plateforme ioNext de Teem Photonics.

Compétences requises :

Étudiant(e) sortant d'une formation type M2 de Physique Recherche & Innovation, Physique Générale, Optique, Optoélectronique, Ecole d'Ingénieur (Sup Optique, Phelma, ...)

Étudiant(e) à profil plutôt expérimental, caractérisation optique, montage de bancs optiques, avec des connaissances en programmation (Python, Matlab, Mathcad...), logiciels de simulation, pilotage (Labview).

-Caractérisation de guides d'onde (propagation) sur lesquelles nous avons réalisé des nano-antennes (diffraction). Traitement des données, reconstruction du spectre par Transformée de Fourier inverse, méthodes d'inversion (Matrices Pseudo-Inverses), minimisation (moindres carrés).

-Modélisation des phénomènes de propagation et interférence du signal optique dans les guides d'onde et extrait de ceux-ci grâce aux plots diffusants.

Directeur(s) :

Guillermo Martin, MCF HDR EEATS, IPAG, 50%

guillermo.martin@univ-grenoble-alpes.fr

Alain Morand, MCF HDR EEATS, IMEP-LAHC, 50%

alain.morand@univ-grenoble-alpes.fr