

Spécialité de thèse : Electronique

Année universitaire 2019-2020

DIRECTEUR DE THÈSE : Laurent BECHOU (Professeur) – Université de Bordeaux – Encadrement : 30%
Courriel : laurent.bechou@u-bordeaux.fr

CODIRECTEUR DE THÈSE : Paul CHARETTE (Professeur) – Université de Sherbrooke (Québec, Canada) – Encadrement : 30%
Courriel : paul.g.charette@usherbrooke.ca

COENCADRANT : Simon JOLY (Maître de Conférences) – Université de Bordeaux – Encadrement : 40%
Courriel : simon.joly@u-bordeaux.fr

UNITÉS DE RECHERCHE : Laboratoire IMS (Groupe Ondes), UMR CNRS, Université de Bordeaux (France) - LN2 (Systèmes photoniques), UMI CNRS, Université de Sherbrooke (Québec, Canada)

TITRE DU SUJET DE THÈSE : Étude et réalisation d'un système photonique intégré à base de micro-résonateurs en anneau d'oxy-nitride de silicium pour la détection par spectroscopie d'absorption de polluants de l'eau

COLLABORATIONS SCIENTIFIQUES : Unité Mixte Internationale CNRS – Laboratoire Nanotechnologies et Nanosystèmes, Université de Sherbrooke (Québec) (www.usherbrooke.ca/ln2/fr/)
Créé en 2012, le LN2 regroupe du personnel du CNRS ainsi que du personnel de l'Université de Sherbrooke, établissement d'accueil au Canada. À l'interface du génie et de la physique, le LN2 a pour objectif de produire une recherche interdisciplinaire intégrée et sensible à l'impact sociétal, en conduisant des travaux dans le domaine des nanotechnologies et nanosciences. Les recherches menées adressent divers domaines : micro et nanoélectronique, MEMS, énergies renouvelables, électronique haute puissance et haute fréquence, bio détection, laboratoires sur puces et dispositifs quantiques. Depuis 2013, l'IMS entretient une collaboration active avec le LN2, en particulier dans le domaine des dispositifs pour la photonique et ses applications. Le LN2 détient une expertise reconnue dans la fabrication de guides optiques SiO₂ ou Si₃N₄ sur silicium. Elle prend appui sur 1600 m² de laboratoire en nanofabrication (dont ~ 500m² de salles blanches de classe 100) et en caractérisation au sein de l'Institut Interdisciplinaire pour l'Innovation Technologique (3IT) sous la responsabilité d'une équipe hautement qualifiée de techniciens et de professionnels de recherche, travaillant en synergie avec les chercheurs pour la réalisation de projets complexes en lien avec l'industrie.

⁽¹⁾ Indiquer la spécialité de thèse concernée :

- Astrophysique, Plasmas, Nucléaire
- Lasers, Matière, Nanosciences
- Automatique, Productique, Signal et Image, Ingénierie Cognitive
- Électronique
- Mécanique

Collège des écoles doctorales

École doctorale Sciences Physiques et de l'Ingénieur
N°209

DESCRIPTIF DU SUJET DE THÈSE : (1 page maximum)

Depuis 2012, en collaboration avec des partenaires académiques (LAAS, LPQM) et industriels (TECNALIA, AIRBUS, HEMERA), l'IMS a initié un programme de recherche ambitieux qui vise la conception et la réalisation d'un capteur fiable, sensible, portable, peu onéreux se basant sur les techniques de photonique intégrée. Il est dédié à la détection temps réel et sur site de polluants de l'eau tels que les métaux lourds ou pesticides, avec une vision de compromis entre performance et fiabilité du dispositif final. Ce projet bénéficie du soutien de l'Université de Bordeaux et du LabEx LAPHIA.

Ce travail de thèse, mené en cotutelle entre l'IMS (Bordeaux) et le LN2 (Sherbrooke), concerne la poursuite des travaux de développement du capteur en photonique intégrée, en se basant sur une transduction par résonateur optique en anneau (OMR), réalisé en oxynitride de silicium (SiON) sur substrat de Silicium. Le principe de détection dit « homogène » utilise l'interaction des molécules sondées avec la partie évanescente d'une onde guidée. L'originalité de cette approche consiste à mesurer, sans fonctionnalisation de l'OMR, les parties réelles (propagation) et imaginaires (coefficient d'absorption) de l'indice de réfraction du milieu environnant. Cette technique s'affranchit des étapes de chimie de surface et rend une utilisation à long terme possible en évitant l'effet de saturation. Plus particulièrement, les réactions dites colorimétriques sont privilégiées offrant une bonne sélectivité du capteur en raison de l'apparition d'un pic d'absorption spécifique, induit par la formation de complexe. Par exemple, la complexation entre un métal lourd et un ligand spécifique tel que le chrome hexavalent et le 1,5-diphénylcarbazine (Cr (VI) -DPC) présente un pic d'absorption à 540nm (thèse F. Meziane 2012-2015, IMS). De plus, cette approche permet d'envisager une grande variété de cibles dans l'eau en identifiant des ligands associés à des polluants spécifiques et reste conforme avec les exigences d'une application industrielle. L'utilisation du SiON constitue une alternative aux travaux sur polymères, qui sont actuellement conduits à l'IMS dans l'infrarouge (1550nm) mais qui présentent certaines limitations. De plus, le guidage s'effectuera dans le domaine du visible qui correspond au spectre d'absorption d'une large palette de polluants à détecter mais qui impose de travailler avec des guides de taille submicronique. Dans le cadre de cette thèse, les axes suivants seront privilégiés :

- Dimensionner le transducteur optique intégré complet, fonctionnant dans la gamme du visible, à base d'OMR en SiON sur substrat Si compatible avec une cellule microfluidique. La configuration retenue concerne un couplage vertical entre le guide d'accès et l'anneau. Proposée initialement par un autre partenaire de l'IMS (LPQM, ENS Paris), cette configuration est celle qui est actuellement utilisée pour des structures en polymère.
- Réaliser des simulations numériques du transducteur et exploiter le modèle analytique développé durant la thèse de Miguel Diez (2015-2018, IMS) pour une conception optimisée des OMR. Plus particulièrement, le dimensionnement des guides optiques (section optimale pour un taux de recouvrement garantissant la plus grande interaction entre le champ évanescent et l'analyte), du rayon des OMR (facteur de qualité) et de l'optimisation de la zone de couplage sera particulièrement étudié.
- Fabrication (LN2) et test des dispositifs optiques intégrés à l'IMS. Pour cela, le(a) doctorant(e) bénéficiera des bancs optiques de caractérisation optique couplé à un dispositif microfluidique de la plateforme OPERAS.

En fonction de l'avancement des travaux, des investigations pourront également porter sur la faisabilité de fabrication d'un transducteur multi voies/multi-longueurs d'onde comme solution à moyen terme qui composerait le cœur du capteur de spectroscopie d'absorption dans le visible. Ce travail pluridisciplinaire sera mené en collaboration étroite avec le groupe de P.G. Charette, en s'appuyant sur le haut niveau d'expérience du personnel de salles blanches du LN2/3IT. Le(a) doctorant(e) sera également accompagné(e) par une post-doctorante qui travaille actuellement sur la problématique d'intégration de ce type de transducteur en un système transportable.