



Sujet de thèse - 2019

Fibres Optiques Hybrides Verre Métal

Glass Metal Hybrid Optical Fibers

Unité de recherche : ICB, UMR 6303 CNRS-Université de Bourgogne Franche-Comté

Direction de thèse : Frédéric Smektala, Professeur, frederic.smektala@u-bourgogne.fr

Co-encadrants : F. Désévéday, B. Kibler, G. Gadret, JC. Jules, P. Mathey

Description du projet scientifique :

Le travail doctoral proposé porte sur de nouvelles fibres optiques hybrides verre métal, non linéaires et transparentes dans l'infrarouge. Il s'inscrit dans le cadre de l'ANR TRAFIC "*ElectRO-optically Actuated all-Fiber Components for advanced endoscopic system*", dont l'objectif est de développer des "Composants Electro-Optiques Fibrés pour Système Endoscopique Avancé".

L'ANR TRAFIC rassemble 4 laboratoires de recherche universitaires expérimentés (ICB, ICMCB, IRCER, XLIM) et la société KAMAX, dans un consortium pluridisciplinaire combinant science et ingénierie des matériaux, chimie des matériaux, optique non linéaire, et électro-optique, pour développer de nouvelles fibres optiques hybrides. Les partenaires académiques sont des leaders nationaux et comptent parmi les leaders internationaux de leur domaine. Il s'agit de l'ICB UMR CNRS, Laboratoire Interdisciplinaire Carnot de Bourgogne à Dijon où aura lieu la thèse; de l'ICMCB Institut de Chimie de la Matière Condensée de Bordeaux; de l'IRCER Institut de Recherche sur les Céramiques et de XLIM Laboratoire spécialiste notamment en électronique et hyperfréquences, optique et photonique, à Limoges. KAMAX, une start-up développant de nouveaux endoscopes polarimétriques pour applications médicales, est associée au projet notamment pour les applications des nouvelles fibres hybrides qui seront développées dans Trafic.

L'infrarouge est un domaine spectral offrant des perspectives d'applications novatrices très nombreuses plus particulièrement dans le domaine des sources fibrées large bande compactes et dans le domaine de l'analyse spectrale pour le contrôle environnemental, le diagnostic médical, l'identification biochimique. Le sujet est très dynamique au niveau international et les progrès réalisés ces dernières années sont remarquables. Le Groupe Verres Non Linéaires et Fibres Optiques Spéciales de l'équipe SLCO (Solitons Lasers et Communications Optiques) à l'ICB, au sein duquel se déroulera la thèse, est un acteur du domaine reconnu au niveau international, et régulièrement lauréat d'appel d'offres compétitifs (ANR Internationale, ANR PRC, Programme I-Site BFC).

Le projet TRAFIC vise donc à développer une classe originale de matériaux vitreux infrarouges non linéaires pouvant être mis en forme à des températures compatibles avec d'autres matériaux, métalliques par exemple, et pouvant constituer des dispositifs permettant de mettre en œuvre des applications optiques non linéaires et électriques

originales. La principale application visée pour ces nouvelles fibres est l'endoscopie et la microspectroscopie Electro-CARS (Spectroscopie Raman Anti-stokes Cohérente) pour améliorer la qualité, la sensibilité, la rapidité des diagnostics d'échantillons biologiques ou chimiques.

La recherche doctorale proposée à l'ICB consistera à étudier le développement de verres de tellurite, matrice de base de ces nouvelles fibres, notamment du point de vue de leur qualité optique, par la purification des matériaux de départ et l'optimisation des procédés de fabrication des verres et d'étirage des fibres optiques. Ce travail s'appuiera sur les équipements de caractérisations disponibles sur place ou chez les partenaires du projet : spectroscopie Visible-IR, MEB, ATD-DSC, DRX, Raman, RMN, RPE, XPS...On s'intéressera notamment à la mesure des indices de réfraction des verres entre 1.7 et 2.5 μm à l'aide d'un dispositif spécifique développé à l'ICB.

Ces verres seront ensuite associés à des électrodes métalliques au sein de préformes présentant des propriétés opto géométriques variées. Il s'agira de préformes cœur gaine à saut d'indice ou à gradient d'indice de différents diamètre de cœur, présentant éventuellement plusieurs cœurs ou encore des profils d'indices paraboliques, avec un éventail d'ouvertures numériques, et intégrant une à plusieurs électrodes métalliques positionnées le long du cœur de la préforme. Ce travail d'ingénierie des matériaux consistera à maîtriser la fabrication de ces préformes hybrides et leur étirage en fibres optiques monomodes ou multimodes en assurant la qualité optique du cœur de la fibre et la continuité électriques des électrodes. Différentes études seront menées : nature du métal utilisé, interface verre-métal, diamètre des électrodes, procédé d'assemblage de la préforme etc...

Les propriétés optiques et électriques des fibres obtenues seront ensuite caractérisées en détail : transmission spectrale, atténuation, dispersion, non linéarité, génération d'effets non linéaires, supercontinuum, conduction électrique, spectroscopie d'impédance, effet de la température etc...

Une fois caractérisées, les fibres seront utilisées notamment dans des expériences de spectroscopie électro-CARS. Il est important de préciser qu'une source laser fibrée large bande accordable dans l'IR et capable de délivrer simultanément un signal électrique est un dispositif innovant qui ouvre des possibilités de détection pour une grande variété d'espèces chimiques par spectroscopie Electro-CARS. Actuellement, aucun endoscope utilisant à la fois des ondes électriques et optiques n'a été mis en œuvre. Or, comme l'a démontré notre partenaire XLIM, le signal CARS est fortement amplifié lorsqu'il est associé à un champ électrique, car la stimulation électrique permet une orientation moléculaire facilitant l'identification et la discrimination moléculaire. C'est tout l'enjeu du projet TRAFIC.

Connaissances et compétences requises :

- M2 ou Ingénieur en Matériaux, Physique, Physico-Chimie, Chimie.
- Bases en physico-chimie des matériaux.
- Bases d'optique guidée et d'optique non linéaire
- Maîtrise suffisante de l'anglais (bibliographie en anglais, rédaction d'articles scientifiques).

Toutes les connaissances pratiques nécessaires à la synthèse des verres et à l'étirage des fibres optiques seront acquises sur place pendant les deux premiers mois de thèse.

Financement ANR : 1768 € brut/mois

<https://icb.u-bourgogne.fr/equipe/frederic-smektala/>

<https://icb.u-bourgogne.fr/>