

OFFRE DE COTUTELLE DE THÈSE

Université Laval (Québec, Canada) – Université de Bordeaux (France)

Relation structure-propriétés et mise en forme de verres infrarouges germano-gallates pour l'optique non linéaire et les lasers

(English version follows)

Contexte scientifique

Dans le cadre d'un programme de recherche conjoint entre l'Université de Bordeaux et l'Université Laval, les laboratoires ICMCB à Bordeaux et le COPL à Québec proposent un financement de thèse en cotutelle France-Canada.

Le projet de recherche s'inscrit dans le domaine des **nouveaux matériaux fonctionnels pour l'infrarouge pour la photonique intégrée**. L'enjeu pour le développement de la photonique est de rechercher des matériaux et structures intégrées permettant d'éviter toute propagation dans l'air. En effet, la propagation en espace libre nécessite des réajustements et réalignements constants et coûteux des systèmes optiques et limite donc leur utilisation à des environnements dédiés. Il s'agit donc de découvrir de nouveaux matériaux transparents dans l'infrarouge pour la propagation et le traitement de la lumière au sein de structures photoniques monolithiques robustes. Le projet visera à développer des nouveaux matériaux mais également des compositions compatibles avec des techniques de mise en forme et de nano- et micro-structuration. Des fonctionnalités optiques ou magnéto-optiques à la base des systèmes lasers seront explorées. Cette thématique de recherche, portant sur l'intégration et la miniaturisation des fonctions optiques, a vocation à toucher de plus en plus de domaines économiques tels que les télécommunications, la quantique, la sécurité et la santé.

Le programme de thèse s'intègre dans le cadre d'un IRP (International Research Project) et permet au CNRS et à l'Université de Bordeaux, côté français, de collaborer avec l'université Laval et l'INRS, côté canadien. L'IRP offre un cadre institutionnel pour favoriser l'initiation de projets de recherche ambitieux entre les partenaires et la mobilité internationale. Le projet s'inscrit également dans le cadre d'un programme européen RISE dont le COPL au Québec est le partenaire principal, ce qui permet de financer la mobilité des chercheur.e.s et doctorant.e.s vers le Québec.

<https://laphia.labex.u-bordeaux.fr/Ecosysteme/Partenaires-Internationaux/LIA-LUMAQ/r1149.html>

Description du projet de recherche

Le projet de thèse vise à développer une nouvelle génération de verres fonctionnels transparents sur une large fenêtre de transparence allant du visible jusqu'au moyen infrarouge (jusqu'à 6 μm) et des matériaux vitreux structurés présentant des propriétés optiques non-linéaires et/ou

magnéto-optiques. Le programme comporte la définition des compositions, la mise en forme des matériaux et leur étude.

La transmission aux grandes longueurs d'onde dans les verres est limitée par l'absorption multiphonon des composés. Plus les éléments sont lourds, plus l'énergie de phonons est basse, et par conséquent, plus la coupure multiphonon est repoussée dans l'infrarouge. Les matrices de verres germanate et gallate permettent d'étendre la fenêtre de transmission des matériaux de type oxyde jusqu'au moyen IR à 6 μm , ce qui permet d'étendre le champ d'utilisation pour des applications de capteurs chimiques, ou encore, dans le domaine de la santé. Le consortium franco-québécois a démontré au cours des dernières thèses dans le domaine que l'introduction d'ions terre rare comme le lanthane ou l'yttrium ouvrirait une large fenêtre de compositions pour le fibrage.

Les systèmes vitreux germanates et gallates autorisent l'incorporation de larges concentrations de cations comme des ions terre rare tels que le gadolinium ou le terbium afin d'accéder à des propriétés magnéto-optiques originales. Un travail important de synthèse (thermodynamique des systèmes, diagrammes de phases, technique de microscopie électronique et optique) et de caractérisations physicochimiques sera nécessaire afin de déterminer les compositions vitreuses les plus prometteuses selon les cations introduits. La compatibilité de ces compositions avec les techniques de purification devra être validée. Il s'agira également d'analyser la structure des verres obtenus afin de comprendre la particularité des verres germanates ou gallates autorisant l'introduction de fortes concentrations d'ions terre rare. La conjonction des expertises à Bordeaux et à Québec permettra de proposer une étude complète de la fabrication (synthèse et mise en forme) à l'étude des propriétés magnéto-optiques ou d'optique non-linéaire. Des méthodes d'étirage de multi-feuillés vitreux seront développées afin de combiner propriétés optiques et magnéto-optiques et de proposer des solutions originales d'intégration des matériaux. La photosensibilité des matériaux sera explorée pour structurer et imprimer en trois dimensions les propriétés optiques et magnétiques.

Durée de la thèse

3 ans (18 mois à l'Université de Laval et 18 mois à l'Université de Bordeaux)

Laboratoires d'accueil

Lors de son séjour en France, la recrue intégrera l'équipe « chimie et photonique des matériaux oxydes et fluorures » de l'Institut de Chimie de la Matière Condensée de Bordeaux (ICMCB UMR 5026).

À l'université Laval, les travaux de recherche se tiendront dans les laboratoires du Prof. Younès Messaddeq au [Centre d'optique, de photonique et de laser \(COPL\)](#), situé au pavillon d'optique-photonique. En plus de bénéficier des installations de pointe, la recrue intégrera une équipe de recherche à l'expertise diversifiée, pour un environnement de formation exceptionnel. La supervision de la recherche sera assurée par un postdoctorant, en plus du chercheur principal.

Responsables Scientifiques

ICMCB Dr. [Thierry Cardinal](#) – [Sylvain Danto](#)
COPL Pr. [Younès Messaddeq](#)

Aspects développés au cours du projet

- Synthèse de nouvelles compositions de verres d'oxydes lourds et purification des matériaux
- Etirage et fibrage de matériaux pour l'infrarouge et le moyen infrarouge
- Caractérisations physico-chimiques et structurales (Raman, RMN, PDF, luminescence, AFM)
- Microscopies électroniques (MEB, TEM, EDS, Auger)
- Caractérisation optique, magnétique et magnéto-optique

Profil recherché

Nous sommes à la recherche d'un.e étudiant.e motivé.e, titulaire d'un diplôme de baccalauréat et de maîtrise en chimie, génie chimique, physique, génie physique ou dans une discipline connexe, avec un excellent dossier académique. La personne retenue devra démontrer du leadership et de bonnes capacités de communication orale et écrite (français, anglais). Elle sera intéressée par une expérience d'immersion à l'Université de Bordeaux. Des compétences en synthèse inorganique, en mesure des propriétés optiques des matériaux et dans le domaine de la mise en forme sont des atouts.

Candidatures

- Lettre de recommandation
- Lettre de motivation
- Curriculum vitae
- Relevés de notes

Pour soumettre votre candidature ou pour obtenir de plus amples informations, veuillez contacter Ph.D. Théo Guérineau à l'adresse suivante : theo.guerineau.1@ulaval.ca.

Date limite pour déposer votre candidature : 23 juin 2022

Seules les candidatures retenues seront contactées.

OFFER OF COTUTELLE THESIS

Université Laval (Québec, Canada) – Université de Bordeaux (France)

Structure-properties relationship and shaping of germano-gallate infrared glasses for nonlinear optics and lasers

Scientific background

Within the framework of a joint research program between the Université de Bordeaux and the Université Laval, the ICMCB laboratories in Bordeaux and the COPL in Quebec City are offering funding for a PhD thesis under a France-Canada cotutelle.

The research project is in the field of **new functional materials for integrated infrared photonics**. For the development of photonics, the challenge is to find materials and integrated structures that avoid any propagation in the air. Indeed, propagation in free space requires constant and costly readjustments and realignments of optical systems and thus limits their use to dedicated environments. The aim of the project is to discover new transparent materials in the infrared for the propagation and handling of light within robust monolithic photonic structures. The project will aim at developing new materials but also compositions compatible with shaping and nano- and micro-structuring techniques. Optical or magneto-optical functionalities at the basis of laser systems will be explored. This research theme, which focuses on the integration and miniaturization of optical functions, is intended to affect more and more economic fields such as telecommunications, quantum photonics, security and health.

The thesis program is part of an IRP (International Research Project) and allows the CNRS and the Université de Bordeaux, on the French side, to collaborate with Université Laval and INRS on the Canadian side. The IRP provides an institutional framework to promote the initiation of ambitious research projects between partners and international mobility. The project is also part of a European RISE program in which the COPL in Quebec is the main partner, which allows to finance the mobility of researchers and PhD students to Quebec.

<https://laphia.labex.u-bordeaux.fr/Ecosysteme/Partenaires-Internationaux/LIA-LUMAQ/r1149.html>

Research project

The thesis project aims at developing a new generation of functional glasses with a wide transparency window from visible to mid-infrared (up to 6 μm) and structured glass materials with non-linear and/or magneto-optical properties. The program includes the definition of compositions, the shaping of materials and their study.

The transmission at long wavelengths in glasses is limited by the multiphonon absorption of the compounds. The heavier the elements, the lower the phonon energy, and therefore the more the multiphonon cutoff is pushed towards the infrared. The germanate and gallate glass arrays extend

the transmission window of the oxide materials to the mid-IR at 6 μm , which extends the field of use for chemical sensor applications, or in the health sector. Moreover, the Franco-Quebec consortium has demonstrated during the last theses in the field that the introduction of rare earth ions such as lanthanum or yttrium opens a large window of compositions for fiberization.

Germanate and gallate glass systems allow the incorporation of large concentrations of cations such as rare earth ions like gadolinium or terbium in order to achieve original magneto-optical properties. An important work of synthesis (thermodynamics of the systems, phase diagrams, electronic and optical microscopy techniques) and physicochemical characterizations will be necessary to determine the most promising glassy compositions according to the introduced cations. The compatibility of these compositions with the purification techniques will have to be validated. It will also be necessary to analyze the structure of the glasses obtained in order to understand the particularity of germanate or gallate glasses allowing the introduction of high concentrations of rare earth ions. The combination of expertise in Bordeaux and Quebec City will allow us to propose a complete study of the fabrication (synthesis and shaping) to the study of the magneto-optical or non-linear optical properties. Stretching methods for glassy multilayers will be developed in order to combine optical and magneto-optical properties and to propose original solutions for material integration. The photosensitivity of materials will be explored to structure and print in three dimensions optical and magnetic properties.

Duration of the thesis

3 years (18 months at Université Laval and 18 months at Université de Bordeaux)

Home / host laboratories

During her/his stay in France, the recruit will integrate the "chemistry and photonics of oxide and fluoride materials" team of the Bordeaux Institute of Condensed Matter Chemistry (ICMCB UMR 5026).

At université Laval, the research work will take place in the laboratories of Prof. Younès Messaddeq at the Centre d'optique, photonique et laser (COPL), located in the Optics-Photonics building. In addition to benefiting from state-of-the-art facilities, the recruit will join a research team with a wide range of expertise, which will provide an exceptional training environment. The research will be supervised by a postdoctoral fellow in addition to the principal investigator.

Supervisors

ICMCB Dr. [Thierry Cardinal](#) – [Sylvain Danto](#)
COPL Pr. [Younès Messaddeq](#)

Acquisition of scientific knowledge

- Synthesis of new heavy oxide glass compositions and purification of materials
- Drawing and fiberization of materials for infrared and mid-infrared

- Physico-chemical and structural characterization (Raman, NMR, PDF, luminescence, AFM)
- Electron microscopies (SEM, TEM, EDS, Auger)
- Optical, magnetic and magneto-optical characterization

Applicant's profile

We are looking for a motivated student with a bachelor's or master's degree in chemistry, chemical engineering, physics, engineering physics or a related discipline, with an excellent academic record. The successful candidate will demonstrate leadership and good oral and written communication skills (French, English). He/she will be interested in an immersion experience at the Université de Bordeaux. Skills in inorganic synthesis, measurement of optical properties of materials, and forming are assets.

Submit your application

- Letter of referee
- Letter of motivation
- Curriculum vitae
- Transcripts

To apply or to get further information, please feel free to contact Ph.D. Théo Guérineau at: theo.guerineau.1@ulaval.ca.

Application Deadline: June 23, 2022

Only successful applicants will be contacted.