

Peigne de fréquence intégrée proche et moyen-infra-rouge

Stage Master 2, débutant en Février 2024

Laboratoire : Institut des Nanotechnologies de Lyon, Ecole Centrale de Lyon

Encadrants : Christian. Grillet, Christelle Monat,

Contact : christian.grillet@ec-lyon.fr

Mots clefs: Nanophotonique, Optique intégrée, Optique non-linéaire sur puce, moyen infra-rouge, intégration hybride, Interband Cascade Laser, peigne de fréquence

Contexte, positionnement:

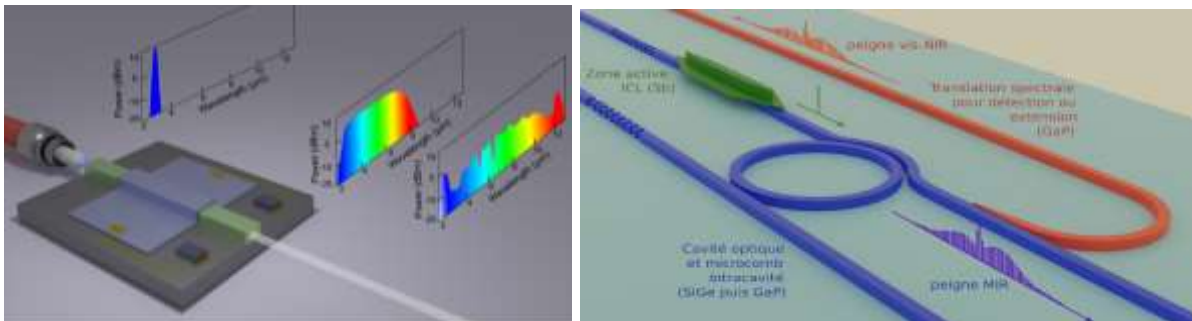
Le Moyen Infra-rouge (MIR_région couvrant la gamme de longueur d'onde $3\ \mu\text{m}$ à $15\ \mu\text{m}$) suscite un intérêt considérable dans la communauté scientifique et technologique. Une caractéristique notable du MIR réside dans le fait que la plupart des composés chimiques et biologiques qui ont trait à notre santé, notre sécurité, notre environnement, ont une forte signature spectrale dans le moyen infrarouge. Le MIR offre donc logiquement des opportunités uniques pour le développement de technologies à fort impact sociétal (applications capteurs, défense, sécurité industrielle, environnementale...) et fondamental (chimie, biologie, astrophysique...).

De nombreux acteurs de la scène nanophotonique investissent massivement dans cette thématique aussi bien aux USA (Air Force research lab, Harvard, UCLA, Princeton MIRTHE, IBM, Cornell etc...), en Australie (ANU, RMIT, Macquarie, Adelaide...) et en Europe (University of Surrey, University of St Andrews, Ghent/IMEC, EPFL) et en France (C2N, XLIM, Rennes, IES Montpellier, FEMTO, ICB...). Il est à noter le rôle moteur du consortium INL/LETI dans l'émergence de cette thématique en France.

Verrous / objectifs visés par le stage

Malgré son potentiel reconnu, les technologies MIR restent encore limitées dans leurs éventails d'applications, et ce en grande partie à cause de l'encombrement des dispositifs MIRs (les composants optiques opérant dans cette gamme de longueur d'onde ont longtemps été restreints à des composants discrets opérant en espace libre, et à de simples guides passifs, généralement à base de fibres multimodes en chalcogénure) et des coûts prohibitifs des instruments utilisés dus au manque de dispositifs optiques MIR compacts.

Pour répondre aux limitations des technologies MIRs, notre stratégie s'appuie sur le développement d'une photonique intégrée MIR, impliquant la miniaturisation de composants optiques et leur intégration sur un substrat planaire en Ge, SiGe, GaP et/ou lithium Niobate matériaux transparents dans la gamme MIR et hautement nonlinéaires (cf image).



Dans le chemin qui mène à la réalisation de puce optique MIR, le projet de l'étudiant se concentrera sur l'un des enjeux fondamentaux du MIR intégré, à savoir les sources et leur intégration dans un circuit optique. Nous exploiterons les propriétés non linéaires remarquables du Silicium germanium, du SiN (en partenariat avec le CEA-LETI), du lithium de Niobate (en partenariat avec le RMIT

Melbourne), du GaP (en partenariat avec FOTON) à ces hautes longueurs d'onde et l'exploitation de processus paramétriques pour générer de la lumière sur une très large bande spectrale (couverture de la gamme 2-8 μm). Il s'agira ici de développer i) des sources accordables sur une large bande spectrale (basées sur de la conversion en longueur d'onde) ii) des « supercontinuum » et iii) des sources multispectrales ou « **COMBs** ».

L'étudiant pourra intervenir à toutes les étapes du projet depuis la conception des dispositifs (outils de modélisation électromagnétique FEMSIM, FDTD, Schrodinger non linéaire), la fabrication des dispositifs par procédés salles blanches via la plateforme de nanotechnologie NANOLYON de l'INL (nanolithographie, gravures...) et leur caractérisations optiques linéaires et nonlinéaires.

Encadrement scientifique et collaborations

L'étudiant sera accueilli au sein de l'équipe ILUM de l'INL site ECL et bénéficiera des ressources et de l'expertise de l'INL en photonique silicium, moyen infra-rouge et optique non linéaire (C. Grillet, C. Monat) que ce soit en terme de conception des dispositifs (l'étudiant s'appuiera sur l'expertise théorique et numérique de l'INL ainsi que des outils de simulation électromagnétiques disponibles au sein de l'INL) que sur les aspects technologies et fabrication salle blanche pour la réalisation des premiers démonstrateurs de base.

L'étudiant sera amené à interagir avec nos partenaires du CEA-LETI, nos collaborateurs dans les projets ANR MIRthFUL (XLIM) et OFCOC (FOTON, C2N, IES), nos collaborateurs internationaux membre du LIA ALPhFA (International Associated Laboratory in Photonics between France and Australia) RMIT, Swinburne, Université de Sydney, ANU, Macquarie et du soutien de nombreux partenaires industriels (Thales, 3d oxides...).

Compétences développées au cours de ce stage et perspective professionnelle

Le candidat devra posséder une solide formation en physique et optique avec un gout prononcé pour les aspects fabrication, expérimentaux et caractérisation.

L'étudiant sera amené à développer la palette complète des compétences « nanophotonique / nanotechnologie », depuis la **conception des dispositifs** (simulation et design de microcomposants optiques, FDTD-Finite difference time domain, Bandsolve-calcul de structures de bandes, BPM-Beam propagation method, FEMSIM-finite element method) et leur intégrations dans un circuit, **la fabrication de ces composants dans des environnements salle blanche** (lithographie électronique, gravure chimique et gravure sèche), leur **caractérisation** (au sein d'un banc optique complet-couplage par la tranche, micro réflectivité, optique de Fourier, caractérisation non linéaire, laser pulsé, processus paramétriques- que l'étudiant aura contribué à concevoir et déployer) et le **traitement des données**.

Le stage sera gratifié et pourra commencer en Février 2024.

Le stage pourra déboucher sur un financement de thèse, via des financements:

- Cotutelles France Australie via le programme Marie-Curie AUFRANDE (<https://eclausion.ec-lyon.fr/>)
- projet OFCOC (Optical Frequency Combs on a Chip) en lien étroit avec le CEA-LETI, FOTON, C2N, IES.