

PROPOSITION DE THESE EN NANOPHOTONIQUE :

MICROLASERS « AGILES » POUR LA PHOTONIQUE INTEGREE

Laboratoire : Institut des Nanotechnologies de Lyon, Ecole Centrale de Lyon (<http://inl.cnrs.fr>)

Directeur de thèse :

Xavier Letartre (Xavier.letartre@ec-lyon.fr)

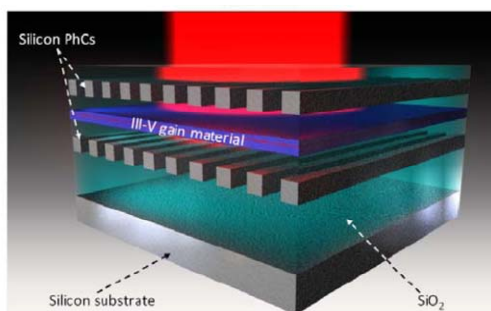
Composition de l'équipe encadrante :

Jean-Louis Leclercq, Christelle Monat, Philippe Regreny, Christian Seassal, Pierre Viktorovitch,

Mots-clé : Nanophotonique, microlasers, convergence photonique/électronique

L'association de l'électronique et de la photonique participe d'une évolution des systèmes de transport et de traitement de l'information. Elle a été avant tout motivée par l'augmentation des débits de données et s'est progressivement imposée à des communications de plus en plus courtes. Les bandes passantes nécessaires au transport (et au traitement) de ces flux requièrent en effet l'exploitation d'une porteuse très haute fréquence qui ne peut être offerte que par l'optique. Depuis l'introduction de la fibre optique dans les communications longues distances, le photon s'intègre dans les systèmes à des échelles de plus en plus petites et on cherche clairement aujourd'hui à intégrer l'optique directement sur les puces CMOS. Il a fallu cependant tous les développements récents de la micro-nano-photonique pour que les dimensions des composants d'optique intégrée deviennent compatibles avec celles des circuits électroniques et donnent lieu aux premières démonstrations industrielles [1]. Il faut aussi noter que l'introduction de la photonique sur les puces CMOS peut répondre à d'autres besoins que le transport d'informations puisqu'elle permet d'augmenter les fonctionnalités des systèmes intégrés, par exemple en associant capteurs optiques et circuits de commande et de traitement de l'information.

L'INL, en forte interaction avec le CEA-LETI, participe depuis plus de 10 ans à cette évolution et a produit dans le domaine des résultats de tout premier plan, notamment dans le cadre de plusieurs projets nationaux et européens. Cette collaboration a permis, dès les années 2000, l'intégration de sources de lumière sur une plateforme photonique silicium. Plus récemment, ces 2 partenaires ont démontré la possibilité d'intégrer, dans un environnement CMOS, des microlasers d'un nouveau type : les VCSELs à cristaux photoniques [2-5].



Schématiquement (voir figure), le microlaser réalisé est constitué d'un matériau à gain (semi-conducteurs III-V) inséré entre deux miroirs à cristaux photoniques (CP) fabriqués en silicium, formant ainsi une cavité verticale. Ce type de micro-sources présente un grand nombre d'avantages: confinement tridimensionnel des photons, faible encombrement, contrôle des propriétés (longueur d'onde, polarisation,...) par la géométrie des miroirs CP. L'architecture inédite de ces dispositifs autorise en outre la réalisation d'une large palette de fonctionnalités, avec notamment la possibilité

de collecter la lumière directement par la surface dans l'espace libre ou dans une fibre optique, mais également au cœur de la puce en la couplant à des micro-guides silicium, tout en maîtrisant à volonté la longueur d'onde d'émission par la seule vertu de la lithographie du silicium.

L'architecture décrite plus haut ouvre la voie à de nombreuses fonctionnalités ardemment recherchées en photonique intégrée. Il s'agit, par le seul contrôle des propriétés opto-géométriques des miroirs CP, de maîtriser à souhait et de façon dynamique les caractéristiques spectro-spatiales des microlasers, conférant ainsi aux circuits photoniques une agilité nécessaire à leur reconfigurabilité. On peut par exemple imaginer des configurations où une simple commande électrique pourra contrôler la longueur d'onde du laser mais aussi sa direction d'émission (en espace libre ou guidé).

L'objectif de la thèse sera de mettre en place les briques conceptuelles et technologiques permettant d'obtenir ces fonctionnalités. Des dispositifs démonstrateurs seront réalisés et testés à l'INL puis pourront faire l'objet d'un transfert dans un environnement CMOS au CEA-LETI.

L'étudiant sera accueilli au sein de l'équipe Nanophotonique de l'INL site ECL et bénéficiera des ressources et de l'expertise de l'INL en nanophotonique, photonique silicium et microlasers, que ce soit en termes de conception des dispositifs (l'étudiant s'appuiera sur des outils de simulation électromagnétiques disponibles au sein de l'équipe) ou sur les aspects technologiques (fabrication en salle blanche des démonstrateurs sur la plateforme NANOLYON). La plateforme de caractérisation électro-optique de l'INL permettra la validation des concepts proposés. L'environnement collaboratif du projet (avec une autre équipe de l'INL et avec le CEA-Leti) demandera à l'étudiant de cultiver, outre ses compétences techniques et scientifiques, des aptitudes à la communication, au travail en équipe et la gestion de projet.

Le sujet se situe clairement à l'« amont de l'aval », c'est-à-dire qu'il mettra en place des concepts avancés de la Nanophotonique tout en visant des applications bien identifiées. Les perspectives d'avenir pour l'étudiant, au sortir de sa thèse, sont donc variées, avec la possibilité de poursuivre une carrière académique dans un laboratoire de la photonique ou d'intégrer une filière industrielle, par exemple dans le domaine de la microélectronique.

Détenteur d'1 master de Physique ou d'Ingénierie, le candidat devra posséder de solides connaissances en électromagnétisme et montrer de l'appétence à la fois pour les études théoriques et pour les travaux expérimentaux.

[1] <http://optics.org/indepth/3/2/4>

[2] III-V-on-Si Photonic Crystal Vertical-Cavity Surface-Emitting Laser Arrays for Wavelength Division Multiplexing, C. Sciancalepore et al., IEEE PHOTONICS TECHNOLOGY LETTERS 25(12), 1111 (2013)

[3] Thermal, Modal, and Polarization Features of Double Photonic Crystal Vertical-Cavity Surface-Emitting Lasers, C. Sciancalepore et al., IEEE PHOTONICS JOURNAL 4(2), 399 (2012)

[4] CMOS-Compatible Ultra-Compact 1.55- μ m Emitting VCSELs Using Double Photonic Crystal Mirrors, C. Sciancalepore et al., IEEE PHOTONICS TECHNOLOGY LETTERS 24(6), 455 (2012)

[5] Quasi-3D Light Confinement in Double Photonic Crystal Reflectors VCSELs for CMOS-Compatible Integration, C. Sciancalepore et al., JOURNAL OF LIGHTWAVE TECHNOLOGY 29(13), 2015 (2011)