

# Spécialité de Master « Optique, Matière, Plasmas »

## Stage de recherche (4 mois minimum, à partir de début mars 2012)

### Proposition de stage pour l'année 2010-2011

Date de la proposition : Octobre 2011

<b>Responsable du stage / internship supervisor:</b>			
Nom / name:	<b>Colombelli</b>	Prénom/ first name :	<b>Raffaele</b>
Tél :	01 69157865	Fax :	01 69154115
Courriel / mail:	<a href="mailto:raffaele.colombelli@u-psud.fr">raffaele.colombelli@u-psud.fr</a>		
<b>Nom du Laboratoire / laboratory name: Institut d'Electronique Fondamentale</b>			
Code d'identification : UMR8622		Organisme : Université Paris Sud et CNRS	
Site Internet / web site: <a href="http://pages.ief.u-psud.fr">http://pages.ief.u-psud.fr</a> et aussi <a href="http://pages.ief.u-psud.fr/~colombel/index.htm">http://pages.ief.u-psud.fr/~colombel/index.htm</a>			
Adresse / address: Université Paris Sud, 91405 Orsay			
Lieu du stage / internship place: <b>Institut d'Electronique Fondamentale - Orsay</b>			

<b>Titre du stage / internship title: THz nanolaser: vers l'unification de optique et électronique</b>
--

<b>Résumé / summary</b>
-------------------------

Toute résonateur optique est limité à une dimension minime régie par la longueur d'onde, cette limite inférieure étant en générale  $\lambda/2$ . Au contraire, une des caractéristiques des oscillateurs électroniques est leur indépendance de  $\lambda$ : leur fréquence d'oscillation est fixée par des paramètres comme résistance, inductance, capacité. Le but de ce stage est de libérer les oscillateurs optiques des limites imposées par la longueur d'onde, en démontrant un laser *hybride* dont la taille peut être fixée arbitrairement. Il sera un hybride entre optique et électronique.

La gamme spectrale idéale pour ce projet est le THz (1-10 THz), car elle se trouve entre les fréquences optiques (c.a.d. dispositifs photoniques) et les radio- et micro-ondes (c.a.d. dispositifs électroniques). Les lasers à cascade quantique (QC) couvrent cette gamme spectrale. Ils sont des lasers à semiconducteurs à injection électrique qui fonctionnent sur un principe différent de celui des diodes lasers: dans les lasers QC la lumière est émise lorsque les électrons font un «saut quantique» entre les niveaux d'un système à puits quantiques multiples. La possibilité de concevoir quasi arbitrairement ces puits quantiques permet aux lasers QC de couvrir la difficile gamme spectrale du THz [1]. De plus, ces lasers - constitués d'heterostructures semiconductrices de GaAs/AlGaAs – utilisent des guides d'ondes comportant un double revêtement de métal [2]. Ce type de guides - utilisées en raison des faibles pertes optiques - permettent déjà de confiner la lumière d'une façon extrême, jusqu'à des volumes petits par rapport à la longueur d'onde [3,4]. Le confinement extrême de la lumière est un sujet en expansion, avec applications possibles aux dispositifs lasers, à l'exaltation de l'émission spontanée, jusqu'à l'étude d'effets subtils comme l'effet Purcell.

Ce stage – qui est à la fois théorique et expérimental – se focalisera sur le développement d'un "nano-laser THz" dont la taille n'est pas limitée par la longueur d'onde. L'équipe d'accueil a très récemment développé un résonateur hybride optique-électronique qui permet de battre cette limite fondamentale.

La première étape du stage consistera en une étude théorique/numérique d'identification des facteurs qui déterminent le fonctionnement des lasers avec de dimensions sub-longueur-d'onde. Notamment, la question des facteurs de qualité radiatifs – qui deviennent le facteur limitant - sera approfondie. Des premières structures passives sont déjà en cours de fabrication et le stagiaire aura la possibilité de les caractériser, et de comparer avec ses simulations. Il s'agira après de développer les structures actives, c.a.d. avec une région active laser à l'intérieur, et d'étudier les caractéristiques optiques et électriques de ces dispositifs. Des caractérisations en champ proche seront menées.

**Techniques utilisées :** Le stagiaire développera des compétences à l'état de l'art en termes de modélisation électromagnétique de nano/micro-résonateurs, physique et technologie des dispositifs à semiconducteurs, spectroscopie à transformée de Fourier, caractérisations électriques et optiques des composants optoélectroniques, modélisation du confinement quantique.

**Qualités du candidat requises :** Des connaissances de base en optique, physique des semiconducteurs et hétéro-structures quantiques.

**Références :**

- [1] R. Kohler, et al., « Terahertz semiconductor-heterostructure laser », Nature **417**, 156 (2002).
- [2] C. Unterrainer, et al., « QCLs with Double Metal-Semiconductor Waveguide Resonators », Appl. Phys. Lett. **80**, 3060 (2002).
- [3] Y. Chassagneux, et al., "THz microcavity lasers with sub- $\lambda$  mode volumes ...", Appl. Phys. Lett. **90**, 091113 (2007).
- [4] C. Walther et al., "Microcavity Laser Oscillating in a Circuit-Based Resonator", Science **327**, 1495 (2010).

<b>Ce stage pourra-t-il se prolonger en thèse ? Possibility of a PhD ? : OUI</b>			
<b>Si oui, financement de thèse envisagé/ financial support for PhD: Bourse cofinancée, bourse ministère</b>			
Lasers et matière	<b>X</b>	Lumière, Matière : Mesures Extrêmes	
Optique de la science à la technologie	<b>X</b>	Physique des plasmas	