

# Soutenance HDR

**Mercredi 31 Mai 2017 à 10h30**  
**C2N, Site d'Orsay, Bâtiment 220, Salle 44 (P. Grivet)**

**Moustafa El Kurdi**

**Les promesses du germanium pour la photonique silicium**

**Membres du jury:**

Pere Roca di Cabarrocas, LPICM/Ecole Polytechnique  
Eric Tournié, IES CNRS/Université de Montpellier  
Alexei Tchelnokov, CEA/LETI  
Isabelle Sagnes, C2N CNRS/UPsacly  
Philippe Boucaud, C2N CNRS/UPsacly  
Frédéric Bœuf, STMicroelectronics-Crolles

**Résumé :**

Lors de l'exposé je présenterai les travaux récemment effectués en vue de réaliser une source laser dans la filière IV-IV, en particulier avec le germanium. L'absence d'une source optique efficace compatible avec les technologies CMOS est le principal verrou à lever pour permettre d'unifier les technologies de la micro-électronique avec les technologies de la photonique dans une seule et même filière de matériaux IV-IV.

Basiquement le silicium et le germanium sont pénalisés, pour l'émission de lumière, par la nature indirecte de leur structure de bande. Le cas du germanium est assez particulier, sa bande de conduction en vallée L (bord de zone) se trouve à seulement 140meV au-dessous de la bande de conduction du centre de zone. Je présenterai des éléments de modélisation de la structure de bande et expérimentaux montrant que cette barrière peut être abaissée grâce à l'application de contraintes mécaniques en tension au Ge. Le régime de bande interdite directe dans le germanium peut d'ailleurs être atteint pour des niveaux de déformation biaxiale au-delà de 1.7%. Au C2N-IEF en collaboration avec le C2N-LPN nous avons développé une technologie basée sur le transfert de contraintes depuis des films 'stressor' de nitrure de silicium vers des résonateurs optiques à haut facteur de qualité en germanium, de type  $\mu$ -disques, en vue de réaliser un dispositif laser. Une approche originale, basée sur la bi-encapsulation des couches de germanium par les films 'stressor', a permis d'atteindre le régime de bande interdite directe dans les  $\mu$ -cavités de Ge.

Différents groupes de recherche ont montré par ailleurs que l'alliage du germanium avec l'étain permet également d'atteindre un régime de bande interdite directe pour des compositions typiquement de 7% d'étain lorsque le matériau est relaxé. En combinant l'ingénierie des contraintes, l'alliage du Ge avec l'étain et le confinement électronique dans des hétérostructures SiGeSn/GeSn, de nombreuses perspectives sont actuellement ouvertes pour réaliser des sources laser performantes et compatibles CMOS. Ces sources devraient permettre de couvrir une gamme spectrale qui s'étend aux frontières entre le proche et le moyen infrarouge permettant ainsi de renforcer l'utilisation des technologies silicium pour les interconnexions optiques et les senseurs biochimiques.

**Mots clés :** laser Ge, ingénierie de contrainte, hétérostructures SiGeSn/GeSn, photonique silicium

**Vous êtes cordialement invités au pot qui suivra cette soutenance**