



# Soutenance de thèse

Mercredi 01 décembre  
14h00

Centre de Nanosciences et de Nanotechnologies  
10 boulevard Thomas Gobert  
91120 Palaiseau  
Amphithéâtre

**Lucas DENIEL**

## “Composants électro-optiques en photonique silicium pour les communications haut-débit et la génération de peignes de fréquences”

### Jury members :

Anne-Laure BILLABERT, Maître de conférences - HDR, Le CNAM – ESYCOM, Rapporteur  
Christophe FINOT, Professeur des universités, Université de Bourgogne, Franche-Comté – ICB, Rapporteur  
François MARQUIER, Professeur des universités, École Normale Supérieure, Paris-Saclay, Examineur  
Frédéric GARDES, Professeur associé, Université de Southampton, Examineur  
Stéphane MONFRAY, Ingénieur de recherche, STMicroelectronics, Examineur  
Delphine MARRIS-MORINI, Professeure des universités, Université Paris-Saclay – C2N, Directrice de thèse

### Abstract :

La photonique silicium est une technologie de choix pour l'intégration de circuits photoniques complexes sur des puces de quelques mm<sup>2</sup> pouvant être fabriquées massivement et à faible coût. L'un des enjeux principaux de cette plateforme est la réalisation d'émetteurs-récepteurs optiques miniatures pour assurer les télécommunications haut-débits entre les différents serveurs des centres de données ou datacenters. De nombreuses autres applications ont émergé récemment : la spectroscopie, la radio-sur-fibre ou encore le LIDAR. Pour l'essentiel de ces nouvelles applications, un outil se révèle particulièrement utile : les peignes de fréquences optiques. Ces structures spectrales consistantes en un ensemble de raies laser régulièrement espacées en fréquence et mutuellement cohérentes suscitent un fort intérêt. L'objectif de ma thèse a été d'étudier numériquement et expérimentalement l'aptitude et les performances de modulateurs silicium à la fois dans le cadre des communications numériques hauts-débits à courte portée et de la génération de peignes de fréquence par voie électro-optique.

Une première partie consiste dans l'étude d'un modulateur Mach-Zehnder pour la génération du format PAM-4. Un aspect important de ce type d'application est de pouvoir générer un signal à quatre niveaux sans recourir à des composants électroniques coûteux énergétiquement. D'autre part, il est préférable d'assurer ces transmissions fibrées dans une région spectrale où la dispersion optique est minimale. J'ai ainsi réalisé une démonstration expérimentale d'une génération de signal PAM-4 à 20 Gb/s sans utiliser de convertisseur numérique/analogique et en bande O où la dispersion est proche de 0 ps/nm/km.

Une seconde partie est dédiée à la génération de peignes de fréquences optiques par des modulateurs en silicium. Les exigences quant aux propriétés des peignes dépendent des applications, mais on peut noter deux caractéristiques généralement désirées : un grand nombre de raie, et une puissance également distribuée parmi les raies (c'est-à-dire un peigne plat). J'ai dans un premier temps étudié deux structures pour la génération de peignes plats basés sur un principe de conversion temps-fréquence à travers une simulation numérique. Dans un second temps j'ai étudié numériquement une structure de modulateur silicium résonnant pour la génération d'un peigne large-bande. Enfin, j'ai réalisé une expérience de spectroscopie à deux peignes à partir de peignes issus de modulateurs silicium, ouvrant la voie aux nouvelles applications de ces dispositifs.