



Centre de Nanosciences et de  
Nanotechnologies

Laboratoire Charles Fabry



# Soutenance de Thèse

**Lundi 28 novembre 2016 à 14h 00**

C2N - Centre scientifique d'Orsay – bât 220 - salle P. Grivet RDC pièce 44

**Samuel SERNA - Photonique**

**Titre :** Conception et caractérisation de structures photoniques sur silicium pour les effets nonlinéaires du troisième ordre

## Membres du jury :

M. Éric CASSAN	Centre de Nanosciences et de Nanotechnologies	Directeur de thèse
M. Nicolas DUBREUIL	Institut d'Optique Graduate School	Co-encadrant
M. Alfredo De ROSSI	Thales-TRT	Rapporteur
M. Romuald HOUDRÉ	École Polytechnique Fédérale de Laussane	Rapporteur
Mme Agnès MAITRE	Institut des NanoSciences de Paris	Examinatrice
M. Benoît CLUZEL	Institut Carnot de Bourgogne	Examineur
M. Ariel LEVENSON	Centre de Nanosciences et de Nanotechnologies	Examineur

## Résumé :

Ce travail a été consacré à l'étude des nonlinéarités de troisième ordre dans des structures intégrées compatibles avec la filière silicium, incluant des matériaux en rupture de l'état de l'art (chalcogénures, alliages GeSi à forte concentration en germanium) et des structures de guidage à exaltation du champ électromagnétique (cavités, modes lents). Tout d'abord, nous avons développé une méthode simple et fiable, originale au regard des travaux antérieurs, non destructive, et à faisceau unique, pour la caractérisation des effets de troisième ordre instantanés. Elle permet de quantifier la susceptibilité non linéaire effective dans des guides d'ondes quelconques. La méthode a été dénommée "Top-hat D-Scan bi-directionnelle" et constitue un analogue temporel de la méthode Top-hat Z-Scan développée pour les matériaux massifs. Nous avons établi un modèle analytique et numérique et nous rendons compte des premières mesures en configuration guidée utilisant des impulsions mises en forme dans un étireur et complétée par une procédure d'injection bi-directionnelle. L'ensemble instrumental développé constitue une expérience de métrologie des effets non-linéaires dans des guides d'ondes pour la photonique silicium au meilleur niveau de l'état de l'art. La méthode proposée a été appliquée à des guides  $\text{Si}_3\text{N}_4$ ,  $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$  ( $x > 0.7$ ), et chalcogénures, révélant de riches perspectives quant à l'utilisation de ces deux dernières familles de matériaux pour des applications dans le proche ( $\sim 1.55\mu\text{m}$ ) et le moyen infra-rouge ( $2\mu\text{m}-10\mu\text{m}$ ).

Dans une autre direction dédiée à l'ingénierie des nonlinéarités d'ordre 3 en photonique sur silicium, et forts de l'outil métrologique développé, nos travaux d'exploration des interactions non linéaires lumière-matière ont été consacrés à deux grandes familles de nanostructures photoniques : des microcavités optiques et guides d'ondes en régime de lumière lente.

Dans la première des deux situations, les variations d'indice provoquées par les nonlinéarités sont responsables d'un décalage des fréquences de résonance excluant leur coïncidence avec la fréquence du signal d'excitation et diminuant ainsi l'efficacité de l'injection optique de manière drastique. Afin de maintenir le bénéfice de localisation de la lumière tout au long de l'excitation pulsée, nous avons étudié expérimentalement et numériquement le comportement d'une cavité en silicium conçue, fabriquée, et enfin excitée par une impulsion présentant une puissance crête élevée. En contrôlant temporellement la phase des composantes spectrales injectée, la relation de phase spectrale compensant la dérive de fréquence non linéaire de la résonance de la cavité, nous avons effectué une étude rigoureuse de l'excitation cohérente d'une micro-cavité silicium non linéaire.

Nous avons également consacré des efforts importants à concevoir, fabriquer et caractériser des guides d'ondes à cristaux photoniques à fente sur silicium, support d'une intégration hybride de matériaux optiques non-linéaires sur silicium. Les résultats rapportés fournissent la première preuve expérimentale d'un contrôle précis des propriétés de dispersion de guides à cristaux photoniques à fente propres à être remplis par des matériaux souples comme des polymères ou des couches minces dopées. La dispersion de groupe des modes lents guidés est contrôlable en signe et en amplitude et correspond à des bandes passantes optiques exploitables (~15nm). Ces résultats démontrent l'intérêt pour le traitement tout-optique des données sur puce des guides à modes lents à cœur creux utilisant des effets optiques non linéaires d'ordre trois pour le traitement des données.

**Mots clés :** Photonique silicium ; optique non linéaire; techniques de caractérisation; plates-formes d'intégration hybrides; mise en forme d'impulsions.

Vous êtes cordialement invités au pot qui suivra cette soutenance.



UMR9001 CNRS-UPSUD  
site d'Orsay : u-psud Bât 220 Rue André Ampère 91405 Orsay cedex  
site de Marcoussis : route de Nozay 91460 Marcoussis

