

Master 2/3rd year Engineer internship topic (2022)

Laboratoire : Centre de Nanosciences et de Nanotechnologies (UMR 9001)

Adresse : 10 Boulevard Thomas Gobert – 91120 Palaiseau

Contact: **Éric CASSAN**

eric.cassan@universite-paris-saclay.fr

<https://minaphot.c2n.universite-paris-saclay.fr>



FR

"Conception et caractérisation de guides d'ondes photoniques polyvalents pour un contrôle universel des non-linéarités du troisième ordre"

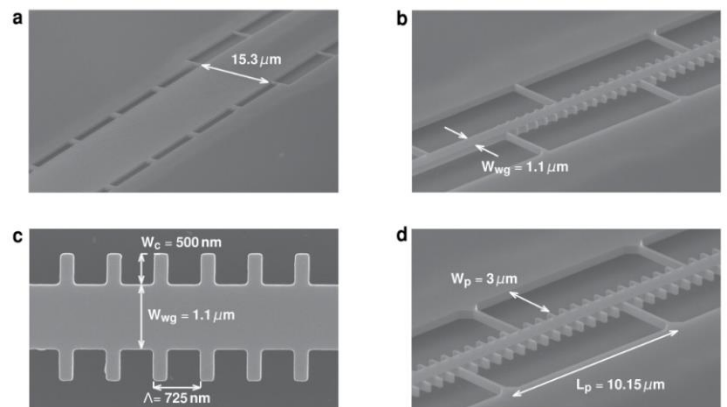
EN

"Design and characterization of versatile photonic waveguides for a universal control of nonlinear third-order nonlinearities on-chip"

Description du projet de recherche :

La **photonique** est un domaine clef qui s'est beaucoup développé depuis quelques années dans le cadre de l'accélération technologique et des projets de rupture préparés par tous les grands centres de recherche en Europe et à l'international : de nombreuses **applications disruptives** - 5G, 6G, technologies quantiques, réseaux de capteurs optiques en espace libre, nouvelles générations de satellites, automobile autonome, robotique augmentée, santé du 21^e siècle, etc - s'appuient pour partie sur l'optique et la photonique.

Pour de nombreuses applications, un outil important du panel des **effets physiques possibles** consiste à exploiter les **phénomènes non-linéaires**, par exemple de troisième ordre, qui sont ensuite appliqués à la réalisation de sources optiques (sources impulsives, sources à supercontinuum, peignes de fréquences, etc), qui sont ensuite utilisés pour des applications aux communications ou à la réalisation de capteurs métrologiques de précision pour des domaines variés : environnement, circuits et communications, aérospatiale/aéronautique, santé, etc.



La personne recrutée sera accueillie par le **groupe Minaphot du C2N**.

Le sujet de stage est consacré à l'étude de guides d'ondes optiques pouvant être réalisés par des technologies planaires de la microélectronique (technologies de salle blanche ; salle blanche présente au C2N), sans focus exclusif mais avec un accent sur les **guides silicium** sur isolant dans un premier temps [1].

- Il s'agira dans un premier temps d'effectuer une étude approfondie des conditions de **contrôle de la dispersion des guides** intégrés (propriété d'indice de groupe et surtout de dispersion chromatique) dans une large plage de géométries possibles utilisant la boîte à outils de l'**ingénierie photonique sub-longueur d'onde** [2]. Pour cela, des simulations devront être menées à l'aide d'outils dédiés et sous la supervision du groupe d'accueil.
- Un levier puissant de la conception de guides d'ondes et de structures dédiées à l'optique non-linéaire sur puce sera, dans un deuxième temps, d'envisager des profils non-uniformes de guides, aux propriétés opto-géométriques variant quasi-arbitrairement le long de la propagation de la lumière. A partir d'une base de données constituée, des **techniques d'optimisation seront appliquées (techniques de gradient, apprentissage, etc)** afin d'identifier des profils intéressants visant une ou deux applications ciblées. Un focus sera mis tout particulièrement sur la réalisation d'une source à **supercontinuum** à spectre plat et/ou plat par morceaux.

- En fonction de l'avancement, la personne recrutée sera impliquée dans le dessin des jeux de masques utiles à la préparation des fichiers d'insolation des structures par lithographie électronique, et pourra suivre les étapes de fabrication en tant qu'observateur.
- Il/elle sera ensuite impliquée dans la **caractérisation** des échantillons réalisés, dans un environnement de bancs de mesures optiques métrologiques.

Nous attendons de vous :

- De l'enthousiasme et une forte implication dans votre projet, une autonomie croissante, et la capacité à aborder votre sujet comme un projet avec des jalons et des livrables.
- Un goût prononcé pour l'**Electromagnétisme & l'Optique** + goût pour la simulation et les expériences optiques délicates.
- Une bonne **capacité à communiquer et à travailler en groupe** (4 chercheurs/enseignants-chercheurs, et une dizaine de post-docs et doctorants), une ouverture d'esprit et une capacité à mener un projet en posant des questions aux personnes concernées autour de vous dans un environnement international.

Pour toute question, pour demander les références, et candidater :
eric.cassan@universite-paris-saclay.fr

Research project description:

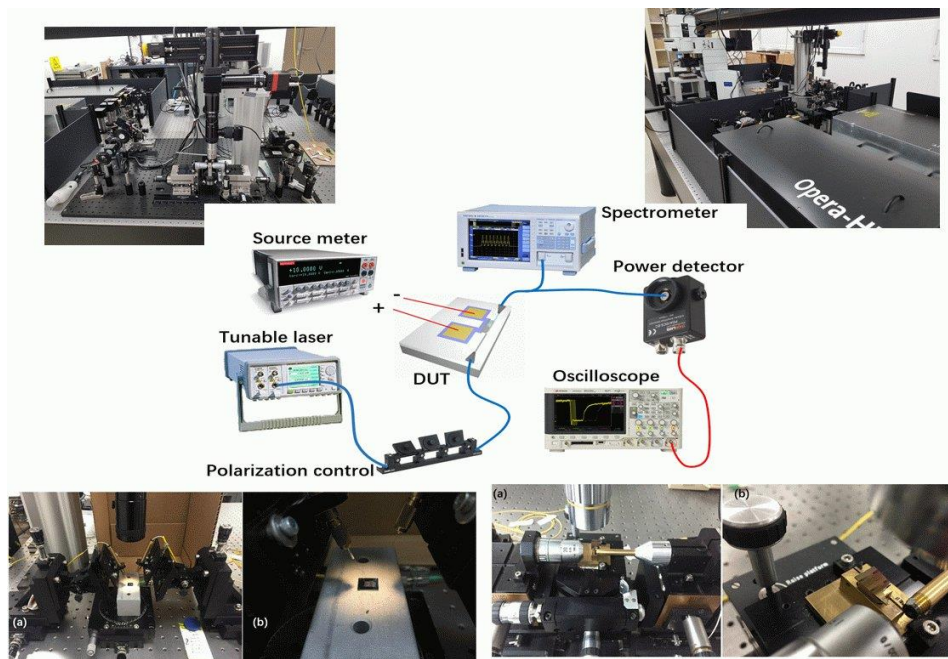
Photonics is a key field that has developed considerably in recent years as part of the technological acceleration and **disruptive projects** prepared by all the major research centers in Europe and internationally: many disruptive applications (5G, 6G, quantum technologies, free-space optical sensor networks, new generations of satellites, autonomous cars, augmented robotics, etc.) are based in part on optics and photonics.

For many applications, an important tool in the **panel of possible physical effects** consists of exploiting **non-linear phenomena**, for example of the third order, which are then applied to the realization of optical sources (pulse sources, supercontinuum sources, frequency combs, etc.), which are then used for applications in communications or in the realization of precision metrological sensors for various fields: environment, circuits and communications, aerospace/aeronautics, health, etc.

The person recruited will be hosted by the **C2N Minaphot group**.

The internship topic is dedicated to the study of optical waveguides that can be realized by planar technologies of microelectronics (cleanroom technologies; [cleanroom present at C2N](#)), without exclusive focus but with an emphasis on [silicon-on-insulator waveguides](#) at first [1].

- The first step will be to carry out an in-depth study of the conditions for controlling the dispersion of integrated guides (group index property and especially chromatic dispersion) in a wide range of possible geometries using the toolbox of [sub-wavelength photonic engineering](#) [2]. For this, numerical simulations will have to be carried out using dedicated tools and under the supervision of the host group.
- A powerful lever for the design of waveguides and structures dedicated to non-linear optics on chip will be, in a second step, to consider non-uniform profiles of guides, with opto-geometric properties varying quasi-arbitrarily along the light propagation. From a database, **optimization techniques will be applied (gradient techniques, learning, etc.)** in order to identify interesting profiles for one or two targeted applications. A particular focus will be placed on the realization of a flat spectrum and/or flat piecewise **supercontinuum** source.
- Depending on the progress, the person recruited will be involved in the design of the mask sets useful for the preparation of files for the exposure of structures by electron lithography, and may follow the fabrication steps as an observer.
- He/she will then be involved in the **characterization** of the samples produced, in an environment of optical metrological measurement benches.



We expect from you:

- **Enthusiasm and strong involvement in your project**, a growing autonomy, and the ability to address your topic as a project with milestones and deliverables
- Taste for **Electromagnetism & Optics** + taste for simulation (python, electromagnetic commercial softwares) and optical delicate experiments
- **Ability to communicate and work in a group**, an **open-mind attitude** and an ability to conduct a project by addressing questions to relevant people around you in an international environment.

For any questions, to ask for references, and to apply:
eric.cassan@universite-paris-saclay.fr

References:

- [1] **“Roadmap on silicon photonics”**
 David Thomson, Aaron Zilkie, John E Bowers, Tin Komljenovic, Graham T Reed, Laurent Vivien, Delphine Marris-Morini, Eric Cassan, Léopold Viot, Jean-Marc Fédéli, et al.
Journal of Optics, Volume 18, Number 7 Citation David Thomson et al 2016 J. Opt. 18 073003, <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/2040-8978/18/7/073003>
- [2] **“Diffraction-less propagation beyond the sub-wavelength regime: a new type of nanophotonic waveguide”**
 Carlos Alonso-Ramos, Xavier Le Roux, Jianhao Zhang, Daniel Benedikovic, Vladyslav Vakarin, Elena Durán-Valdeiglesias, Dorian Oser, Diego Pérez-Galacho, Florent Mazeas, Laurent Labonté, Sébastien Tanzilli, Éric Cassan, Delphine Marris-Morini, Pavel Cheben & Laurent Vivien
Scientific Reports volume 9, Article number: 5347 (2019), Nature scientific reports articles, 29 March 2019, <https://www.nature.com/articles/s41598-019-41810-0>