

Accélérateur de particules et laser à électrons libres sur puce

Centre de Nanosciences et de nanotechnologies
10 Boulevard Thomas Gobert – 91120 PALAISEAU – FRANCE

DIRECTEUR DE THÈSE ET ENCADRANT : Xavier Checoury – xavier.checoury@c2n.upsaclay.fr

Mots clés :

Accélérateurs, lasers, nanophotonique, cristaux photoniques, états de Fock.

Profil et compétences recherchées :

- Goût pour l'expérimentation et la mesure : une première expérience en caractérisation optique ou en réalisation de micro-composants en salle blanche sera fortement appréciée.
- Modélisation en physique et plus particulièrement en optique et électromagnétisme.
- Simulation numérique : connaissance d'un langage de programmation
- Maîtrise de l'anglais scientifique

Présentation du projet doctoral :

Les récents progrès en nanophotonique offrent de nouvelles opportunités pour étudier les interactions entre un faisceau d'électrons et les modes optiques de guides ou de microcavités.

Dans ce contexte, on a vu récemment émerger plusieurs concepts d'accélérateurs de particules sur puce [1,2], où un faisceau laser guidé dans une structure généralement périodique vient céder son énergie à un faisceau d'électrons. Ce type d'accélérateur a de nombreuses applications potentielles : en physique avec la réalisation d'accélérateurs ultra-compacts, en imagerie avancée ou en médecine avec la génération de faisceaux de particules pour les traitements en oncologie. Inversement, en fonction des paramètres utilisés, un faisceau d'électrons évoluant à proximité d'une micro-structure peut céder son énergie pour générer un rayonnement laser (rayonnement Tcherenkov stimulé). Ce type de laser à électrons libres sur puce permettrait, entre autre, d'adresser des plages de longueurs d'onde difficilement accessibles aux lasers à semi-conducteurs [3].

Outre les études précédentes on s'intéressera aussi durant cette thèse à l'interaction à très faible nombre de particules, notamment entre un électron unique et un photon unique stocké dans la cavité, et aux propriétés non classiques qui en découlent.

Grâce aux compétences de l'équipe QD [4-7], au sein de laquelle sera réalisée la thèse, ainsi qu'aux moyens de la salle blanche du C2N, on se propose d'étudier les interactions entre un faisceau d'électrons et des modes optiques pour concevoir, fabriquer et caractériser des composants photoniques capables de manipuler un faisceau d'électrons évoluant à proximité immédiate.

Des structures périodiques dans plusieurs directions de l'espace, appelées cristaux photoniques, sont des candidates intéressantes auxquelles on s'intéressera dans un premier temps car elles permettent de confiner très fortement le champ électromagnétique (Fig. 1 et 2). Elles permettent donc d'obtenir des champs extrêmement intenses même sous excitation faible. Elles offrent donc un fort potentiel pour l'accélération mais aussi pour la génération de lumière. Le doctorant perfectionnera les modèles analytiques et numériques d'interaction entre un mode optique et un faisceau d'électrons et simulera les structures. Il fabriquera des puces comportant les structures simulées dans les matériaux comme du silicium, du diamant capable de tenir des flux lasers

intenses ou dans des métaux. Enfin des caractérisations optiques et électroniques seront effectuées par le doctorant, au sein de notre laboratoire ou de ceux des partenaires du projet.

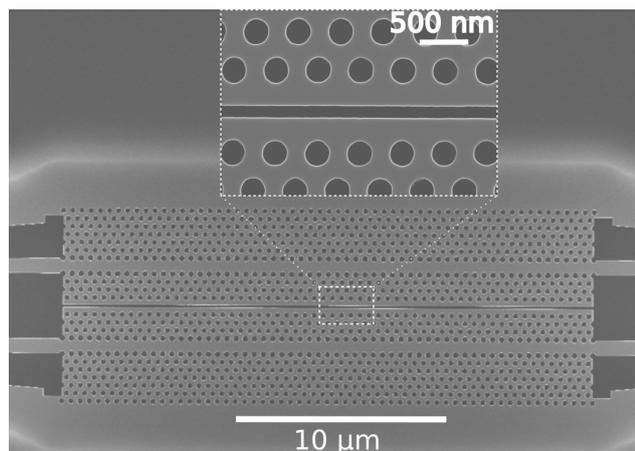


Figure 1: Vue au microscope électronique à balayage d'un cristal photonique en silicium fabriqué au C2N . La largeur de la fente est de 125 nm.

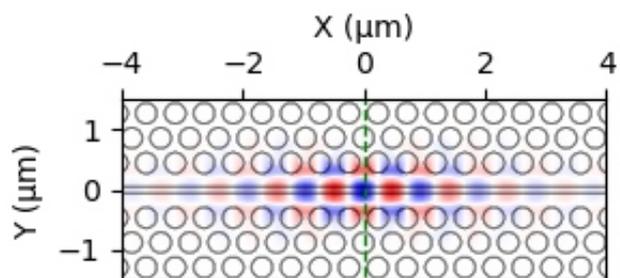


Figure 2: Champ électrique simulé d'un mode d'une cavité capable d'accélérer un faisceau d'électrons.

Collaborations envisagées :

LPS (Orsay) pour la caractérisation de l'accélération de faisceaux électroniques, le L2N (Troyes) pour la fabrication de nano-structures métalliques.

Conditions scientifiques matérielles et financières du projet de recherches :

Le doctorant sera accueilli au Centre de Nanosciences et Nanotechnologies à Palaiseau. Il effectuera un travail en salle blanche. Le financement est assuré par un projet ANR en collaboration avec le LPS et le L2N.

Date limite de candidature : 1 septembre 2021

Références bibliographiques

- [1] R. J. England, et al., Rev. of Modern Physics 86, 1337 (2014).
- [2] K. P. Wootton, et al., Reviews of Accelerator Science and Technology 09, 105–126 (2016).
- [3] C. Roques-Carmes, et al., Nature communications 10, 3176 (2019).
- [4] Quantum dot & photonic nanostructures group : <http://www.qdgroup.universite-paris-saclay.fr/index.html>
- [5] Z. Han, X. Checoury, D. Néel, S. David, M. El Kurdi, and P. Boucaud, Optics Communications 283, 4387 (2010).
- [6] C. Blin, X. Checoury, et al., Advanced Optical Materials, 1: 963-970 (2013)
- [7] C. Blin, et al., Optics Letters 41, 4360 (2016).