

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 :

Nanophotonique, accélérateurs, cristaux photoniques, laser, diamant, silicium.

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 semiconducteurs [3].

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. Le but final est de réussir à intégrer sur une même puce, un canon à électrons et une structure optique pour d'accélérer des électrons ou pour générer un rayonnement lumineux monochromatique, ce qui, dans les deux cas, sera une première.

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 numériques d'interaction entre un mode optique et un faisceau d'électrons et simulera les structures. Il fabriquera des puces comportant les structures simulées ainsi qu'un canon à électrons dans la salle blanche du C2N, dans les matériaux comme du silicium, ou bien du diamant capable de tenir des flux lasers intenses. Enfin des caractérisations

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

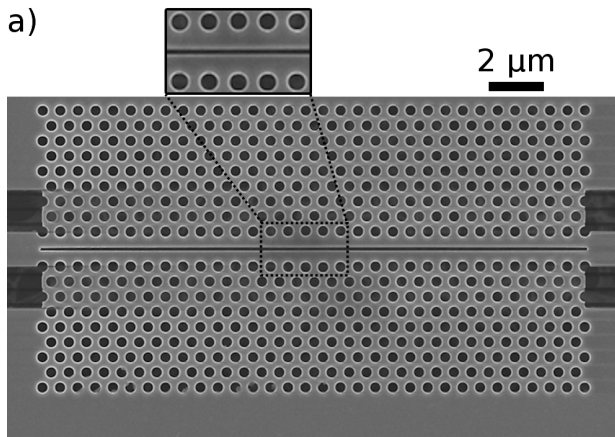


Figure 1: Vue au microscope électronique à balayage d'un cristal photonique en diamant fabriqué à C2N [7]. La largeur de la fente est de 130 nm. Au centre, les trous sont décalés de quelques nanomètres pour créer une cavité à mode de défaut.

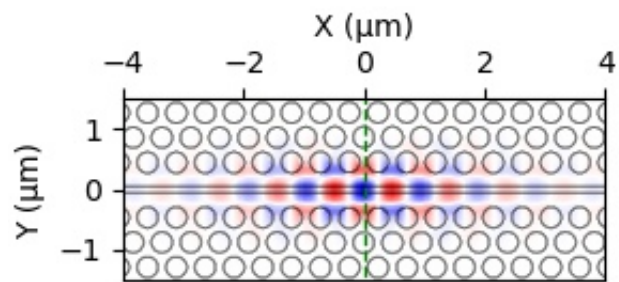


Figure 2: Champ électrique simulé d'un mode d'une cavité capable d'accélérer un faisceau d'électrons.

Collaborations envisagées :

LPS (Orsay) pour la caractérisation de l'accélération de faisceaux électroniques. Thales Research & Technology (TRT Palaiseau) pour la réalisation de sources. Des collaborations avec des laboratoires européens comme l'Université de Brescia ou l'INFN (Italie) sont en cours de montage.

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. Un financement via un projet ANR ou une bourse de l'école doctorale EOBE pourra être envisagé.

Date limite de candidature : 2 mai 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).