Stage M2 ou Thèse de doctorat : Conception de cavités plasmoniques pour le couplage fort plasmon-exciton dans des matériaux 2D

Établissement : Université de Sherbrooke**, Sherbrooke (QC), Canada**

Encadrement de la thèse : professeur Paul Charette et professeur Serge Ecoffey du département de génie électrique et de génie informatique.

Sujet de recherche :
Le contrôle dynamique de la structure de bandes des matériaux semi-conducteurs est au cœur d'applications transformatrices, allant du traitement de l'information quantique à l'optoélectronique avancée. Ce projet de thèse vise à moduler les propriétés optiques et d'émission des matériaux semi-conducteurs bidimensionnels (matériaux « 2D », par exemples les TMDs ou le graphène) en les couplant fortement à des champs électromagnétiques confinés dans des cavités plasmoniques [1]. Ces cavités, réalisées à partir de matériaux plasmoniques comme l'or, l'argent ou l'aluminium nanostructurés, permettent de confiner la lumière dans des volumes extrêmement réduits (de l'ordre de quelques nm^3) pendant des temps très brefs (quelques femtosecondes). Ce confinement repose sur l'oscillation collective des électrons libres à la surface des métaux, phénomène à la base d'un vaste champ de recherche aux applications variées, notamment en quantique, en biodétection et en imagerie médicale.

Le groupe de recherche en biophotonique de l'Université de Sherbrooke, en collaboration avec l'entreprise canadienne Infinite Potential Laboratories, souhaite concevoir des cavités plasmoniques optimisées pour atteindre le régime de couplage fort avec des semi-conducteurs 2D. Cette thèse s'inscrit dans la continuité de travaux antérieurs du groupe ayant exploré diverses géométries de pièges plasmoniques à base d'or : nano-bipyramides auto-assemblées, réseaux de nanodisques, dimères de nanogaps, réseaux de nanocubes placés au-dessus d'un miroir d'or, et nanostructures aléatoires formées par recuit thermique. L'objectif est de compléter et d'optimiser cette bibliothèque de structures, tout en explorant leur potentiel dans des applications telles que la génération de sources de photons uniques intriqués, l'amélioration du transport dans les semi-conducteurs 2D, et le développement de détecteurs optiques innovants. Le projet s'appuie sur une équipe dotée d'expertises complémentaires en nanofabrication [2], physique des modes plasmoniques [3], et en caractérisation de champ proche par photoémission électronique résolue en temps [4].

[1] J. Sun *et al.*, "Strong plasmon–exciton coupling in transition metal dichalcogenides and plasmonic nanostructures," *Nanoscale*, vol. 13, no. 8, pp. 4408–4419, 2021, doi: 10.1039/D0NR08592H.

[2] R. Gherman *et al.*, "Abrasive-free chemical-mechanical planarization (CMP) of gold for thin film nano-patterning," *Nanoscale*, Aug. 2024, doi: 10.1039/D4NR02610A.

[3] J.-F. Bryche *et al.* "Ultrafast Heat Transfer at the Nanoscale: Controlling Heat Anisotropy". *ACS Photonics*, 10 (4), 1177–1186, 2023, doi: 10.1021/acsphotonics.2c01968

[4] S. Schwarz et *al.*, ''Ultrafast Control of Polarization-Dependent Photoemission by Optical Near-Field Interference'', LEEM-PEEM 13, Montréal, 2024.

Les compétences suivantes seront acquises par la personne étudiante :

- **Modélisation numérique** des phénomènes de résonance électromagnétiques à l'échelle sub-longueur d'onde.
- **Physique de l'interaction lumière/matière des dispositifs nanophotoniques** tels les nano-résonateurs plasmoniques en réseau.
- **Fabrication** en laboratoire de salles blanches de dispositifs photoniques et plasmoniques par des procédés de nanostructurations exploitant notamment la lithographie à faisceaux d'électrons ainsi que la caractérisation morphologique de ces nano-objets.
- **Mesures électro-optiques** pour la détermination de caractéristiques quantiques d'atomes artificiels tels la force de couplage et le temps de vie.

Environnement de travail :
Les travaux de thèse seront conduits à l'Institut interdisciplinaire d'innovation technologique (3IT) de l'Université de Sherbrooke dont la mission est de promouvoir la recherche interdisciplinaire en sciences fondamentales, en génie et en médecine, et de soutenir un écosystème diversifié et inclusif pour la formation scientifique et entrepreneuriale. Le personnel de l'Institut comprend 53 chercheurs dont 12 chaires de recherche et 350 personnes étudiantes aux cycles supérieurs et en stage postdoctoral. Le 3IT abrite l'une des plus grandes installations de recherche en microélectronique au Canada, permettant de mener à des percées majeures dans des domaines aussi variés que les technologies quantiques, l'instrumentation médicale, l'imagerie et la surveillance des changements climatiques, et de transférer efficacement les résultats de la recherche du laboratoire vers le marché.

Dates : dès que disponible à compter de janv. 2026

Profil recherché :
Nous recherchons une personne étudiante hautement motivée pour un projet de pointe à l'intersection de l'optique, la physique quantique et la science des nano-matériaux. Le personne candidate aura des connaissances de base en électromagnétique et en optique/photonique, et aura suivi l'un de ces cursus : maitrise ou master universitaire en physique ou génie physique, école d'ingénieur en optique, physique, ou science des matériaux.

Contact : Paul.Charette@USherbrooke.ca

Documents à fournir : Lettre de présentation, curriculum vitæ, relevé de notes.