

PROJET DOCTORAT

Thèse de doctorat à l'intersection de la photonique ultrarapide, de l'optique non linéaire extrême et de la quantique

Contexte :

Les études de l'optique quantique dans le domaine temporel en sont encore à leurs débuts. **Dans une série de développements récents et passionnants, les professeurs Paul Charette de l'Université de Sherbrooke et Denis Seletskiy de Poly-Montréal ont démontré des courants de tunnel induits par la lumière quantique à travers des écarts nanométriques d'antennes métalliques [1].** La personne candidate retenue s'appuiera sur ces percées récentes pour propulser le projet vers une compréhension détaillée de l'interaction lumière-matière dans le régime non linéaire extrême, en se concentrant sur la détection résolue en champ de la lumière quantique, en variant les paramètres de conception critiques du nanodispositif.

[1] G. Demontigny, *et al.*, "Electron tunneling driven by bright two-mode squeezed quantum pulses", in *Ultrafast Phenomena and Nanophotonics XXIX*, San Francisco: SPIE, Jan. 2025.

Sujet :

Les compétences suivantes seront acquises par la personne étudiante :

- **Photonique ultrarapide** : génération, caractérisation et manipulation d'impulsions de lumière à quelques cycles; conversion paramétrique ultralarge pour la génération de lumière quantique brillante;
- **Optique quantique** : approche temporelle; analyse de corrélation; détermination, contrôle et tri des modes espace-temps; post-sélection pour la génération d'états non gaussiens;
- **Optique non linéaire extrême** : compréhension de la réponse non perturbatrice des phénomènes induits par le champ et leur dépendance à la phase porteuse-enveloppe; formalisme de Keldysh;
- **Dispositifs nanophotoniques** : capacité à concevoir et fabriquer des nano-résonateurs optiques avec une précision nanométrique; photonique intégrée des nanostructures pour le traitement de signaux électroniques à faible bruit.

Environnement de travail :

La personne étudiante sera co-encadrée par le professeur Paul Charette (3IT, Université de Sherbrooke, Canada) et le professeur Denis Seletskiy (Polytechnique Montréal, Canada).

Profil recherché :

Nous recherchons une personne étudiante hautement motivée pour un projet de pointe à l'intersection de la photonique ultrarapide, de l'optique non linéaire extrême et de la quantique. Le projet vise à étudier les courants de tunnel dans des nanostructures photoniques induits par la lumière quantique pulsée, avec des applications allant de la photonique quantique intégrée à la détection quantique sur puce.

Contact : Paul.Charette@USherbrooke.ca, Denis Seletskiy (denis.seletskiy@polymtl.ca)

Documents à fournir : Lettre de présentation, curriculum vitæ

DOCTORAL PROJECT

PhD project at the intersection of ultrafast photonics, extreme nonlinear response and quantum optics

Context:

Studies of time-domain quantum optics are still at their early stages. In a series of recent exciting developments, professors Paul Charette of the Université de Sherbrooke and Denis Seletskiy of Polytechnique Montréal have recently made a proof-of-principle demonstration of the tunnelling currents driven by quantum light through nanoscale gaps of metallic nanoantennae [1]. The successful candidate will build on these early results to propel the project toward a detailed understanding of the light-matter interaction at the extreme nonlinear regime, with the focus on field-resolved detection of quantum light while varying critical design parameters of the nanodevice.

[1] G. Demontigny, *et al.*, “Electron tunneling driven by bright two-mode squeezed quantum pulses”, in *Ultrafast Phenomena and Nanophotonics XXIX*, San Francisco: SPIE, Jan. 2025.

Topic:

The following skillsets will be acquired by a successful graduate:

- **Ultrafast Photonics:** generation, characterization and manipulation of few-cycle light pulses; ultrabroad parametric down conversion for generation of bright quantum light.
- **Quantum optics:** time-domain approach; correlation analysis; determination, control and sorting of space-time modes; post-selection for generation of non-Gaussian states.
- **Extreme nonlinear optics:** understanding non-perturbative response of field-driven phenomena and their dependence on the carrier-envelope phase; Keldysh formalism.
- **Nanophotonic devices:** ability to design and fabricate optical nanoresonators with nm-precision; connectorize nanostructures for electronic low-noise signal processing.

Work Supervision:

The student will be co-supervised by Professor Paul Charette (3IT, Université de Sherbrooke, Canada) and Professor Denis Seletskiy (Polytechnique Montréal, Canada).

Desired Profile:

We are seeking a highly motivated PhD student to spearhead a cutting-edge project at the intersection of ultrafast photonics, extreme nonlinear optics, and quantum. The project aims to study tunnelling currents in photonic nanostructures induced by few-cycle pulsed quantum light with the aim of applications ranging from integrated quantum photonics to on-chip quantum sensing.

Contact: Paul.Charette@USherbrooke.ca, Denis Seletskiy (denis.seletskiy@polymtl.ca)

Documents to provide: Cover letter, curriculum vitae