

RAPPORT ANNUEL 2023-2024

CHAIRE DE RECHERCHE DU CANADA EN OPTIQUE ET INFORMATION QUANTIQUE

1. Bilan

a) Objectifs fixés en 2023-2024

Les objectifs principaux de la chaire pour l'année 2023-2024 étaient encore une fois focalisés sur la fluorescence paramétrique en cascade.

Nous aspirions d'abord à achever les travaux montrant une amélioration de l'efficacité du processus en utilisant du filtrage spectral des coïncidences, afin de permettre de produire un nombre plus élevé de triplets de photons avec seulement des modifications relativement mineures aux configurations expérimentales antérieures.

Nous avons également pour objectif de faire progresser le projet visant à démontrer une méthode de précertification des photons sans recourir à un commutateur rapide, une avancée qui pourrait avoir des applications importantes dans le domaine de la communication quantique.

Finalement, nous visions à entamer une nouvelle collaboration avec des groupes de recherche du National Institute of Standards and Technology de Boulder au Colorado, afin de développer des guides d'ondes dans des matériaux novateurs qui pourront être utiles pour nos travaux de fluorescence paramétrique en cascade.

b) Mandat du centre/de l'institut/de la chaire

La lumière a toujours joué un grand rôle dans le domaine des technologies de l'information. La création de l'Internet a notamment été rendue possible par des innovations en optique telles que les lasers et les fibres optiques. Ces avancées dans le secteur des communications entraînent aujourd'hui un besoin toujours grandissant pour des méthodes efficaces de transmission et de traitement de l'information.

Or, de récentes découvertes ont démontré qu'en exploitant les propriétés quantiques de la lumière, un nouveau type de technologies de l'information pourra voir le jour :

l'information quantique. Celle-ci rendra possible la création de systèmes nous permettant de communiquer de façon absolument sécuritaire ainsi que l'élaboration d'un tout nouveau concept d'ordinateurs capable de résoudre des problèmes mathématiques entièrement hors de la portée des ordinateurs d'aujourd'hui.

Le mandat de la chaire de recherche du Canada en optique et information quantique est d'exploiter de nouvelles interactions optiques, notamment la fluorescence paramétrique en cascade, pour développer des dispositifs donnant lieu au déploiement de ces applications prometteuses. Les travaux de la chaire visent ainsi à perfectionner notre habileté de créer, de manipuler et de mesurer la lumière quantique en exploitant de nouveaux processus d'interactions entre des particules de lumière. Les résultats des efforts nous permettront d'accéder efficacement aux propriétés quantiques de la lumière, facilitant ainsi le développement de nouvelles technologies telles que les ordinateurs quantiques.

c) Ressources humaines et infrastructure de RDC

Au cours de l'année 2023-2024, l'équipe de recherche de la chaire comptait un étudiant de maîtrise et un étudiant au doctorat. Un poste de chercheur postdoctoral a été ouvert au cours de l'année, à l'aide d'une subvention de la FINB, mais malheureusement le poste n'a pas encore pu être pourvu et sera réaffiché au cours de l'année prochaine.

Au niveau de l'infrastructure de recherche, le laboratoire est bien équipé pour faire avancer la recherche et nous n'avons pas eu de bris majeurs au cours de la dernière année.

d) Activités de RDC réalisées en 2023-2024

Programmes et projets principaux

Lors de la dernière année, l'équipe de recherche a effectué des avancées significatives selon deux des axes de recherches prioritaires fixés l'année dernière pour l'amélioration de l'efficacité de fluorescence paramétrique en cascade, soit l'emploi d'un filtrage spectral en coïncidence et l'exploration de guides d'ondes utilisant des matériaux novateurs. Au niveau du filtrage spectral, l'étudiant de maîtrise Mohammed Charafi a complété une série d'expériences démontrant le potentiel de l'approche. Ces résultats

ont été présentés récemment à Ottawa lors du Colloque scientifique de l'Alliance quantique Canada-France et font l'objet d'un manuscrit qui est actuellement en préparation. Pour le second axe, le doctorant Alexandre Leger a effectué un stage de recherche au *National Institute of Standards and Technology*, à Boulder au Colorado, où il a testé des guides d'ondes formés de (Al)GaAs pour la génération de seconde harmonique et la fluorescence paramétrique efficaces. Ces résultats seront présentés dans deux manuscrits, le premier étant soumis et le second en préparation. Pour le troisième projet, visant à démontrer une méthode de précertification des photons sans recourir à un commutateur rapide, la progression fut limitée en raison de limitation de main-d'œuvre du laboratoire, mais il sera relancé dans la prochaine année.

Diffusion de la recherche

Un article scientifique a été soumis au cours de la dernière année à la revue *Optica*, présentant les premiers résultats sur les guides d'ondes de GaAs et d'AlGaAs découlant de notre collaboration avec les chercheurs du NIST.

- E. Ulsig et al. Widely tunable integrated GaAs and AlGaAs platforms for efficient second-order frequency conversion. *Optica Open* et soumis à *Optica* (2024).

Nos travaux sur le filtrage spectral en coïncidence ont également été présentés lors du Colloque scientifique de l'Alliance quantique Canada-France (CAFQA).

- M. Charafi et al. Optimization of the efficiency of spontaneous parametric downconversion via spectral filtering. CAFQA 2024, Ottawa, Canada. Affiche.

e) Autres activités réalisées en 2023-2024

Services à la collectivité

En tant que titulaire de chaire, j'ai participé au cours de l'année 2023-2024 aux activités suivantes de services à la collectivité :

- Revue d'articles *Review of Scientific Instruments* et *AIP Advances*.
- Organisation d'une journée porte ouverte au Département de physique, accueillant des étudiants des écoles Étoile de l'Acadie, Mgr-Marcel-François-Richard et Clément Cormier.

- Membre du comité d'évaluation pour la division physique des Subventions à la découverte du Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada.
- Membre du Comité consultatif du programme Défi « L'Internet des objets : capteurs quantiques » du CNRC.

f) Financement

Les activités de la chaire sont financées par deux subventions de fonctionnement : celle des Chaires de recherche du Canada et une subvention à la découverte du CRSNG. Cette année, une subvention de la Fondation de l'innovation du Nouveau-Brunswick a également été obtenue afin de lancer de nouvelles activités de recherche sur les mesures quantiques en collaboration avec le professeur Lambert Giner.

Financement de recherche actif en 2023-2024 et au-delà

Titre de la demande	Organisme	Programme	Montant annuel	Années de validité
Infrastructure pour le développement d'un nouveau type de mesures quantiques et application aux technologies quantiques Chercheur principal : Lambert Giner	FCI	Fond des leaders John-R.-Evans	73 487 \$	2024-2025
	FINB	Fonds pour l'innovation en recherche	73 488 \$	2024-2025
Photon precertification for guaranteed secure communications	FINB	Initiative de techniciens(nes) à la recherche	30 000 \$	2023-2026
Optimizing photon precertification for secure communications	FINB	Initiative d'assistantats à la recherche	15 000 \$	2023-2025
Photon precertification with detector-compatible devices	CRSNG	Alliance quantique internationale	25 000 \$	2023-2024
A novel source of quantum light: harnessing cascaded downconversion as a resource for quantum technologies	CRSNG	Subventions à la découverte	24 000 \$	2022-2027
Chaire de recherche en optique et information quantique	CRSNG	Chaire de recherche du Canada	100 000 \$	2022-2027

2. Objectifs pour l'année 2024-2025

Pour l'année 2024-2025, les activités de recherche de la chaire seront concentrées sur une continuation de ses études des divers aspects de la fluorescence paramétrique en cascade tout en étendant ses activités vers d'autres domaines de l'optique quantique.

Tout d'abord, nous continuerons les activités de recherche sur l'utilisation de matériaux novateurs pour la fluorescence paramétrique en cascade. Nous avons notamment récemment entamé une collaboration avec le groupe de théoriciens de John Sipe, à la University of Toronto, afin d'effectuer des calculs qui nous permettront de mieux expliquer les résultats expérimentaux obtenus. Nous viserons ensuite à reprendre nos démarches expérimentales avec des dispositifs qui seront davantage optimisés vers la fluorescence paramétrique en cascade.

Nous visons également de relancer le projet visant à démontrer une méthode de précertification des photons sans recourir à un commutateur rapide. Il s'agit d'une approche qui permettrait d'effectuer de la cryptographie quantique indépendante de l'appareil, d'une manière beaucoup plus flexible que ce qui est possible aujourd'hui.

Finalement, la confirmation récente de la contrepartie de la part de la FINB dans le cadre du projet *Infrastructure pour le développement d'un nouveau type de mesures quantiques et application aux technologies quantiques*, nous permettra, en collaboration avec le professeur Lambert Giner, d'acquérir des équipements nécessaires pour effectuer des mesures sur place sur des dispositifs intégrés. Cela sera pertinent à la fois pour nos activités actuelles sur la fluorescence paramétrique en cascade et pour lancer de nouvelles directions de recherche sur les mesures faibles en collaboration avec le prof Giner.