

**RAPPORT ANNUEL 2022-2023 DE LA**  
**CHAIRE DE RECHERCHE DU CANADA EN OPTIQUE ET INFORMATION QUANTIQUE**  
**POUR LE SÉNAT ACADÉMIQUE**

**TITULAIRE DE LA CHAIRE : DENY HAMEL**

**1. BILAN**

a) Objectifs fixés en 2022-2023

Pour l'année 2022-2023, les principaux objectifs de recherche de la chaire étaient focalisés vers l'amélioration de la fluorescence paramétrique en cascade. Nous souhaitons continuer nos efforts vers l'intensification de ce processus, soit avec de nouveaux matériaux, par l'utilisation d'une cavité active, ou en utilisant un mode pulsé. Nous visions également à étudier une application de grand intérêt de la fluorescence paramétrique en cascade : la précertification de photon. Il s'agit d'une avenue potentielle vers la cryptographie quantique indépendante des appareils, un objectif d'envergure dans le domaine de la communication quantique. Nous voulions également étudier la possibilité d'entamer une collaboration à l'externe pour développer des circuits optiques intégrés pour effectuer la précertification de photons. Finalement, nous visions également à diversifier les activités du groupe en continuant des travaux sur les statistiques de photons et en lançant un projet sur les opérateurs hermitiens positifs.

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 2022-2023, l'équipe de recherche de la chaire comptait une chercheuse postdoctorale, un étudiant de maîtrise, un étudiant au doctorat et un stagiaire de premier cycle au cours de l'été 2022. Une étudiante de l'École CentraleSupélec devait également se joindre à nous pour l'été 2023, mais ce stage a dû être annulé en raison de problèmes de visa.

Notre chercheuse postdoctorale a récemment quitté le groupe pour accepter un emploi dans une entreprise de démarrage du domaine de l'information quantique. Cependant, une subvention de la FINB permettra de remplacer ce poste par un nouveau poste de trois ans. Le recrutement d'un candidat pour pourvoir ce poste est actuellement une de nos priorités.

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 2022-2023

**Programmes et projets principaux**

Lors de la dernière année, nous avons continué nos recherches pour amplifier l'efficacité de la fluorescence en cascade. D'une part, nous avons entamé un projet visant à améliorer l'efficacité de la fluorescence paramétrique en cascade en faisant un meilleur accord spectral entre les différentes sources de paires de photons. Il s'agit du sujet principal de thèse d'un étudiant de maîtrise. Nous avons également fait une étude préliminaire des méthodes nécessaires pour utiliser une cavité active en mode pulsé. Un rapport interne à ce sujet a été préparé par notre chercheuse postdoctorale avant son départ. Finalement, l'étudiant de doctorat effectuera à partir de juillet un stage Mitacs de 24

semaines dans les laboratoires du NIST à Boulder, avec comme objectif d'évaluer la possibilité d'autres types de matériaux pour effectuer la fluorescence paramétrique avec une efficacité accrue. Nous avons également entamé une expérience pour démontrer la validité d'un nouveau montage pour effectuer la précertification de photons. Ce projet est encore en mode préliminaire, avec les premières parties du montage expérimental qui commencent à être construites.

Finalement, nous avons mené à terme notre projet collaboratif avec le professeur Jean-François Bisson visant à mesurer les propriétés statistiques d'une nouvelle source de lumière développée au sein de son groupe de recherche. Nous avons développé un montage pour caractériser le degré de corrélation de second ordre de source lumineuse, et l'avons validé avec des sources dont les propriétés sont connues. Cependant, nos mesures n'ont malheureusement pas pu déceler les effets recherchés. Ce projet pourrait être relancé dans le futur à la suite de mises à jour de la source de lumière développée par M. Bisson.

### **Diffusion de la recherche**

Un article scientifique a été publié au cours de la dernière année dans la revue *Physical Review Research*, présentant nos résultats sur l'amplification de la fluorescence paramétrique en cascade avec une cavité active.

- A. Leger, S. Gambhir, J. Légère, D.R. Hamel, *Physical Review Research* 5 (2), 023131 (2023).

J'ai également donné une présentation au congrès de l'Association canadienne des physiciens et physiciennes.

- D. R. Hamel. The future of optical quantum information: Farther, Better, Slower, Stronger. Congrès de l'ACP 2023.

e) Autres activités réalisées en 2022-2023

### **Services à la collectivité, etc.**

En tant que titulaire de chaire, j'ai participé au cours de l'année 2022-2023 aux activités suivantes de services à la collectivité :

- Évaluateur externe pour une Subvention à la découverte du CRSNG, d'une subvention Alliance du CRSNG et d'une demande pour l'initiative de recherche et de développement en quantique du Conseil national de recherches Canada (CNRC).

- Entrevue avec le Times & Transcrit pour l'article *UdeM Researcher studies quantum light*.
- J'ai intégré le membre du Comité consultatif du programme Défi « L'Internet des objets : capteurs quantiques » du CNRC.

f) Financement

Plusieurs nouvelles subventions ont été obtenues au cours de l'année 2022-2023 pour financer les activités de la chaire, soit 90 000 \$ de l'Initiative de techniciens(nes) à la recherche de la Fondation de l'innovation du Nouveau-Brunswick (FINB), 60 000 \$ de l'Initiative d'assistantats à la recherche de la FINB et 25 000 \$ pour une subvention Alliance quantique internationale du Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada (CRSNG). Un financement de 73 487 \$ du Fond des leaders John-R.-Evans de la Fondation canadienne pour l'innovation (FCI) a également été reçu à titre de collaborateur avec le Professeur Lambert Giner.

**Financement de recherche actif en 2022-2023 et au-delà**

<b>Titre de la demande</b>	<b>Organisme et programme</b>	<b>Montant annuel</b>	<b>Années de validité</b>
A novel source of quantum light: harnessing cascaded downconversion as a resource for quantum technologies	Subvention à la découverte (CRSNG)	24 000 \$	2022-2027
Chaire de recherche en optique et information quantique	Chaire de recherche du Canada	100 000 \$	2022-2027
Photon precertification for guaranteed secure communications	Initiative de techniciens(nes) à la recherche (FINB)	30 000 \$	2023-2026
Optimizing photon precertification for secure communications	Initiative d'assistantats à la recherche (FINB)	30 000 \$	2023-2025
Photon precertification with detector-compatible devices	Alliance quantique internationale du CRSNG	25 000 \$	2023-2024
Infrastructure pour le développement d'un nouveau type de mesures quantiques et application aux technologies quantiques	Fond des leaders John-R.-Evans (FCI) (chercheur principal : Lambert Giner)	73 487 \$	2023-2024
Exploring novel materials for quantum light source based on cascaded downconversion	Initiative d'assistantats à la recherche (FINB)	15 000 \$	2021-2023
Amplification de la fluorescence paramétrique en cascade avec une cavité active	Initiative de techniciens(nes) à la recherche (FINB)	30 000 \$	2020-2023

## 2. OBJECTIFS POUR L'ANNÉE 2023-2024

Du point de vue de la recherche, les activités principales de la chaire seront pour l'année 2023-2024 encore une fois focalisées sur la fluorescence paramétrique en cascade.

Nous aspirons d'abord à achever les travaux montrant une amélioration de l'efficacité du processus en utilisant du filtrage spectral des coïncidences. Ce projet prometteur devrait 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 avancer rapidement le projet visant à démontrer une méthode de précertification des photons sans recourir à un commutateur rapide. Cette avancée pourrait avoir des applications importantes dans le domaine de la communication quantique.

Finalement, nous entamerons cette année une nouvelle collaboration avec le groupe de Lynden K. Shalm au National Institute of Standards and Technology de Boulder au Colorado. Mon étudiant de doctorat travaillera dans ce laboratoire pour près de six mois et nous espérons que cette collaboration nous permettra de développer des guides d'ondes dans d'autres matériaux qui pourront être utiles pour nos travaux de fluorescence paramétrique en cascade.

À court terme, une priorité sera de faire l'embauche d'un nouveau chercheur postdoctoral, ce qui aidera à la progression de ces diverses directions de recherche.