

**RAPPORTS ANNUEL 2018-2019 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 2018-2019

Pour 2018-2019, la Chaire de recherche du Canada en optique et information quantique avait comme objectif la progression de deux axes de recherche principaux : la génération de photons uniques annoncés et la création d'une source stable de trois photons intriqués. Il s'agit là de deux ressources importantes pour le développement de la cryptographie quantique et pour le calcul quantique optique.

Pour la génération de photons uniques annoncés, nous visions à étudier comment leur création à partir de la fluorescence paramétrique en cascade pouvait mener à des photons d'une pureté supérieure aux méthodes actuelles.

Au niveau de la création d'une source stable de trois photons intriqués, notre objectif était la création directe de triplets de photons intriqués. Nous avons eu des résultats positifs dans ce sens avec des travaux antérieurs, mais les montages précédents n'étaient pas pratiques, car ils nécessitaient une stabilisation active. Nous visions donc des progrès envers la création d'une nouvelle itération de cette source qui serait naturellement stable, sans stabilisation active.

b) Mandat 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 quantiques 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 2018-2019, l'équipe de recherche de la chaire comptait quatre étudiants de maîtrise, donc deux sont actuellement en rédaction de thèse et devraient terminer dans les prochains mois. Deux étudiants de premier cycle ont également effectué des stages de recherche avec notre groupe au cours de l'été 2018. Nous avons récemment lancé un processus d'embauche pour ajouter un chercheur postdoctoral à l'équipe, un poste que nous espérons pourvoir pour l'automne 2019. De plus, la création récente du doctorat en science physique est de très bon augure pour le futur du groupe de recherche.

Au cours de la dernière année, nous avons rencontré des défis au niveau des ressources humaines, alors que plusieurs étudiants du groupe de recherche ont suspendu leurs études graduées pour accepter des offres d'emploi. C'est le cas des deux étudiants actuellement en instance de thèse. Je prévois qu'ils obtiendront leur diplôme, mais leur progression sera ralentie par leur statut à temps partiel. Un troisième étudiant a quitté à la fin de son premier semestre et est actuellement en suspension d'inscription. Il faut préciser que ces étudiants ne cherchaient pas activement des emplois; les deux premiers ont été recrutés par une entreprise de technologie locale et le troisième a été accepté pour un poste compétitif auquel il avait postulé avant le début de sa maîtrise. Bien que je me réjouisse du fait que ces étudiants aient trouvé dans la région des emplois pertinents et bien rémunérés, il faudra rester vigilant pour que la progression du programme de recherche de la chaire ne commence pas à être affectée par de telles situations.

Au niveau de l'infrastructure de recherche, le laboratoire est maintenant bien équipé pour fonctionner à plein régime. La dernière pièce importante a été ajoutée en août 2019, alors que nous avons reçu et fait l'installation de nouveaux détecteurs de photons uniques à nanofils supraconducteurs. Ces détecteurs ont été achetés avec l'aide du financement de la FCI associé à la chaire de recherche du Canada. Ces détecteurs ont eu un effet nettement positif sur l'atteinte des objectifs de recherche. Leur qualité est à la fine pointe de la technologie, et certainement parmi les meilleurs

systemes au pays. Par rapport aux detecteurs que nous utilisons precedemment, ils nous permettent de prendre des mesures environ 10 fois plus rapidement, ce qui accelere grandement le rythme auquel nous pouvons diagnostiquer nos montages et faire des prises de donnees. Il s'agit d'un atout immense pour la progression future du programme de recherche.

d) Activites de RDC realisees en 2018-2019

#### **Programmes et projets principaux**

Les travaux sur la generation de photons uniques annonces effectues au cours de l'annee 2018-2019 etaient des travaux theoriques, qui nous ont permis de mieux comprendre les avantages de la fluorescence parametrique en cascade pour cette application. Ces travaux nous ont permis de demontrer que la fluorescence parametrique peut, dans certaines conditions, aider a produire des photons uniques possedants une purete accrue. Cependant, nos resultats montrent egalement que cet avantage se limite habituellement a des regimes d'operation de tres faibles flux. Nous en concluons donc que notre nouvelle methode sera d'interet pour des applications requerant une haute purete, mais pas necessairement un grand nombre de detections de photons. Celles-ci pourraient inclure par exemple certaines implémentations de calcul quantique optique et de la caracterisation de systeme de detections de photons. Les resultats de ce travail ont ete publies dans une revue savante.

Au niveau de la creation d'une source stable de trois photons intriques, il s'agit de travaux experimentaux. Nous avons fait des avances importantes dans l'elaboration du montage pour la production de triplets de photons intriques en polarisation. Nous avons notamment identifie un certain nombre de lacunes de notre prototype que sommes actuellement en train de resoudre. Nous avons par exemple constate qu'un certain nombre de reflexions parasites etaient responsables de certaines instabilites du montage. Maintenant que celles-ci ont ete identifiees, nous sommes persuades que nous parviendrons a terminer le montage de maniere satisfaisante et ainsi remplir notre objectif d'une source directe et stable de triplets de photons intriques.

Ces principaux efforts nous permettent d'avancer envers notre objectif d'etudier dans quelle mesure de nouvelles interactions optiques, dans ce cas la fluorescence parametrique en cascades, peuvent etre utiles pour l'information quantique.

## Diffusion de la recherche

### Articles

- P. Poitras, E. Meyer-Scott & D. R. Hamel, *Low-noise heralded single photons from cascaded downconversion*, Optics express **26**, 12930 (2018).

### Communications présentées à des congrès, colloques ou conférences (Conférencier indiqué en gras)

- **P.-H. Glinel**, Z. Chiasson, P. Poitras, D. R. Hamel, *Building Entangled Photon Triplet Source by Cascaded Spontaneous Parametric Downconversion*, Atlantic Universities Physics & Astronomy Conference, Wolfville, Canada, (2019).
- P. F. Poitras, E. Meyer-Scott & **D. R. Hamel**, *Improving the quality of heralded single-photon sources with cascaded downconversion*, CAP Congress, Halifax, Canada (2018).

e) Autres activités réalisées en 2018-2019

### Services à la collectivité, etc.

En tant que titulaire de chaire, j'ai participé au cours de l'année 2018-2019 aux activités suivantes de services à la collectivité :

- Comité de conférence du département de physique (organisation de 11 conférences cette année);
- Comité de création du cours pour "Innovation sciences ingénierie";
- Président du jury de thèse de Julien Légère;
- Évaluateur interne pour thèse d'Adil Driouach ;
- Lecteur interne pour demande de CRSNG de Charles-Oneil Crites;
- Présentation d'une conférence sur les ordinateurs quantiques dans le cadre des conférences de vulgarisation du Département de physique et d'astronomie;
- Évaluateur pour deux articles scientifiques dans Optics Express;
- Participation au comité d'évaluation pour bourses de Doctorat FRQNT 2019.

f) Financement

Depuis 2014, le financement accordé à mon groupe de recherche totalise une valeur de 1 721 713\$. Ce montant inclut trois nouvelles sources de financement majeures obtenues au cours de la dernière année :

- 90 000 \$ sur 3 ans de la FINB pour l'embauche de chercheur postdoctoral
- 54 000 \$ sur 2 ans de la FINB pour l'embauche d'étudiants de premier et deuxième cycle.
- 80 000 \$ sur 4 ans du CRNSG pour l'appui des titulaires de chaire en premier mandat.

Ces nouvelles sources de fonds, combinés avec celles déjà assurées font que le financement de la chaire est en bonne position pour les prochaines années. Le tableau suivant résume les sources de financements encore actifs pour l'année 2019 et au-delà.

## Financement de recherche actif en 2018-2019 et au-delà

Titre de la demande	Organisme et programme	Montant annuel	Années de validité
Amplification de la fluorescence paramétrique en cascade avec une cavité active	Initiative de techniciens(nes) à la recherche de la FINB	30 000 \$	2019-2022
Élaborations de montages optique et électronique pour le développement d'une cavité active pour l'information quantique	Initiative d'assistanats à la recherche de la FINB	27 000 \$	2019-2021
Construction d'une cavité active pour l'information quantique	Concours régulier de la FESR	1000 \$	2019-2020
Création directe d'états "W" a trois photons par fluorescence paramétrique en cascade	Initiative d'assistanats à la recherche de la FINB	15 000 \$	2018-2020
Générations de photons uniques de haute pureté pour l'information quantique	Initiative d'assistanats à la recherche de la FINB	25 000 \$	2017-2019
Chaire de recherche en optique et information quantique	Allocation de recherche de premier mandat du CRSNG	20 000 \$	2018-2022
	Chaire de recherche du Canada	100 000 \$	2017-2022
Cascaded downconversion for multiphoton entanglement and quantum information processing	Programme de subventions à la découverte du CRSNG	27 000 \$	2015-2021

Définitions des acronymes :

CRSNG – Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada

FESR – Faculté des études supérieures et de la recherche de l'Université de Moncton

FINB – Fondation de l'innovation du Nouveau-Brunswick

## 2. OBJECTIFS POUR L'ANNÉE 2019-2020

Pour l'année 2019-2020, notre objectif principal est d'achever le projet de construction de la source de triplets de photons intriqués en polarisation. Tous les éléments de base sont maintenant en places, donc il reste maintenant à faire le débogage et l'optimisation de ces composantes individuelles avant de les combiner en un seul montage intégré. Nous espérons donc avoir des résultats concrets d'ici la fin de l'année 2019 et en faire la publication peu après.

Par la suite, nous explorerons deux avenues de recherche pour étendre les capacités de la source. La première est de l'adapter pour la production de différents types d'états quantiques, notamment les états de « W » à trois photons. La deuxième est d'explorer l'utilisation d'une cavité active pour faire l'amplification de la fluorescence paramétrique en cascade. Ces deux directions de recherches nous permettront de mieux cerner les capacités additionnelles fournies par la fluorescence paramétrique en cascade envers le développement de technologies quantiques.

