

RAPPORT ANNUEL 2019-2020 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 2019-2020

Pour l'année 2019-2020, notre objectif principal était d'achever le projet de construction de la source de triplets de photons intriqués en polarisation. Au début de la période, tous les éléments de base étaient en place; il restait donc à faire le débogage et l'optimisation de ces composantes individuelles avant de les combiner en un seul montage intégré.

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

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 2019-2020, 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. Un étudiant de premier cycle a également effectué des stages de recherche avec notre groupe au cours de l'été 2019. Une chercheuse postdoctorale devait s'ajouter à l'équipe lors de la dernière année. Cependant, la candidate retenue lors du processus d'embauche est actuellement résidente de l'Inde. Son arrivée, initialement prévue pour l'hiver 2020, est donc actuellement retardée, puisqu'elle n'est pas en mesure d'obtenir un visa pour venir au Canada en raison de la pandémie.

Au niveau de l'infrastructure de recherche, le laboratoire est bien équipé pour faire avancer la recherche. Nous sommes actuellement dans le processus préliminaire pour l'achat de deux autres pièces d'équipement, soit une cellule de Pockels, nécessaire pour des expériences avec cavité active, et un spectromètre plus performant pour l'accordage de la longueur d'onde des sources de photons intriqués

d) Activités de RDC réalisées en 2018-2019

Programmes et projets principaux

Les travaux expérimentaux visant la création d'une source stable de trois photons intriqués ont bien progressé et sont à veille d'aboutir. Bien que de faibles efficacités de conversion limitent les mesures que nous pouvons faire, nous sommes depuis janvier en mesure d'utiliser le montage pour la production de triplets de photons intriqués en polarisation. Les fermetures de laboratoires ont temporairement mis une pause sur celles-ci, mais heureusement nous pouvons fonctionner à nouveau depuis quelques semaines.

Nous espérons que les mesures finales pourraient être complétées dans des brefs délais. Ces résultats formeront la principale contribution de la thèse de maîtrise de Zachary Chaisson.

Nous avons également maintenant mis en branle le projet visant à explorer l'utilisation d'une cavité active pour faire l'amplification de la fluorescence paramétrique en cascade. Mon étudiant de maîtrise, Alexandre Léger travaille présentement sur ce projet depuis janvier 2020. En raison de la fermeture du laboratoire, les principales avancées jusqu'à maintenant sont au niveau de la planification de l'expérience et du processus d'achat de matériel.

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 2019-2020 aux activités suivantes de services à la collectivité :

- Participation au "Quantum Strategy National Summit" en mai 2019.
- Comité de conférence du département de physique, incluant l'organisation de huit conférences cette année (quatre conférences ont dû être annulées en raison de la fermeture du campus);
- Lecteur interne pour demande de CRSNG d'Alain Haché et Viktor Khalack;
- Évaluateur pour deux articles scientifiques dans Quantum Information Processing et d'un article dans Applied Physics Letters ;
- Participation au comité d'évaluation pour bourses de Doctorat FRQNT 2020.
- Entrevue en direct avec Micheline Blanchard pour l'émission La matinale sur ICI radio (septembre 2019).
- Entrevue avec Michel Nogue pour Ici radio et télé (septembre 2019).
- Visite de laboratoire pour journée portes ouvertes (mai 2019).
- Visite de laboratoires avec la troupe de Satellite Théâtre (février 2020).

f) Impact de la COVID-19 sur les activités

À ce stade-ci du programme de recherche, les activités de la chaire de recherche sont de nature principalement expérimentale, ce qui nécessite de l'équipement hautement spécialisé. En raison du COVID-19, nous avons perdu l'accès au laboratoire pour environ deux mois et demi (du 16 mars au 28 mai), en plus de temps pour remettre l'équipement en marche après la réouverture du laboratoire. Les étudiants ont cependant pu profiter de cette période pour

travailler sur leur thèse et approfondir leur revue de littératures, donc la période n'a pas été complètement perdue.

Un autre impact négatif de la pandémie est au niveau du recrutement. Les limitations sur les déplacements, ainsi que l'incertitude générale, rendent difficile le recrutement de nouveaux étudiants et chercheurs. Concrètement, nous devons accueillir une nouvelle chercheuse postdoctorale, Samrdhi Ghambir, cet hiver, mais son arrivée est maintenant retardée de manière indéfinie.

g) Financement

Depuis 2014, le financement accordé à mon groupe de recherche totalise une valeur de 1 749 713\$. Ce montant inclut un prolongement automatique d'un an de ma subvention à la découverte du CRSNG en raison de la pandémie du COVID-19.

Financement de recherche actif en 2019-2020 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 \$	2020-2023
Élaborations de montages optique et électronique pour le développement d'une cavité active pour l'information quantique	Initiative d'assistantats à la recherche de la FINB	27 000 \$	2019-2021
Construction d'une cavité active pour l'information quantique	Concours régulier de la FESR	1 000 \$	2019-2020
Création directe d'états "W" a trois photons par fluorescence paramétrique en cascade	Initiative d'assistantats à la recherche de la FINB	15 000 \$	2018-2020
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 \$	2015-2022

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 premier objectif est d'achever le projet de construction de la source de triplets de photons intriqués en polarisation. Le montage est maintenant complété, donc à moins d'un imprévu majeur, il restera seulement à effectuer les expériences de validation et à publier les résultats.

Le deuxième objectif sera l'exploration d'une stratégie pour amplifier l'efficacité de la fluorescence paramétrique en cascade à l'aide d'une cavité active. Celle-ci utilisera une cellule de Pockels pour piéger un photon et lui donner plusieurs chances d'être converti dans un cristal non linéaire. Ce projet aura deux aspects, un théorique et l'autre expérimentale. Du côté expérimental, nous viserons à effectuer un montage pour faire une première démonstration du principe. L'utilité de ce premier montage sera limitée par certaines contraintes techniques, mais servira d'une preuve de concept. Du côté théorique, nous chercherons explorerons la viabilité ultime de la méthode avec des paramètres optimisés.

Il est possible que nous puissions entamer d'autres projets de recherche, notamment l'adaptation de la fluorescence pour la production de différents types d'états quantiques tels que les états de « W » à trois photons, mais ceci dépendra de la possibilité de recruter de nouveaux étudiants ou chercheurs.