NÉOBIT

BULLETIN D'INFORMATION DE L'INSTITUT D'INFORMATIQUE QUANTIQUE DE L'UNIVERSITÉ DE WATERLOO

NUMÉRO 33

Coder notre AVENIR **quantique**

04 RAYMOND LAFLAMME HONORÉ LORS D'UN GALA 09 RECHERCHES À SIGNALER 15 RAYONNEMENT DE L'IQC

UNIVERSITÉ DE WATERLOO | IQC Institut d'informatique Quantique

NÉOBIT | NUMÉRO 33 | PRINTEMPS-AUTOMNE 2017

DANS ce numéro

RAYMOND LAFLAMME HONORÉ LORS D'UN GALA ANNIVERSAIRE
p. 04

15 ans de découverte et d'innovation

CODER NOTRE AVENIR QUANTIQUE
p. 06

Les mathématiques qui sous-tendent l'informatique quantique, avec le théoricien **JON YARD**

#DANSCHAQUECLASSE
p. 15

Instruire les jeunes et les enthousiasmer avec les merveilles du monde quantique

PAGE COUVERTURE

Le professeur **JON YARD** discute d'un problème avec **SANKETH MENDA**, assistant de recherche de 1er cycle

Photo de la page couverture : IQC

NUMÉRO 33

Publié par :
IQC – COMMUNICATIONS ET INITIATIVES STRATÉGIQUES

UWATERLOO.CA/IQC

Institut d'informatique quantique
200, avenue University Ouest
Waterloo (Ontario), Canada N2L 3G1
uwaterloo.ca/iqc

Téléphone : +1 519 888-4021
Télécopie : +1 519 888-7610
Courriel : iqc@uwaterloo.ca

MESSAGE DE LA RÉDACTRICE EN CHEF

Les anniversaires permettent de se rappeler les réalisations du passé et d'entrevoir les possibilités à venir. Ce fut le cas de la célébration des 15 ans de découverte et d'innovation à l'IQC. Au cours de la dernière année, nous avons souligné la vision extraordinaire et l'action déterminante de **RAYMOND LAFLAMME** (p. 4), rendu hommage aux travaux fondateurs de **ALEXEI KITAEV** (p. 13) et fêté le succès de la tournée pancanadienne de l'exposition *QUANTUM* (p. 22).

Mais nous sommes aussi allés plus loin en définissant de nouveaux objectifs et en augmentant la portée de notre action. Pour la première fois, l'IQC a offert 2 ateliers *Quantum Innovators* (Innovateurs dans le domaine quantique) différents, afin de réunir les jeunes postdoctorants et les chercheurs en début de carrière les plus prometteurs (p. 14). L'exposition mobile *QUANTUM* a été présentée dans 4 pays d'Europe, et nous avons accueilli des chercheurs de partout au Canada à la conférence *Women in Physics* (Les femmes et la physique) (p. 12).

C'est difficile de dire ce que nous réservent les 15 prochaines années, parce que nous devons constamment réévaluer ce que nous considérons comme possible. **THOMAS JENNEWEIN** et l'équipe du projet QEYSSat (*Quantum EncrYption and Science SATellite* – Satellite de cryptographie et physique quantiques) ont prouvé la viabilité de communications quantiques par satellite. **JON YARD**, qui fait l'objet d'un article vedette de ce numéro (p. 6), inscrit de petits systèmes insensibles aux défaillances dans un tout plus grand, ce qui nous rapproche de la mise au point de nouveaux algorithmes quantiques. Nous avons aussi accueilli 2 nouveaux professeurs — **CHRISTINE MUSCHIK** et **WILLIAM SLOFSTRA** — dont les antécédents promettent d'accélérer les découvertes et de susciter des collaborations.

L'IQC a beaucoup accompli en moins de 2 décennies. À nous de définir les 15 années à venir.

CHRISTINE BEZRUKI,

Gestionnaire principale, communications, Institut d'informatique quantique

Nouveaux **PROFESSEURS**

William Slofstra

En 2016, alors qu'il étudiait les jeux non locaux à titre de professeur-chercheur adjoint à l'Institut d'informatique quantique (IQC), **WILLIAM SLOFSTRA** a découvert une solution au problème de Tsirelson — question depuis longtemps non résolue en mathématiques. Sa solution porte sur la manière dont l'intrication est modélisée et aide les mathématiciens à comprendre les comportements de 2 systèmes séparés dans l'espace.

En juillet 2017, M. Slofstra a été nommé professeur adjoint à l'IQC et au Département de mathématiques pures. Il continue de s'attaquer à d'autres problèmes dans les domaines des jeux non locaux, de la théorie de Lie, de la théorie de la représentation, de la combinatoire algébrique et de la géométrie de l'intrication.

Christine Muschik

La théoricienne **CHRISTINE MUSCHIK**, de l'Institut de physique théorique de l'Université d'Innsbruck, est devenue en novembre 2017 professeure adjointe à l'IQC et au Département de physique et d'astronomie.

À la tête du groupe de théorie de l'optique quantique, Mme Muschik étudie la simulation quantique pour modéliser les interactions entre particules fondamentales lorsque cette simulation est trop complexe pour être réalisée dans un ordinateur classique. Elle vise aussi à utiliser des techniques dissipatives innovantes de correction d'erreurs quantiques, afin de concevoir un réseau quantique viable ayant des applications en communications quantiques, en détection, en infonuagique, ainsi que pour des tests fondamentaux de la nature. ■

ARTICLE VEDETTE

15 ans DE DÉCOUVERTE ET D'INNOVATION

L'IQC a été fondé en 2002 avec la vision suivante : créer à l'Université de Waterloo un centre de classe mondiale en informatique quantique. Quinze ans plus tard, cette vision est devenue réalité, en bonne partie grâce à l'action déterminante de RAYMOND LAFLAMME, directeur général fondateur de l'IQC.

À l'occasion d'un gala célébrant 15 ans de découverte et d'innovation, **RAYMOND LAFLAMME**, directeur général sortant, est honoré pour ses contributions et son action à la tête de l'IQC.

Le 22 juin 2017, des dignitaires, des invités spéciaux et des collègues scientifiques venus du monde entier se sont réunis pour fêter l'anniversaire de l'IQC et rendre hommage à Raymond Laflamme, dont le mandat de directeur général a pris fin le 30 juin 2017.

La soirée a été marquée par une vidéo de **JUSTIN TRUDEAU**, Premier Ministre du Canada, dans laquelle il rendait hommage aux chercheurs canadiens qui mènent la révolution quantique : « Ce que vous faites ici a vraiment le potentiel de transformer le monde. J'en suis extrêmement fier, à titre de Premier Ministre et aussi comme passionné de physique quantique. » [traduction]

Son Excellence **DAVID JOHNSTON**, alors gouverneur général du Canada, a aussi fait l'éloge du travail de l'IQC et de Raymond Laflamme, qu'il a contribué à recruter en provenance du Laboratoire national de Los Alamos. M. Johnston a déclaré dans une vidéo : « Ray..., nous vous félicitons pour tout ce que vous avez fait de manière si remarquable non seulement comme chef de file de notre communauté scientifique, mais aussi pour notre collectivité en général. » [traduction]

MIKE LAZARIDIS, dont la vision a mis en marche la recherche en physique quantique à Waterloo, a parlé de l'histoire de l'IQC, de son avenir et des possibilités immenses que représentent les technologies quantiques pour le Canada. Il a uni sa voix à celle de **FERIDUN HAMDULLAHPUR**, recteur et vice-chancelier de l'Université de Waterloo, afin de rendre hommage à M. Laflamme pour sa capacité à réunir et à diriger toute une équipe en vue d'un objectif commun.

D'autres dignitaires et collègues ont fait parvenir des commentaires sur vidéo pour célébrer l'anniversaire de l'IQC : **KATHLEEN WYNNE**, Première Ministre de l'Ontario; **NEIL TUROK** directeur de l'Institut Périmètre; **JUAN PABLO PAZ**, ami de longue date de Raymond Laflamme et chef du groupe de travail sur les fondements et l'information quantiques à Buenos Aires.

WEB **bit.ly/IQC-turns-15** ■

(en haut à gauche) RAYMOND LAFLAMME est chaleureusement accueilli sur scène par MIKE LAZARIDIS.

(ci-dessus) RAYMOND LAFLAMME évoque ses années à l'IQC pendant son discours principal.

FERIDUN HAMDULLAHPUR et MIKE LAZARIDIS félicitent RAYMOND LAFLAMME pour ses années à la tête de l'IQC.

ARTICLE VEDETTE

Coder notre AVENIR quantique

Les mathématiques qui sous-tendent l'informatique quantique

Si vous jetiez un coup d'œil dans le bureau de JON YARD, vous ne seriez pas surpris d'apprendre qu'il est théoricien de la physique quantique. En face de son bureau, il y a un tableau rempli d'équations algébriques complexes. Et dans les coins, on voit des traces d'équations effacées, puis remplacées par d'autres, qui ont été effacées à leur tour.

JON YARD, chercheur à l'IQC, est professeur au Département de combinatoire et d'optimisation de la Faculté de mathématiques, et professeur associé à l'Institut Périmètre de physique théorique.

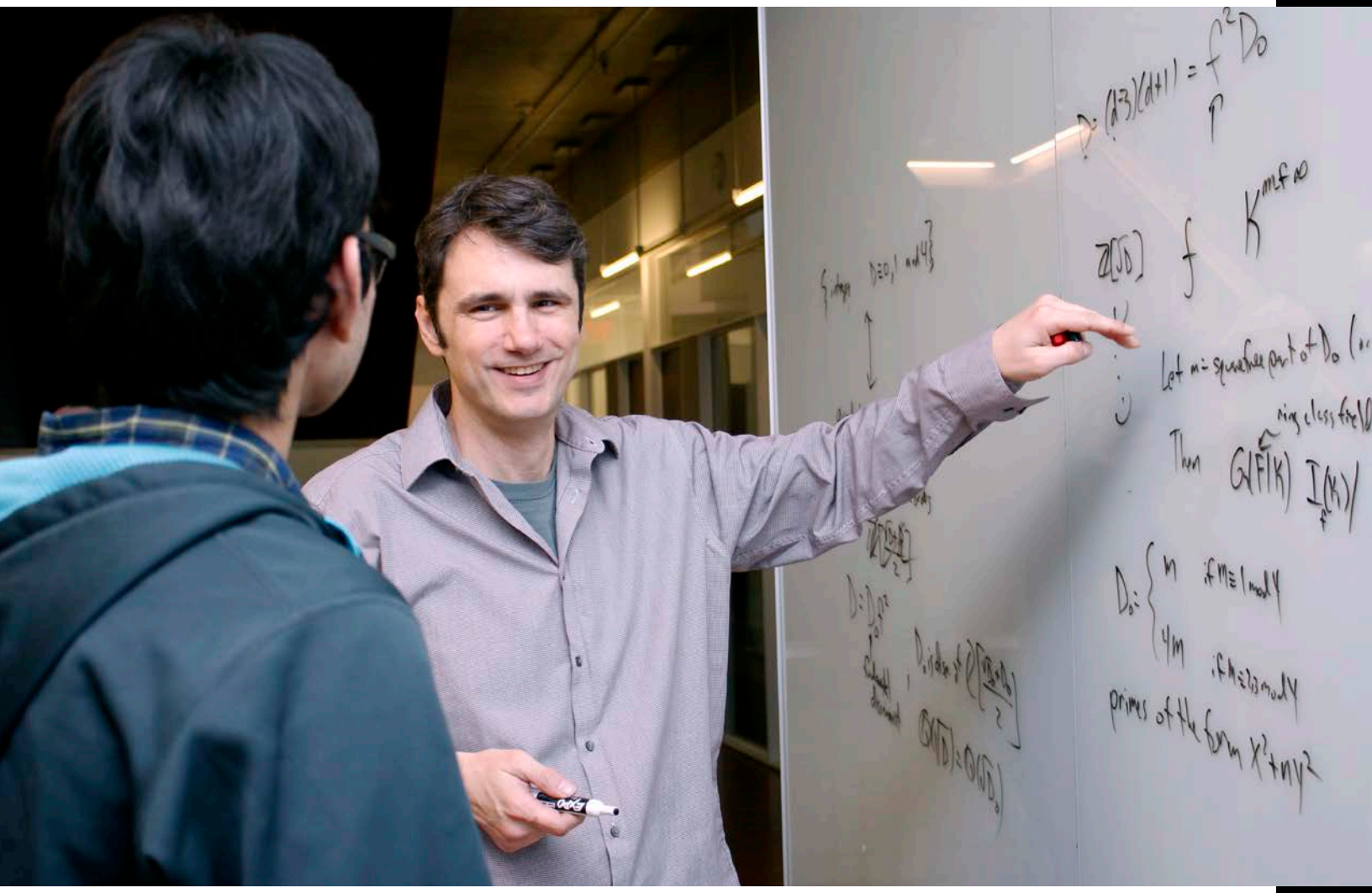
Jon Yard s'intéresse à l'informatique quantique. Il se sert d'idées issues de la physique, des mathématiques et de la programmation informatique pour explorer la théorie des systèmes et réseaux quantiques.

Pendant que d'autres chercheurs travaillent à la construction des éléments physiques d'un processeur quantique, Jon Yard aborde le problème de manière descendante. Il cherche à déterminer les possibilités et les limites de ces systèmes pour le traitement de l'information.

LES ROUAGES DU CALCUL

Sur le plan des principes, les processeurs quantiques ne sont pas très différents de ceux que nous utilisons à l'heure actuelle. En informatique classique, l'unité de base d'information est le bit. Le fonctionnement de ces bits est assuré par des portes logiques, et un regroupement de telles portes constitue un circuit typique. Un programmeur qui veut utiliser un tel système pour résoudre un problème complexe écrit un algorithme formé d'instructions détaillées qui disent exactement à l'ordinateur ce qu'il doit faire.

Un modèle de calcul quantique fonctionne d'une manière très semblable. Il fait appel à des circuits quantiques formés d'un ensemble de portes quantiques manipulant des qubits. Des algorithmes quantiques exécutent des instructions qui exploitent les propriétés de superposition et d'intrication de la mécanique quantique pour résoudre des problèmes qui seraient beaucoup plus difficiles ou qu'il faudrait plus de temps à résoudre à l'aide d'un ordinateur classique.



La recherche théorique se fait souvent en collaboration. Ici, JON YARD travaille sur un problème avec SANKETH MENDA, assistant de recherche de 1er cycle.

Un défi important consiste à déterminer quels problèmes seront traités plus rapidement par un système quantique.

Comme le dit Jon Yard, « nous avons besoin de nouveaux algorithmes quantiques » [traduction]. De plus, certaines portes quantiques semblent exiger d'énormes ressources chaque fois qu'on les utilise. En réduisant le plus possible l'utilisation de ces portes, on peut effectuer des calculs plus longs et plus fiables tout en faisant des économies substantielles. Il faut en outre optimiser les codes permettant de mettre en œuvre des portes d'une manière fiable, en tirant parti de nos connaissances actuelles sur le fonctionnement concret des ordinateurs quantiques.

Jon Yard travaille à la création de nouveaux schémas de compilation de portes quantiques et à la conception de nouveaux codes de correction d'erreurs, pour faire en sorte que les ordinateurs quantiques fonctionnent malgré la tendance naturelle de l'information quantique à se perdre dans son environnement.

LE PROBLÈME DE LA TOLÉRANCE AUX DÉFAILLANCES

La tolérance aux défaillances est relativement facile à réaliser dans les ordinateurs classiques, car on peut faire appel à la redondance. Par exemple, si 1 ou 2 bits d'une porte logique sont altérés, l'information qu'ils contiennent n'est pas perdue car les ordinateurs peuvent conserver cette information à de multiples exemplaires.

Par contre, la mécanique quantique ne permet pas de créer des copies identiques. Si des qubits sont exposés à leur environnement ou perturbés par un bruit quantique, l'information quantique est perdue.

Cela constitue un défi pour les théoriciens, mais il n'est pas impossible de le relever. Jon Yard parvient déjà à créer des schémas optimaux de portes quantiques insensibles aux défaillances, grâce aux « mathématiques profondes et subtiles » de la théorie des nombres algébriques. Plus ces portes sont efficaces, moins les expérimentateurs auront besoin d'en créer en laboratoire, ce qui permettra d'économiser beaucoup de ressources.

JON YARD au travail avec **SANKETH MENDA**, assistant de recherche de 1er cycle

« On pose des questions, puis on essaie d'y répondre. On pose encore d'autres questions… et on finit par trouver une réponse. »

DES PROGRÈS GRADUELS

Dans ses propres travaux, Jon Yard doit relever le défi de trouver un moyen de réunir ces petits systèmes insensibles aux défaillances dans un tout plus important. Il peut faire des raisonnements à propos de grands systèmes comportant de multiples qubits, mais les dimensions de ces systèmes augmentent beaucoup trop vite pour que l'on puisse stocker toute leur information d'une manière fiable.

Au bout du compte, le processus d'invention peut prendre du temps. Comme le dit Jon Yard, « on ne peut pas forcer une percée à survenir, elle arrive tout simplement » [traduction]. Il ne voit pas souvent des chercheurs courir dans les couloirs en criant « Eureka! ». Par contre, de petits moments de découverte surviennent chaque jour. C'est cette sensation — de trouver le prochain algorithme, de mieux percevoir la nature du monde quantique — qui motive le chercheur.

« Nous essayons seulement de comprendre les choses. dit-il. On pose des questions, puis on essaie d'y répondre. On pose encore d'autres questions… et on finit par trouver une réponse. » [traduction]

IMAGINER L'AVENIR QUANTIQUE

Dans l'avenir, Jon Yard compte adopter une stratégie globale pour relever les défis quantiques. Il se pourrait que certaines configurations matérielles d'un ordinateur quantique fonctionnent mieux avec certains algorithmes et codes de correction d'erreurs que d'autres. La découverte de ces combinaisons optimales permettra à Jon Yard de commencer à concevoir l'architecture d'un ordinateur quantique à part entière. Il espère collaborer bientôt avec des collègues pour passer de la théorie mathématique à la réalité expérimentale.

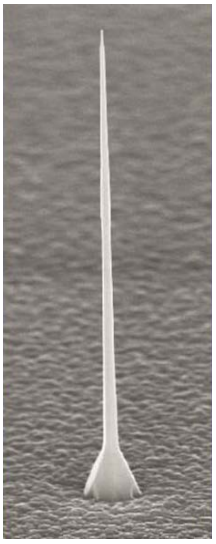
Entre-temps, il continue toutefois d'essayer de satisfaire sa curiosité. Il dit d'ailleurs que les idées viennent de l'étude théorique. Toute question posée suscite de nouvelles idées et découvertes. ■

RECHERCHES À SIGNALER

Les professeurs, les postdoctorants et les étudiants de l'IQC continuent de mener des recherches reconnues internationalement en informatique quantique. Voici quelques-uns de leurs travaux publiés dans des revues savantes.

VIOLATION DE L'INÉGALITÉ DE BELL AVEC DES SOURCES LUMINEUSES NANOMÉTRIQUES

Scientific Reports, **vol. 7, 2017, article nº 1700**



Nanofil semiconducteur à la fin de son processus de croissance. Sa forme conique lui permet d'extraire efficacement de la lumière à partir de matière quantique.

MICHAEL REIMER faisait partie d'une équipe internationale qui a réalisé la première violation de l'inégalité de Bell dans une nanostructure photonique et amélioré l'efficacité de l'extraction de lumière.

Les chercheurs ont incrusté des boîtes quantiques hautement symétriques — atomes nanométriques artificiels qui émettent de la lumière — dans des nanofils théoriquement capables de créer des photons intriqués avec une efficacité de près de 100 %. Même s'ils n'ont pas atteint cette limite théorique, ils ont produit un nombre de paires de photons intriqués de 2 ordres de grandeur supérieur aux résultats précédents obtenus avec des boîtes quantiques standard et ont violé de manière concluante l'inégalité de Bell.

Les paires de photons intriqués ont des applications principalement en communication et en cryptographie quantiques, qui font appel à la propriété d'intrication — selon laquelle des particules sont si étroitement liées qu'il est impossible de les décrire individuellement — pour produire des clés de cryptage inviolables. Le fait d'atteindre ce degré d'intrication signifie que les photons ont des corrélations telles qu'elles ne peuvent s'expliquer par des relations locales cachées. Sur le plan quantitatif, cela revient à une violation de l'inégalité de Bell.

Le haut taux d'intrication de photons obtenu grâce à cette méthode a pour effet d'accroître la sécurité de la cryptographie quantique et de diminuer de beaucoup le temps nécessaire pour compléter des expériences d'optique quantique.

L'article intitulé *Bright nanoscale source of deterministic entangled photon pairs violating Bell's inequality* (Source nanométrique brillante de paires de photons intriqués violant l'inégalité de Bell) a été publié le 10 mai dans *Scientific Reports*.

WEB **bit.ly/bright-nanoscale-source**

Nouvelles structures causales présentes uniquement dans le monde quantique

Nature Communications, **vol. 8, 2017, article nº 15149**

Dans le prolongement de recherches antérieures selon lesquelles, dans le monde quantique, certains types de corrélations impliquent une relation de cause à effet, une équipe de chercheurs de l'IQC a découvert que certains types de structures causales sont exclusifs au domaine quantique.

Cette équipe, à laquelle appartenait **KEVIN RESCH**, professeur à l'IQC, de même que le doctorant **JEAN-PHILIPPE MacLEAN**, a trouvé un type de mélange physique de mécanismes causaux qui agissent ensemble d'une manière cohérente sur le plan quantique.

Les nombreuses nouvelles possibilités résultant de cette découverte pourraient mener à de nouvelles idées sur la relation entre causalité et corrélations quantiques, notamment en ce qui concerne l'intrication. La causalité est un concept fondamental en épidémiologie, en génétique et dans les sciences sociales, et cette recherche a jeté un éclairage nouveau sur les relations de cause à effet dans un monde quantique.

L'article intitulé *Quantum-coherent mixtures of causal relations* (Mélanges de relations causales cohérentes sur le plan quantique) a été publié le 9 mai dans *Nature Communications*.

WEB **bit.ly/quantum-coherent-mixtures-of-causal-relations**

UNE ÉTUDE DÉMONTRE LA VIABILITÉ DES COMMUNICATIONS SATELLITAIRES QUANTIQUES

Quantum Science and Technology, vol. 2, 2017, article n° 024009

Le postdoctorant JEONGWAN JIN et le doctorant CHRISTOPHER PUGH préparent un prototype de récepteur satellitaire quantique à bord d'un avion du Conseil national de recherches du Canada (CNRC). *Photo : CNRC*

Au bout de près de 8 ans de préparation, l'équipe du projet QEYSSat (*Quantum EncrYption and Science SATellite* – Satellite de cryptographie et physique quantiques) de l'IQC, dirigée par **THOMAS JENNEWEIN**, a réussi la première démonstration d'une distribution quantique de clés (DQC) à partir d'un transmetteur au sol vers une charge aéroportée.

Le dispositif testé en vol a été conçu pour respecter les contraintes de taille et d'exploitation d'un microsatellite, de sorte que le test a démontré la viabilité du prototype du projet QEYSSat pour de futures missions satellitaires.

À l'heure actuelle, les systèmes de DQC au sol dépendent de fibres optiques, et leur portée est limitée à quelques centaines de kilomètres. Le recours à des systèmes satellitaires vise à étendre cette portée à l'échelle planétaire, ce qui permettra d'assurer le cryptage par clés quantiques et des communications inviolables dans le monde entier.

WEB **bit.ly/airborne-demo-QKD-receiver-payload**

Des triplets de photons préparent la voie pour l'intrication de plusieurs photons

Nature Communications, vol. 8, 2017, article n° 15716

Une équipe de chercheurs, dont **MILAD KHOSHNEGAR**, postdoctorant à l'IQC, et **GREGOR WEIHS**, membre associé de l'IQC, a réalisé une démonstration expérimentale de la création de triplets de photons corrélés dans le temps, à l'aide d'une boîte quantique moléculaire. La moyenne atteinte par l'équipe de 65,2 triplets de photons émis par minute est la plus élevée détectée à ce jour.

Pour créer ces triplets, les chercheurs ont envoyé des impulsions de lumière de l'ordre de la picoseconde dans un nanofil photonique, à travers une paire de boîtes quantiques puis dans une boîte quantique moléculaire. À l'aide d'un dispositif de datation et de détecteurs de photons, les chercheurs ont pu mesurer les photons en sortie, confirmant que les 3 photons étaient émis en même temps et qu'il ne s'agissait pas de 3 événements indépendants.

Ces résultats préparent la voie à l'intrication pour la production directe de triplets de photons intriqués dans un système à l'état solide, ce qui serait utile pour des protocoles de communication quantique ainsi que pour la cryptographie avec un tiers certificateur.

L'article intitulé *A solid state source of photon triplets based on quantum dot molecules* (Une source à l'état solide de triplets de photons à partir de boîtes quantiques moléculaires) a été publié le 12 juin dans *Nature Communications*.

WEB **bit.ly/solid-state-source-photon-triplets**

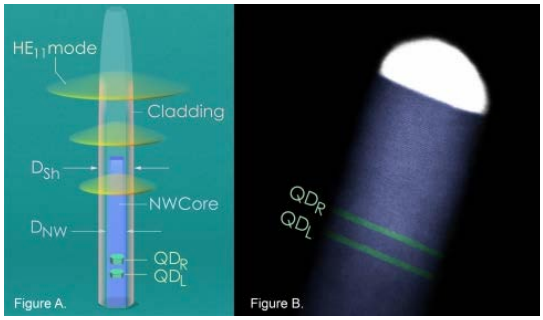


Figure A : **Schéma d'une boîte quantique moléculaire imbriquée dans un nanofil revêtu**

Figure B : **Image en fausses couleurs, prise au microscope électronique, d'un nanofil en InP**

KAYLA HARDIE travaille en laboratoire sur le spectrophotomètre à DEL.

Un nouvel appareil offre un moyen simple et abordable d'identifier des revêtements optiques en laboratoire

IEEE Sensors Journal, **vol. 17, nº 19, 1er octobre 2017**

Un spectrophotomètre à diodes électroluminescentes (DEL) conçu et réalisé par des chercheurs de l'IQC constitue la première démonstration d'un appareil simple et automatisé capable de caractériser des revêtements optiques.

L'article *Inexpensive LED-Based Optical Coating Sensor* (Un capteur de revêtements optiques muni de DEL et peu coûteux), évalué par des pairs et publié dans le numéro du 1er octobre de la revue *IEEE Sensors Journal,* a été une première pour l'étudiante de 1er cycle **KAYLA HARDIE**, qui a mis au point l'appareil à titre d'assistante de recherche de 1er cycle au laboratoire de **THOMAS JENNEWEIN**. La postdoctorante **KATANYA KUNTZ** et le doctorant **SASCHA AGNE** ont aussi participé au projet.

L'appareil peut identifier des types de revêtement grâce à 10 DEL rotatives et à un photodétecteur au silicium qui mesure de l'ultraviolet à l'infrarouge proche la lumière réfléchie par l'échantillon. Contrairement à la plupart des filtres optiques disponibles dans le commerce, l'appareil peut bloquer toutes les longueurs d'onde à l'extérieur d'un intervalle spécifié. Il est en outre peu coûteux, portable, convivial et facile à construire, et s'avère utile en laboratoire ou comme outil d'enseignement.

WEB **bit.ly/LED-based-optical-coating-sensor** ■

Une expérience permet d'accroître l'efficacité des photons en communication quantique

Physical Review Applied, **vol. 8, 2017, article nº 054015**

Une équipe de chercheurs de l'IQC a fait la démonstration d'un nouveau type de générateur de photons individuels sur demande, qui peut façonner les photons de manière à accroître leur efficacité lorsqu'on les utilise dans un réseau quantique.

« Nos résultats constituent une importante démonstration de principe d'une technologie habilitante pour les réseaux quantiques et facilement applicable à d'autres types de systèmes physiques au-delà de supraconducteurs » [traduction], a déclaré le professeur **CHRISTOPHER WILSON**, chercheur principal au laboratoire d'ingénierie de systèmes quantiques. L'ancien postdoctorant **POL-FORN DÍAZ**, l'ancien étudiant à la maîtrise **CHRISTOPHER WARREN**, de même que les doctorants **CHUNG WAI SANDBO CHANG** et **VADIRAJ ANANTHAPADMANABHA RAO**, ont également participé à ces travaux.

Le nouveau générateur de photons est un circuit supraconducteur composé de 2 parties principales. La première, un qubit supraconducteur, agit comme un atome artificiel qui émet des micro-ondes. La seconde est une ligne de transmission supraconductrice qui transporte des signaux électriques à travers le circuit.

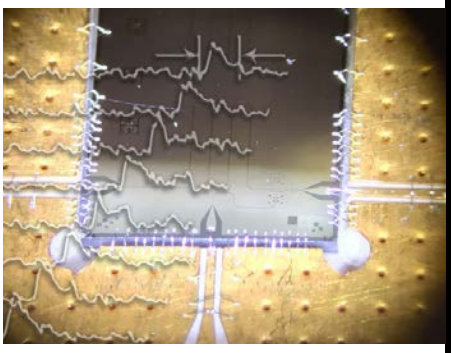


Image du circuit supraconducteur utilisé dans l'expérience. Les courbes superposées sur l'image montrent les impulsions mesurées constituées de photons individuels.

« La capacité de produire des photons ayant certaines caractéristiques est importante pour une absorption efficace d'impulsions photoniques par des nœuds éloignés dans un réseau quantique, a déclaré M. Wilson. Ces travaux montrent en outre que les micro-ondes quantiques auront leur utilité dans de futurs réseaux de communication quantique. » [traduction]

WEB **bit.ly/on-demand-mw-gen-shaped-photons** ■

CONFÉRENCES ET ATELIERS

USEQIP

Undergraduate School on Experimental Quantum Information Processing

L'été dernier, 24 étudiants de 1er cycle provenant de 12 pays et tous animés d'une passion pour le génie, la physique et l'informatique ont eu l'occasion d'explorer le domaine qui se situe à la rencontre de ces 3 disciplines : l'informatique quantique. Du 29 mai au 9 juin, ils ont participé sans frais à l'École de 1er cycle sur le traitement quantique expérimental de l'information (USEQIP), camp de 2 semaines d'initiation à l'informatique quantique. Grâce à des exposés de chercheurs de premier plan en physique quantique ainsi qu'à 30 heures d'expérience pratique en laboratoire, ces étudiants ont vu de l'intérieur à quoi ressemblent des études supérieures en informatique quantique. ■

Les femmes et la physique au Canada (2017)

Des scientifiques en début de carrière ont convergé à l'IQC pour la 6e conférence annuelle *Women in Physics Canada* (Les femmes et la physique au Canada), qui s'est tenue du 26 au 28 juillet. Même s'il s'agit principalement d'une conférence de recherche, elle est également conçue pour promouvoir la diversité et réunir des scientifiques en début de carrière.

À l'occasion de tables rondes et d'ateliers, des chercheuses telles que **KATANYA KUNTZ** et **RAZIEH ANNABESTANI** ont raconté leur histoire et parlé de leurs défis, dans l'espoir de guider d'autres jeunes femmes en début de carrière dans un domaine actuellement dominé par les hommes.

Les thèmes abordés ont mis l'accent sur l'importance d'avoir de solides modèles féminins et des réseaux de soutien, d'entretenir des relations positives avec les directeurs de recherche et de prendre régulièrement soin de soi face à la discrimination et à l'adversité. **CHRIS HERDMAN**, postdoctorant à l'IQC, a également pris la parole lors de la conférence, pour souligner que les groupes surreprésentés peuvent contribuer à promouvoir le changement en encourageant d'autres personnes à participer au dialogue.

WEB **bit.ly/women-in-physics-support-networks** ■

QCSYS

Quantum Cryptography
School for Young Students

Pour la 9e année consécutive, l'IQC a accueilli 40 élèves du secondaire lors de l'École de cryptographie quantique pour jeunes étudiants (QCSYS), intense programme d'enrichissement d'une durée de 8 jours. Du 11 au 18 août, les participants ont profité d'exposés et d'expériences pratiques portant sur la cryptographie quantique — domaine de pointe où l'on utilise les lois fascinantes de la mécanique quantique pour mettre au point un cryptage inviolable. En plus de transmettre des clés quantiques ou d'avoir des mentors individuels en la personne de chercheurs de l'IQC, les participants ont expérimenté la vie en résidence universitaire avec des camarades venus du monde entier. QCSYS vise à encourager ces élèves performants à poursuivre une carrière en informatique quantique. ■

PHYSIQUE QUANTIQUE À IQALUIT

En juillet, des chercheurs de l'IQC sont sortis de leurs laboratoires pour s'aventurer au milieu de l'été dans la toundra d'Iqaluit, capitale du Nunavut, territoire le plus récemment constitué du Canada.

Comme toute rencontre scientifique, *Quantum in Iqaluit* (Physique quantique à Iqaluit) a comporté des exposés et des périodes de questions; mais elle a aussi mêlé recherche scientifique de pointe et traditions ancestrales, favorisant des échanges culturels. Les habitants d'Iqaluit se sont instruits sur la physique quantique et ont découvert des concepts comme celui du chat de Schrödinger, grâce à l'exposition mobile *QUANTUM* de l'IQC. Pour les chercheurs, dont les travaux visent à comprendre des phénomènes naturels à l'échelle subatomique, l'exposition aux interprétations inuites de la nature ont donné une nouvelle perspective sur ce qu'ils font en tant que scientifiques.

« Je crois que jamais un endroit ne m'a amené à autant réfléchir sur la manière dont les choses fonctionnent — comment les gens survivent, vivent et s'épanouissent », a déclaré le professeur **KEVIN RESCH**, directeur par intérim de l'IQC. « Les participants parleront pendant longtemps de cette réunion, non seulement pour les idées scientifiques dont nous avons discuté, mais aussi pour l'expérience que nous avons vécue. » [traduction]

Lorsqu'ils ne discutaient pas de physique quantique, les chercheurs ont participé à des traditions inuites, applaudi des chanteuses de gorge de la localité et arpenté la rude toundra pendant une chasse au trésor dans le parc territorial Sylvia-Grinnell.

La conférence a aussi permis de célébrer le 15e anniversaire de l'IQC et de souligner l'héritage de son directeur fondateur, **RAYMOND LAFLAMME**. Elle a aussi marqué le 20e anniversaire d'un article d'**ALEXEI KITAEV** qui a contribué à établir que l'informatique quantique est une véritable possibilité du monde réel.

Les participants à la conférence comptaient des pairs d'Alexei Kitaev et des collaborateurs de longue date de Raymond Laflamme, dont **WOJCIECH ZUREK**, **JEFF KIMBLE**, **HARRY BUHRMAN**, **JUAN PABLO PAZ** et d'autres scientifiques qui ont fait progresser l'informatique quantique depuis plusieurs décennies.

WEB **bit.ly/quantum-in-iqaluit** ■

RECHERCHES
À SIGNALER

Quantum Innovators

Nouveauté de cette année, l'IQC a offert 2 ateliers *Quantum Innovators* (Innovateurs dans le domaine quantique) différents réunissant les jeunes postdoctorants et chercheurs en début de carrière les plus prometteurs.

Du 18 au 22 septembre, *Quantum Innovators in Computer Science and Mathematics* (Innovateurs dans le domaine quantique en informatique et mathématique) a rassemblé 15 jeunes informaticiens et mathématiciens qui travaillent sur les aspects théoriques du calcul et de l'information quantique. Du 2 au 5 octobre, *Quantum Innovators in Science and Engineering* (Innovateurs dans le domaine quantique en sciences et génie) a réuni 19 expérimentateurs et théoriciens qui étudient la physique et le génie quantiques. Les participants des 2 groupes ont exploré les frontières de la science et de la technologie de l'information quantique en faisant connaître leurs propres recherches et en prenant connaissance des travaux de leurs pairs.

Ces ateliers de 4 jours organisés à l'IQC sont en partie financés par le Fonds d'excellence en recherche Apogée Canada, dans le cadre du programme *Technologies quantiques transformatrices* (TQT).

(à gauche) Innovateurs dans le domaine quantique en sciences et génie (à droite) Innovateurs dans le domaine quantique en informatique et mathématique

Schrödinger's Class

L'automne dernier, des enseignants sont devenus étudiants à leur tour pendant l'atelier Schrödinger — atelier gratuit sur la mécanique et la technologie quantiques. Du 8 au 10 décembre, 32 participants ont assisté aux conférences principales de professeurs de l'IQC et ont participé à des activités pratiques conçues pour les aider à inclure la technologie quantique dans leur programme d'enseignement. Ils ont visité des laboratoires de l'IQC, utilisé l'expérience des doubles fentes pour mesurer l'épaisseur d'un cheveu et construit leurs propres systèmes de cryptographie quantique à l'aide de pièces de monnaie et de boîtes. Les enseignants sont ressortis de cet atelier avec les connaissances voulues pour parler des derniers développements dans le domaine quantique, ainsi qu'avec des activités et des plans de cours prêts à utiliser en classe.

PROCHAINES CONFÉRENCES

- **École de 1er cycle sur le traitement quantique expérimental de l'information (USEQIP)**
  Du 28 mai au 8 juin 2018
- **École de cryptographie quantique pour jeunes étudiants (QCSYS)**
  Du 10 au 17 août 2018

VISITES

Bienvenue à l'IQC

Des partenaires actuels et futurs viennent à l'IQC se renseigner sur les recherches qui s'y font et examiner les possibilités de collaboration. Au cours des sessions de printemps et d'automne, l'IQC a accueilli :

35
visiteurs d'institutions universitaires

Plus de 70
représentants de gouvernements répartis en **18** délégations

Plus de 390
visiteurs représentant **55** entreprises

RAYONNEMENT DE L'IQC

#DansChaqueClasse

Le 26 mai, Innovation150 a installé une exposition scientifique à l'école secondaire Cathedral, à Hamilton, en Ontario. Plus de 1 700 élèves sont venus rencontrer des représentants de 11 des plus grands organismes scientifiques du Canada et s'instruire à leur contact. Cette activité a réuni des scientifiques de premier plan et des technologies de pointe dans une célébration des idées et de l'ingéniosité canadiennes.

MARTIN LAFOREST, gestionnaire principal, diffusion des connaissances scientifiques, **ELECTRA ELEFTHERIADOU**, agente de vulgarisation scientifique, **ANGELA OLANO**, gestionnaire des projets spéciaux, de même que **JEREMY FLANNERY**, **SIMON DALEY** et **THOMAS ALEXANDER**, étudiants à l'IQC, ont fait des démonstrations du train à lévitation par supraconductivité et animé des visites guidées de l'exposition mobile *QUANTUM*. ■

JOURNÉES DE LA PHYSIQUE

En partenariat avec le Département de physique et d'astronomie de la Faculté des sciences, l'IQC a accueilli du 7 au 18 décembre plus de 300 élèves avancés du secondaire venus de 6 écoles ontariennes. Ces élèves ont partagé leur temps entre le Département de physique et d'astronomie et l'IQC, où ils ont été initiés à la physique quantique au moyen d'activités pratiques en laboratoire animées par **PATRICK DALEY**, **JEREMY FLANNERY**, **NAIRONG HOU**, **SHAYAN-SHAWN MAJIDY**, **RAMY TANNOUS** et **ANNELISE BERGERON**, étudiants à l'IQC. ■

RAYONNEMENT DE L'IQC

La physique quantique au Canada et ailleurs dans le monde

MARTIN LAFOREST, gestionnaire principal, diffusion des connaissances scientifiques, a repris la route pour faire connaître la physique quantique au Canada et à l'étranger. Il s'est notamment arrêté au musée TELUS Spark, à Calgary, pour l'activité Beer + QUANTUM, à l'Université de Sherbrooke, au Québec, ainsi qu'à Londres, en Angleterre, où il a prononcé une conférence publique à la Maison du Canada. ■

PHYSIQUE QUANTIQUE POUR ENSEIGNANTS

MARTIN LAFOREST et **ELECTRA ELEFTHERIADOU**, agente de vulgarisation scientifique, ont fait connaître le monde quantique à des enseignants et leur ont donné des outils d'enseignement dans ce domaine :

- au congrès de l'Association des enseignants de physique de l'Ontario (OAPT), à Toronto, le 12 mai;
- à l'atelier *EinsteinPlus* de l'Institut Périmètre, à Waterloo, le 11 juillet;
- dans un atelier spécial de 2 jours et demi pour les conseillers pédagogiques des associations américaines des enseignants de physique, à Cincinnati, du 19 au 21 juillet. ■

Atelier Lloyd-Auckland de mathématiques sur invitation

Le calcul et la cryptographie quantiques ont fait l'objet d'un atelier l'après-midi du 30 mai dans le cadre de l'atelier Lloyd-Auckland de mathématiques sur invitation, organisé par le CEMC *(Centre for Education in Mathematics and Computing* – Centre pour l'enseignement des mathématiques et de l'informatique) de l'Université de Waterloo pour 60 jeunes filles du secondaire. **MARTIN LAFOREST** a animé des activités pratiques montrant les principes de la mécanique quantique. ■

LA PHYSIQUE QUANTIQUE AU-DELÀ DES FRONTIÈRES

En novembre 2017, l'exposition mobile *QUANTUM* de l'IQC a fait une tournée en Europe, avec des arrêts à Berlin, Delft, Londres et Bruxelles, pour présenter le pouvoir des technologies quantiques et saluer la contribution de scientifiques canadiens à ce domaine de recherche en croissance rapide.

JOHN DONOHUE, diplômé de l'IQC, était sur place à Berlin pour guider les visiteurs dans l'exposition mobile *QUANTUM*. Il a aussi participé à une table ronde sur la physique quantique lors de la semaine de la science à Berlin.

« Nous entendons souvent dire que la physique quantique est intimidante », a déclaré **TOBI DAY-HAMILTON**, directrice des communications et des initiatives stratégiques à l'IQC. « Avec l'élaboration de l'exposition *QUANTUM*, notre objectif a toujours été d'intéresser les gens de tous âges d'une manière amusante et originale. Beaucoup de recherches étonnantes se déroulent près de chez nous, et nous voulons faire connaître ces travaux remarquables au monde entier. » [traduction]

ANGELA OLANO, gestionnaire des projets spéciaux, a dirigé la tournée européenne de l'exposition mobile *QUANTUM*. Cette version mobile de l'exposition a été conçue pour répondre aux demandes de divers événements et festivals. Elle comprend des activités interactives populaires, des jeux et des vidéos de l'exposition complète, mais occupe moins de 10 % de l'espace de celle-ci. ■

Vie de L'INSTITUT

De la théorie à l'expérience

PROFIL d'une étudiante à la maîtrise : ANNELISE BERGERON

« Si vous croyez comprendre la mécanique quantique, c'est que vous ne la comprenez pas. »

Cette citation célèbre de Richard Feynman inspire quotidiennement **ANNELISE BERGERON**, étudiante à la maîtrise, qui est fascinée par le caractère contre-intuitif de la mécanique quantique. « C'est un monde totalement différent, qui fonctionne selon ses propres règles » [traduction], dit-elle pour décrire l'étrangeté du domaine.

Originaire de l'État de la Louisiane, Mme Bergeron attribue à l'enthousiasme d'un enseignant de chimie au secondaire le mérite d'avoir suscité son intérêt pour la physique théorique. Au moment où elle était prête à entreprendre des études supérieures, elle avait jeté son dévolu sur l'aspect expérimental de l'informatique quantique.

« J'étais passionnée par le côté expérimental de la recherche, dit-elle. L'IQC me semblait être l'endroit idéal pour développer mes aptitudes et avoir une perspective globale de la recherche en physique quantique. » [traduction]

Suite à la page 18

De la théorie à l'expérience *(suite de la page précédente)*

Au sein de l'équipe du laboratoire d'électronique de spin cohérente, dirigée par le professeur **JONATHAN BAUGH**, Annelise Bergeron travaille à la création de semiconducteurs supraconducteurs pour l'informatique quantique topologique. Elle cherche à réaliser une quasiparticule protégée topologiquement de manière intrinsèque, appelée *fermion de Majorana*.

La protection intrinsèque contre le bruit du milieu et la décohérence due aux perturbations électriques et à diverses instabilités constitue un avantage par rapport à d'autres modes de traitement de l'information quantique.

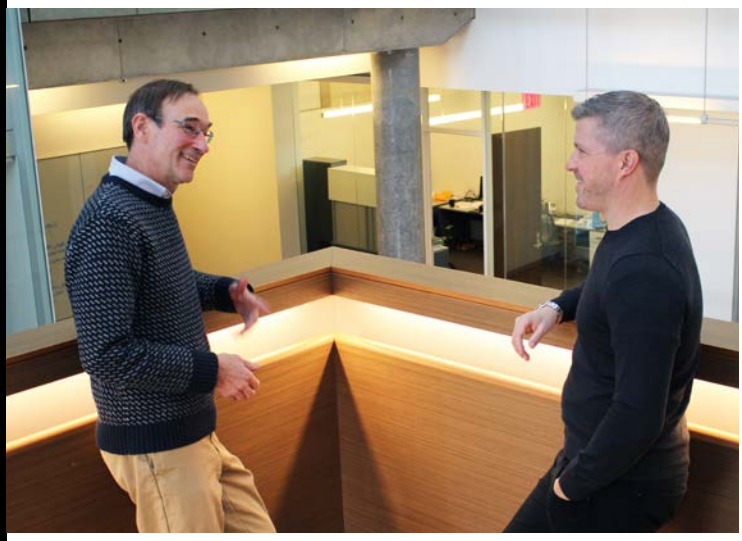
« Un schème de calcul quantique avec ce degré de protection procure un avantage à un environnement informatique, a déclaré Mme Bergeron. C'est possible en théorie, et nous travaillons maintenant à réaliser cela en laboratoire. » En plus du potentiel de calcul quantique à l'aide de fermions de Majorana, Annelise Bergeron évoque les possibilités enthousiasmantes offertes par ces dispositifs en science des matériaux. « Nous pouvons observer comment un semiconducteur acquiert des propriétés supraconductrices lorsqu'il est à proximité d'un supraconducteur, et comment cela a des répercussions sur le transport quantique. » [traduction]

À l'extérieur du laboratoire, Annelise Bergeron a des intérêts remarquablement variés. Elle est passionnée de gastronomie, de danse, de musique et d'art visuels. Elle fait du vélo de compétition et fabrique des meubles de toutes sortes, entre autres des étagères et des chaises longues.

Mais ce sont ses recherches qui lui procurent le plus de satisfaction chaque jour.

« Je travaille au seuil de quelque chose de nouveau, et c'est vraiment passionnant, dit-elle. La recherche en informatique quantique a énormément progressé depuis 15 ans. J'ai la chance de faire mes propres études pendant cette période et je veux participer à cette progression. » [traduction] ■

ACTIVITÉS



RAYMOND LAFLAMME, directeur fondateur de l'IQC et titulaire de la chaire John-von-Neumann sur l'information quantique, et EDWIN OUTWATER, directeur musical émérite de l'orchestre symphonique de Kitchener-Waterloo, discutent de leur collaboration à l'origine de l'œuvre *Quantum Etude*. ■

PHYSIQUE QUANTIQUE ET MUSIQUE

La première activité de la série *Entangled*, qui portait sur la physique quantique et la musique, s'est tenue le 3 octobre, avec la participation de **RAYMOND LAFLAMME**, directeur fondateur de l'IQC et titulaire de la chaire John-von-Neumann sur l'information quantique, et **EDWIN OUTWATER**, directeur musical émérite de l'orchestre symphonique de Kitchener-Waterloo.

Au cours de cette activité animée par **MIKE FARWELL**, MM. Laflamme et Outwater ont parlé de leur collaboration à l'origine de l'œuvre *Quantum Etude*, performance musicale qui fait appel à la physique quantique pour créer une pièce étonnamment aléatoire. La musique de *Quantum Etude* englobe des notions-clés de mécanique quantique, tant dans la forme musicale que dans les modalités d'interprétation.

WEB **bit.ly/quantum-and-music** ■

ANNONCES ET DISTINCTIONS

UN DOCTORANT REÇOIT UNE BOURSE VANIER

DANIEL GRIMMER a obtenu la bourse d'études supérieures Vanier du Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie (CRSNG), d'une valeur de 150 000 $ sur 3 ans. Cette bourse prestigieuse reconnaît l'excellence des travaux de M. Grimmer sur la décohérence — obstacle important à la construction d'un ordinateur quantique universel.

Cette distinction souligne aussi l'influence de M. Grimmer au sein de l'Association des étudiants diplômés en physique, où il a contribué à renforcer les liens entre les communautés scientifiques de l'IQC, du Département de physique et d'astronomie de l'Université de Waterloo ainsi que de l'Institut Périmètre de physique théorique.

Daniel Grimmer a également obtenu de l'Université de Waterloo la bourse d'études supérieures du recteur, remise à des étudiants diplômés exceptionnels qui obtiennent par voie de concours des bourses gouvernementales majeures. ■

SOUTENANCES

Félicitations aux étudiants qui ont soutenu avec succès leur thèse de doctorat ou leur mémoire de maîtrise au cours des sessions de printemps et d'automne :

SASCHA AGNE, Ph.D.
PAULINA CORONA, Ph.D.
JIE LIN, M.Sc.
BENJAMIN LOVITZ, M.Sc.
CHRISTIAN MASTROMATTEI, M.Sc.
COREY RAE MCRAE, Ph.D.
JOCHIM NSOFINI, Ph.D.
HELEN PERCIVAL, M.Eng.
CHRISTOPHER PUGH, Ph.D.
ALLISON SACHS, M.Sc.
YONGCHAO TANG, Ph.D.
ZIMENG WANG, M.Sc.
CHRISTOPHER WARREN, M.Sc. ■

Raymond Laflamme reconnu pour son excellence en recherche

RAYMOND LAFLAMME, professeur et directeur fondateur de l'IQC, s'est vu remettre 2 distinctions prestigieuses :

- Le 14 septembre, il a été nommé titulaire de la chaire Mike-et-Ophelia-Lazaridis-John-von-Neumann sur l'information quantique. Un investissement de 8 millions de dollars, effectué par l'Université de Waterloo en collaboration avec **MIKE** et **OPHELIA LAZARIDIS**, appuiera la poursuite des recherches de M. Laflamme sur la correction d'erreurs dans les systèmes quantiques — aspect crucial de la mise au point d'un ordinateur quantique et d'autres technologies quantiques robustes.
- Le 29 décembre, son Excellence la très honorable **JULIE PAYETTE**, gouverneure générale du Canada, a nommé M. Laflamme à l'Ordre du Canada pour son apport important au pays sur les plans scientifique et humain. ■

L'Agence spatiale canadienne accorde 1,5 million de dollars à l'IQC pour une mission de cryptage

Le 19 décembre, l'Agence spatiale canadienne a accordé 1,5 million de dollars à l'IQC pour diriger le volet scientifique d'une mission connue sous l'acronyme QEYSSat (*Quantum EncrYption and Science SATellite* – Satellite de cryptographie et physique quantiques), qui protégera les communications et les données des Canadiens sur la terre et dans l'espace.

L'honorable **NAVDEEP BAINS**, ministre de l'Innovation, des Sciences et du Développement économique, a déclaré : « Le développement de technologies révolutionnaires comme la cryptographie quantique permettra d'assurer la sécurité des Canadiens, de leur fournir des services gouvernementaux fiables et de protéger leurs renseignements personnels. Cet investissement permet à l'Université de Waterloo de donner au Canada un avantage sur les plans scientifique et technologique en cryptographie quantique. Il ouvre les perspectives pour le perfectionnement de la main-d'œuvre hautement qualifiée de notre pays et offre de nouveaux débouchés sur les marchés du monde entier. » ■

Un doctorant se mérite une bourse d'excellence de l'IQC

Le doctorant **DUSAN SARENAC** a reçu en décembre une bourse d'excellence de l'IQC pour les travaux qu'il a effectués en collaboration avec les professeurs **DAVID CORY** et **DMITRY PUSHIN** sur une méthode de préparation de faisceaux qui repose sur un treillis d'états de moment angulaire orbital couplés à des systèmes à 2 niveaux.

Cette bourse est remise à un étudiant de l'IQC qui a apporté une contribution exceptionnelle à la recherche sur l'information quantique. ■

DES CHERCHEURS DE L'IQC REÇOIVENT DES FONDS D'INFRASTRUCTURE DE LA FCI

Le 12 octobre, les professeurs **KYUNG SOO CHOI** et **THOMAS JENNEWEIN** se sont vu accorder par la Fondation canadienne pour l'innovation (FCI) des fonds d'infrastructure à l'appui de leurs recherches.

Kyung Soo Choi a obtenu 960 000 $ pour ses recherches sur les circuits quantiques photoniques et l'intégration de systèmes quantiques atomiques et à l'état solide. Ses travaux portent principalement sur la mise au point et l'application des techniques les plus évoluées de physique des atomes froids et d'optique quantique, afin de démontrer quelle est la nature fondamentale du monde quantique.

Thomas Jennewein a obtenu 338 000 $ pour financer la mise sur pied d'un centre d'exploitation de charges utiles pour les communications quantiques. Il est le chercheur principal du projet QEYSSat *(Quantum EncrYption and Science SATellite* – Satellite de cryptographie et physique quantiques), qui vise à faire la démonstration de la production de clés de cryptage grâce à la création de liens quantiques entre le sol et l'espace, ainsi qu'à faire des recherches fondamentales à propos de l'intrication quantique sur de grandes distances. ■

Norbert Lütkenhaus élu membre de la Société américaine de physique

Le 17 octobre, le professeur **NORBERT LÜTKENHAUS** a été élu membre de la Société américaine de physique (APS) « pour ses contributions théoriques novatrices aux domaines des communications quantiques sécuritaires et du traitement optique de l'information quantique » [traduction].

Ses travaux mettent l'accent sur la recherche de protocoles avantageux de communication quantique, dont la distribution quantique de clés (DQC). M. Lütkenhaus vise à combler le fossé entre une démarche informatique théorique et la mise en œuvre concrète de communications quantiques. ■

COURS

PRINTEMPS 2017

QIC 891
Cryptographie à l'épreuve des attaques quantiques

QIC 890
Introduction aux processus de bruit

AUTOMNE 2017

QIC 710
Traitement de l'information quantique

QIC 820
Théorie de l'information quantique

QIC 880
Nanoélectronique pour le traitement de l'information quantique

QIC 890
Dispositifs photoniques à l'état solide

QIC 890
Optique quantique moderne et nanophotonique ■

NOUVEAUX VENUS

Étudiants

Tina Dekker
Patrick Daley
Han (Vincent) Weng
Nairong Hou
Yu (Jerry) Shi
Brendan Bramman
Andrew Cameron
Michael Chen
Nikhil Kotibhaskar
Dariusz Lasecki
Richard Lopp
Pei Jiang Low
Ashutosh Marwah
Richard Rademacher
Joshua Ruebeck
Jiahao Shi
Bowen Yang
Yutong Dai
Andy (Zhenghao) Ding
Gilbert (Chung-You) Shih
Ruoxuan Xu
Sam Winnick
Petar Simidzija
Antonio Martinez
(Seyed) Sahand Tabatabaei
Evan Peters
Matthew Alexander
Jose de Ramon Rivera
Lane Gunderman
Samuel Jaques
Andrew Jena
Andrew Jordan
He (Ricky) Ren
Theodore Rogozinski
Allison Sachs
Sebastian Slaman
Nadine Stritzelberger
Ningping Cao
Erickson Tjoa

Postdoctorants

Paulina Corona Ugalde
Matthew Coudron
Mark Girard
Aleksander Kubica
Tian Lan
Fereshteh Rajabi
Pooya Ronagh
Karthikeyan Sampath Kumar
Francois Sfigakis
Yongchao Tang
Pan Zheng

Personnel

Taso Alkiviades
Christine Bezruki
Louise Green
Trenton McNulty
Alanna Wilson

Scientifiques invités

Qian Xue
Vinod Raj Rajagopal Muthu
Youning Li
Noah Greenberg
Anuj Shripad Apte
Austin Bradley
Daniel Eduardo Galviz Blanco
Maria Julia Maristany
Ingrid Strandberg
Benjamin Soloway
Ahreum Lee
Andy Ding
Lorenzo Catani
Ashwin Kumar
Frankie Fung
Hengameh Bagherianlemraski
Irene Lopez Gutierrez
Louisa Huang
Han Zhang
Botao Li
Hailin Yu
Zhipeng Li
Hiacheng Xuan
Dai Wei
Anton Trushechkin
Dmitry Kronberg
Zhengcheng Gu
Dawei Lu
Chi-Kwong Li
Yiu Tung Poon
Cheng Guo
Yidun Wan
Raphaël Aymeric
Shengqiao Luo
Christine Muschik
Maren Ilango
Sara Zarar Jafarzadeh
Kirill Zhernenkov
Zhengcheng Gu
HeeBong Yang
Martin Houde
Aditya Jain ■

FÉLICITATIONS À NOS DIPLÔMÉS DE 2017

Collation des grades du printemps

GOLAM BAPPI
M.Sc.A. en génie électrique et informatique (information quantique)

YIHANG YANG
M.Sc.A. en génie électrique et informatique

HILLARY DAWKINS
M.Sc. en physique (information quantique)

SUMEET KHATRI
M.Sc. en physique (information quantique)

ALEX PARENT
M.Sc. en physique (information quantique)

RAZIEH ANNABESTANI
Ph.D. en physique (information quantique)

JOHN DONOHUE
Ph.D. en physique (information quantique)

MATTHEW GRAYDON
Ph.D. en physique (information quantique)

GREGORY HOLLOWAY
Ph.D. en physique (information quantique)

XIAN MA
Ph.D. en physique (information quantique)

ZACHARY WEBB
Ph.D. en physique (information quantique)

XINGLIANG LOU
M.Math. en combinatoire et optimisation (information quantique)

GUILLAUME VERDON-AKZAM
M.Math. en mathématiques appliquées (information quantique)

VINCENT RUSSO
Ph.D. en informatique

Collation des grades de l'automne

GUIYANG HAN
M.Sc. en physique (information quantique)

ALLISON SACHS
M.Sc. en physique (information quantique)

JOACHIM NSOFINI
Ph.D. en physique (information quantique)

CHRISTOPHER PUGH
Ph.D. en physique (information quantique)

RUI PENG LIU
M.Math. en combinatoire et optimisation

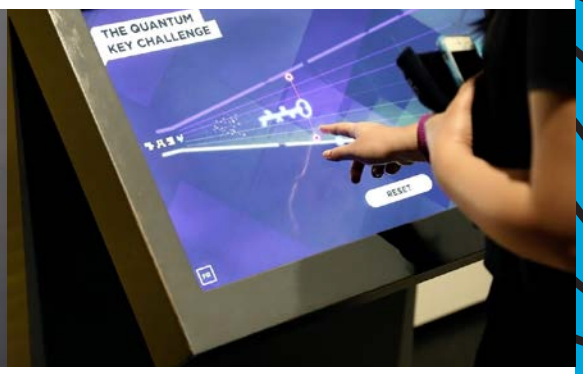
YONGCHAO TANG
Ph.D. en génie électrique et informatique (information quantique) ■

physicsworld
TOP 10
BREAKTHROUGH
2017

Une expérience désignée parmi les 10 plus grandes percées de 2017

L'observation d'une authentique interférence entre 3 photons, menée de manière indépendante, d'une part à l'IQC et d'autre part à l'Université d'Oxford, a été désignée par le magazine *Physics World* parmi les 10 plus grandes percées de 2017.

L'expérience menée à l'IQC a fait l'objet d'une publication dans *Physical Review Letters*. L'article décrit comment les chercheurs ont fait passer 3 photons intriqués quant à leur énergie ainsi que dans le temps, dans des interféromètres distincts. Cela leur a permis d'observer pour la première fois une authentique interférence entre 3 photons. Cette expérience dirigée par **THOMAS JENNEWEIN** a fait l'objet d'une collaboration entre l'Université de Waterloo (**SASCHA AGNE**, **JEONGWAN JIN**, **KEVIN RESCH**, **JEFF SALVAIL**, **EVAN MEYER-SCOTT**), l'Université d'Innsbruck (**GREGOR WEIHS**, ancien membre de l'IQC, et **THOMAS KAUTEN**) et l'Université de Moncton (**DENY HAMEL**, ancien étudiant à l'IQC). ■



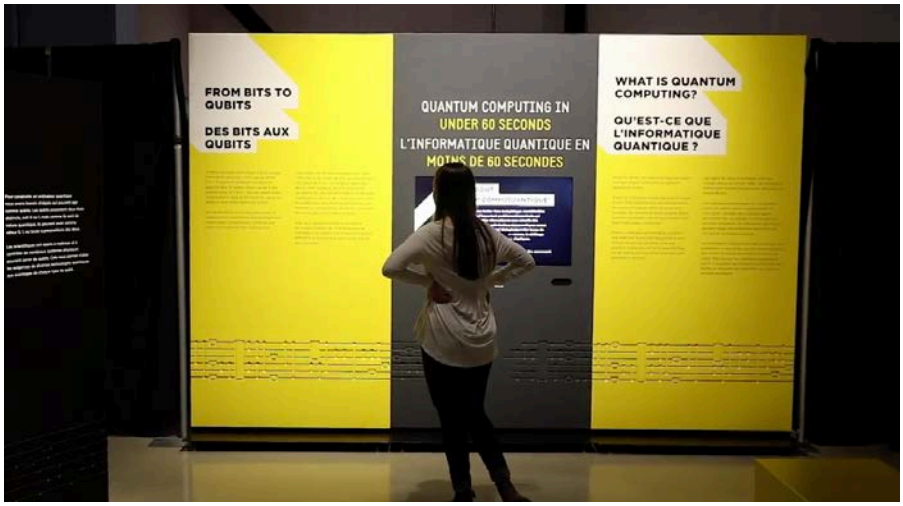
L'EXPOSITION *QUANTUM*

en vedette à Ottawa pour la dernière étape de la tournée de Canada 150

Peu après sa réouverture, le Musée des sciences et de la technologie du Canada a accueilli l'exposition *QUANTUM* pour la dernière étape de sa tournée de Canada 150. Première exposition itinérante au monde sur la science et la technologie de l'information quantique, elle a parcouru le Canada pendant 18 mois, avec des arrêts à Kitchener, Vancouver, Saskatoon, Calgary et Halifax, avant d'arriver à Ottawa le 19 décembre.

« Des gens de partout au pays ont pris connaissance du monde quantique grâce à cette exposition », a déclaré **TOBI DAY-HAMILTON,** directrice des communications et des initiatives stratégiques à l'IQC. « Nous sommes très heureux de montrer les technologies quantiques qui façonneront notre avenir. » [traduction]

L'exposition comprenait des activités pratiques et des jeux multimédias qui rendaient la physique quantique plus accessible aux visiteurs. Ceux-ci ont eu un aperçu de certaines technologies quantiques formidables que l'on voit poindre à l'horizon, ainsi qu'une perspective nouvelle sur le fonctionnement du monde. ■



400
MÈTRES CARRÉS D'EXPLORATION INTERACTIVE DU MONDE QUANTIQUE

6
ÉTAPES AU CANADA

390 422
VISITEURS EN 18 MOIS

12 724
KILOMÈTRES PARCOURUS

EXPOSITION MOBILE

40
MÈTRES CARRÉS

6 881
VISITEURS EN 54 JOURS

22 126
KILOMÈTRES PARCOURUS DANS 6 PAYS

BULLETIN D'INFORMATION DE L' **INSTITUT D'INFORMATIQUE QUANTIQUE DE L'UNIVERSITÉ DE WATERLOO**, WATERLOO (ONTARIO), CANADA

UNIVERSITÉ DE WATERLOO | IQC Institut d'informatique Quantique

15 ans

DE DÉCOUVERTE ET D'INNOVATION

rapport annuel | 17

uwaterloo.ca/world-changing-quantum

UNIVERSITÉ DE WATERLOO | IQC Institut d'informatique Quantique

Ontario

Canada