NEOBIT

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

NUMÉRO 32

Des matériaux révolutionnaires

03 INVESTIR DANS LA PHYSIQUE QUANTIQUE 07 RECHERCHES À SIGNALER 09 RAYONNEMENT DE L'IQC

UNIVERSITÉ DE WATERLOO | IQC Institut d'informatique Quantique

NÉOBIT | NUMÉRO 32 | PRINTEMPS 2017

DANS ce numéro

INNOVER POUR L'ÈRE POST-SILICIUM
p. 04

Na Young Kim et ses collaborateurs mettent sur pied un laboratoire multifonctionnel pour produire des dispositifs quantiques multifonctionnels.

MORGAN MASTROVICH
p. 13

De nombreuses possibilités grâce à une large vision

LA SAISON DES PRIX
p. 16

Les professeurs et étudiants de l'IQC ont obtenu de nombreuses distinctions.

PAGE COUVERTURE

Dans le laboratoire de Na Young Kim, un spectromètre sert à enregistrer et à mesurer le spectre de la lumière pour des fins d'analyse.

Photo de la page couverture : IQC

NUMÉRO 32

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 activités de rayonnement et de diffusion des connaissances continuent de jouer un rôle important à l'Institut d'informatique quantique (IQC pour *Institute for Quantum Computing*). Comme pôle de personnel qualifié dans notre domaine, nous touchons aussi des mordus de physique quantique de tous âges.

L'exposition *QUANTUM* et le jeu *Chats quantiques* sont attrayants peu importe l'âge et constituent une excellente introduction à la science et à la technologie de l'information quantique. Un grand nombre de nos autres activités visent à accroître la diversité dans les STGM : participation à la Marche pour les sciences, à la Journée internationale des femmes et à la campagne #OptezSciences du bureau de la ministre Kirsty Duncan. Certaines de nos activités réunissent même les arts et les sciences : mentionnons par exemple *Quantum Etude*, de même qu'une série de courts métrages sur la physique quantique et une conférence publique sur ses applications.

Tout cela est lié aux recherches révolutionnaires effectuées à l'IQC. De la théorie à l'expérimentation, les scientifiques de l'IQC continuent d'approfondir la science fondamentale, de collaborer avec des chercheurs du monde entier et de mettre au point des technologies innovatrices qui nous amènent au-delà de l'ère du silicium (voir à la page 4).

Rien de cela ne serait possible sans l'aide de nos généreux bailleurs de fonds. Nous avons appris avec enthousiasme (et reconnaissance!) que le gouvernement du Canada nous a renouvelé son appui en 2017. Merci à tout le pays. Nous comptons bien demeurer à l'avant-garde de ce domaine passionnant.

CHRISTINE BEZRUKI,

Gestionnaire principale, communications,
Institut d'informatique quantique

Le gouvernement fédéral **INVESTIT** dans la physique **QUANTIQUE** au Canada

Grâce au financement renouvelé du gouvernement du Canada annoncé dans le budget 2017, l'IQC poursuit son travail pour être un chef de file mondial de l'informatique quantique et mettre au point les technologies qui auront des répercussions fondamentales sur notre manière de travailler, de communiquer et de vivre.

L'IQC a continué de croître, grâce à l'appui du gouvernement du Canada et de généreux bailleurs de fonds tels que la Province de l'Ontario, Mike et Ophelia Lazaridis ainsi que l'Université de Waterloo.

Avec le renouvellement de financement de 10 millions de dollars sur 2 ans, l'IQC poursuit ses recherches en science et technologie de l'information quantique, contribuant à faire du Canada un chef de file de la transformation des marchés, de la mise sur pied de nouvelles industries et de la création d'emplois de pointe.

« Le Canada est bien placé pour profiter pleinement des occasions que procurent les technologies quantiques », a déclaré **RAYMOND LAFLAMME**, directeur général de l'IQC. « Ce nouvel investissement permet à l'IQC de poursuivre des recherches de pointe sur le plan mondial. » [traduction]

Les découvertes de l'IQC ont déjà d'importantes répercussions dans plusieurs domaines : technologie de l'information, sécurité, surveillance de l'environnement, soins de santé. L'engagement continu du gouvernement fédéral en faveur de l'innovation permettra à l'IQC de réaliser des découvertes encore plus remarquables dans les années à venir. ■

Un nouveau **professeur**

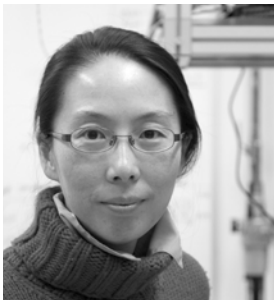
Avant de se joindre à l'IQC, **DMITRY PUSHIN** a réalisé, à l'Institut de technologie du Massachusetts (MIT) et à l'Institut national des normes et de la technologie des États-Unis (NIST), des travaux qui ont mené à la conception et à la mise en service d'un dispositif novateur : l'interféromètre neutronique à sous-espace libre de décohérence. Plus tard, son équipe a réussi la première démonstration du contrôle du moment angulaire orbital (MAO) d'un faisceau de neutrons, nouveau degré de liberté pour des particules massives. Ses recherches sur l'holographie neutronique ont été choisies par la Société américaine de physique (APS) comme l'une des 10 principales nouvelles en physique de 2016.

Maintenant professeur adjoint à l'IQC ainsi qu'au Département de physique et d'astronomie, il utilise le traitement de l'information quantique pour perfectionner l'interférométrie neutronique. Il la rend accessible à la communauté scientifique en général comme une ressource permettant d'étudier des questions fondamentales de physique : énergie sombre, gravité, oscillations des neutrinos; transitions d'état dans la matière condensée, matériaux magnétiques dans des appareils fonctionnels, science des matériaux. ■

ARTICLE VEDETTE

Innover pour

Na Young Kim et MATS POWLOWSKI, étudiant à la maîtrise, règlent des composantes optiques entre le cryostat liquide et le spectromètre sur la table optique.



NA YOUNG KIM, chercheuse à l'IQC, voit « le mur de l'ère du silicium » approcher rapidement. Si nous voulons continuer d'améliorer et de miniaturiser des circuits, nous aurons besoin de matériaux encore meilleurs. Mme Kim et son équipe cherchent à mettre au point les prochains semiconducteurs révolutionnaires de l'ère post-silicium.

Caractériser l'avenir

Les semiconducteurs sont des matériaux solides qui, généralement à cause de certaines impuretés, conduisent l'électricité mieux qu'un isolant comme le caoutchouc, mais moins bien qu'un conducteur comme le cuivre. La conductivité des semiconducteurs peut être contrôlée en fonction du courant ou de la tension électriques appliqués. Ce contrôle rend les semiconducteurs bien adaptés à une utilisation dans des circuits intégrés, comme ceux qu'il y a dans nos téléphones, nos caméras et nos ordinateurs. Tous ces appareils utilisent le silicium comme semiconducteur, mais Na Young Kim prévoit le besoin de nouveaux matériaux lorsque le silicium aura atteint ses limites.

Mme Kim a toujours le regard tourné vers de nouvelles possibilités : les prochains progrès concernant les matériaux; les applications révolutionnaires de la recherche fondamentale; les talents dont elle aura besoin pour avancer dans cette direction. Une fois qu'elle et les membres de son équipe auront trouvé un matériau semiconducteur — soit en le créant, soit en découvrant un matériau existant —, ils devront le caractériser (en mesurer les propriétés) pour établir son degré d'utilité.

Il y a 3 types principaux de caractérisation : électrique, chimique et optique. Lorsque Na Young Kim s'est jointe en mars 2016 à l'IQC ainsi qu'au Département de génie électrique et informatique de l'Université de Waterloo, à titre de chercheuse principale du laboratoire d'innovation quantique (QuIN), elle a commencé à équiper ses installations pour effectuer les 3 types de caractérisation, avec au besoin l'aide d'autres laboratoires de l'IQC.

La première section de ses installations est un laboratoire de chimie et d'électricité. C'est là qu'elle et son équipe mettront au point des matériaux semiconducteurs et les caractériseront sur les plans chimique et électrique. Ces matériaux passeront ensuite dans la seconde section, le laboratoire d'optique, pour y subir des tests de leurs propriétés optiques.

Assembler les outils de l'innovation

QuIN a été équipé de meubles de laboratoire, y compris les tables optiques pour le laboratoire d'optique, en septembre 2016. Peu après, d'autres pièces d'équipement ont commencé à s'ajouter. Le laboratoire de chimie et d'électricité contient de l'équipement nouveau pour Mme Kim, qui a une formation de physicienne : une hotte, une boîte à gants, un sonicateur, une centrifugeuse et une balance de précision, tous nécessaires pour les travaux qu'elle doit effectuer.

Les tables du laboratoire d'optique ont été équipées d'éléments tels que des lentilles, des séparateurs de faisceau et des miroirs, ainsi qu'un laser continu pour exciter des échantillons de matériaux et un spectromètre pour analyser ces excitations.

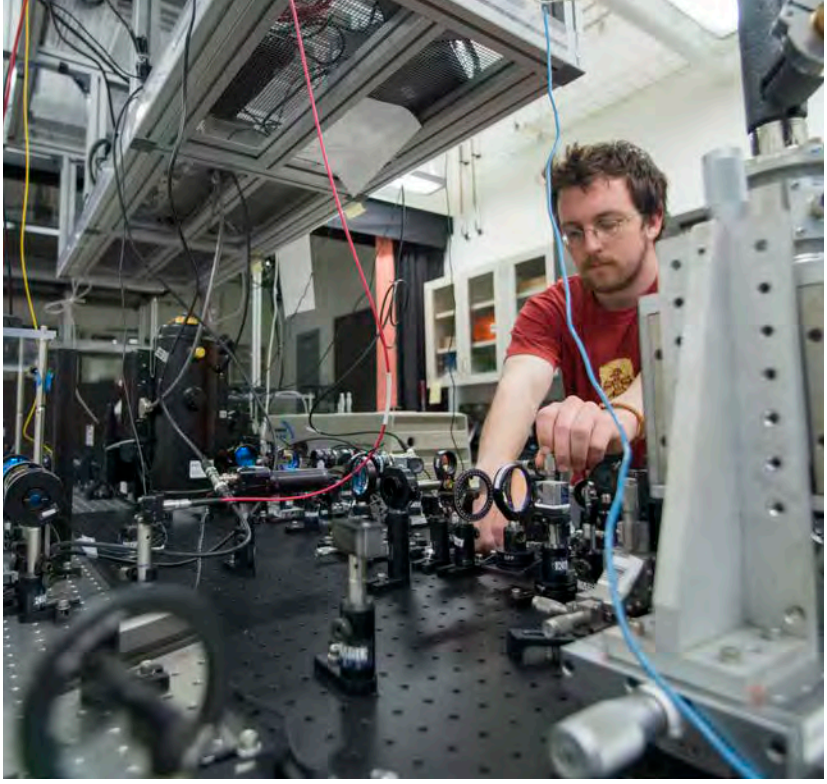
l'ère post-silicium

Mettre sur pied un laboratoire multifonctionnel pour produire des dispositifs quantiques multifonctionnels

Ces analyses révéleront les propriétés optiques de n'importe quel échantillon, ce qui aidera les chercheurs à déterminer si le matériau en question pourrait être utile pour leurs applications.

Na Young Kim et les membres de son équipe ont terminé leurs premières expériences en janvier 2017, mais ils continuent d'améliorer leur laboratoire et d'en modifier l'équipement. Un de ces appareils — un laser à impulsions de l'ordre de la femtoseconde et à fréquence réglable — procure de nouvelles manières d'exciter des échantillons. Mme Kim prévoit toutefois de le modifier pour en faire un laser à impulsions de l'ordre de la picoseconde, afin qu'il soit mieux adapté à l'étroite bande passante nécessaire pour ses expériences.

La capacité de concevoir, de construire et de modifier son propre équipement constitue un avantage crucial pour les projets de recherche de Na Young Kim; c'est difficile d'être à l'avant-garde dans ce domaine si l'on ne dispose pas d'outils conçus spécifiquement pour les tâches à accomplir. En outre, le laboratoire QuIN n'est pas seulement une salle remplie d'équipement, c'est un lieu pour mettre en œuvre sa philosophie de la recherche.



MATS POWLOWSKI, étudiant à la maîtrise, aligne des composantes optiques dans le laboratoire.

« En tant que chercheuse, je ne veux pas seulement suivre le domaine, dit-elle. Je veux être à l'avant-garde, et pour cela il faut de la curiosité. Et quand on est poussé par la curiosité, c'est impossible de s'arrêter. » [traduction]

Entrer dans l'ère quantique

Na Young Kim a des visées audacieuses pour les matériaux semiconducteurs mis au point et testés dans le laboratoire QuIN. Son équipe travaille à la réalisation de processeurs quantiques à l'état solide qui permettront d'aborder des catégories de problèmes actuellement hors d'atteinte dans des domaines aussi différents que la médecine et la physique des particules. Elle travaille également sur une architecture planaire adaptable pour des circuits intégrés multifonctionnels qui surpasseront la technologie actuelle quant à leurs propriétés électriques, optiques, mécaniques et thermiques. D'une manière plus fondamentale, Mme Kim espère s'attaquer aux obstacles théoriques et expérimentaux à la réalisation d'appareils de traitement de l'information quantique et de dispositifs de communications qui contribueront à dévoiler les secrets quantiques de la nature et donneront des produits concrets à commercialiser.

« Je rêve de mettre de la technologie quantique dans les téléphones multifonctionnels de tout le monde », affirme Na Young Kim. Mais ce n'est pas seulement une question de technologie. « On peut créer non seulement des produits tangibles, mais aussi un modèle : une manière de penser, une philosophie, une certaine évolution positive du mode de vie. Je ne veux pas seulement être une ingénieure, mais aussi promouvoir la pensée et l'éducation. Je serais honorée qu'on se souvienne de moi de cette manière. » [traduction] ■

« Au laboratoire d'optique, des échantillons sont placés dans ce cryostat avant que l'on retire l'air à l'aide d'une pompe à vide. La chambre est refroidie à l'hélium liquide jusqu'à environ 4 kelvins, puis les échantillons sont excités à l'aide de lasers.

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 au cours de la dernière session.

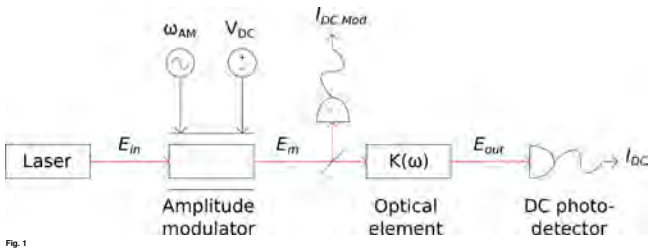


Schéma représentant le modèle de la méthode proposée pour mesurer la réponse en fréquence d'un système optique formé d'une cavité optique et d'un modulateur d'amplitude.

CALIBRAGE RIGOUREUX D'UNE CAVITÉ

Optics Express, *vol. 25, 2017, n° 2, p. 573-586*

KATANYA KUNTZ, postdoctorante à l'IQC, a dirigé la mise au point d'une nouvelle technique de mesure de la longueur d'une cavité optique sans calibrage initial, qui a fait l'objet d'une publication dans *Optics Express* le 23 janvier. Ayant des applications potentielles dans la recherche en physique classique comme en physique quantique, cette technique de mesure pourrait aussi servir en télécommunications à calibrer des lasers pour des canaux de transmission.

Une cavité optique est formée par un ensemble de miroirs qui permet à un rayon lumineux de parcourir un trajet fermé. De telles cavités peuvent servir à de nombreux usages, notamment la production de groupes de photons intriqués, appelés *états quantiques complexes*, utiles pour effectuer des calculs quantiques complexes. Cependant, avant de pouvoir utiliser une cavité, il faut connaître son intervalle spectral libre (ISL). Jusqu'à maintenant, les techniques de détermination de l'ISL d'une cavité exigeaient un équipement difficile d'accès. Exposée en détail dans l'article *Ultrawide frequency response measurement of an optical system with a DC photo-detector* (Mesure ultralarge de la réponse en fréquence d'un système optique à l'aide d'un photodétecteur à courant continu), la nouvelle technique ne requiert aucun équipement spécialisé et n'exige pas de calibrage préalable des composantes de la mesure.

WEB **bit.ly/robust-cavity-calibration**

Repousser les limites supérieures d'un test utilisé depuis longtemps

New Journal of Physics, *vol. 19, février 2017*

Des chercheurs de l'IQC ont réalisé la première expérience violant l'inégalité de Leggett-Garg (LG) dans un système quantique à 3 niveaux, démontrant du même coup la possibilité de violations plus importantes que ce que l'on croyait envisageable auparavant.

Le test LG vise à montrer une violation du macroréalisme, selon lequel des objets macroscopiques ne peuvent pas exister dans une superposition d'états qui soient observables avec des moyens classiques. Ce test définit une limite supérieure fixe d'un système quantique, mais une découverte récente a révélé que cette limite supérieure quantique peut être repoussée en testant des systèmes qui peuvent avoir plus de 2 états.

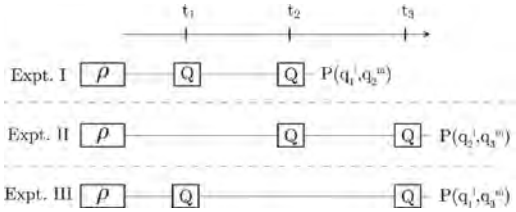


Schéma d'un test LG

HEMANT KATIYAR, candidat au doctorat, **AHARON BRODUTCH**, ancien postdoctorant à l'IQC, de même que le postdoctorant **DAWEI LU** et **RAYMOND LAFLAMME**, titulaire de la chaire de recherche du Canada sur l'information quantique, ont créé un système à 3 niveaux afin de repousser la limite supérieure au-delà de tout ce qui avait été réalisé auparavant de manière expérimentale, laissant une zone tampon plus importante pour le bruit et les erreurs d'expérimentation. L'amélioration qu'ils ont apportée aux méthodes de test LG amène les chercheurs un peu plus près de la violation de l'inégalité avec un objet vraiment macroscopique.

Les résultats ont été publiés dans la revue *New Journal of Physics*, dans un article intitulé *Experimental violation of the Leggett-Garg inequality in a 3-level system* (Violation expérimentale de l'inégalité de Leggett-Garg dans un système à 3 niveaux).

WEB **bit.ly/upper-bounds**

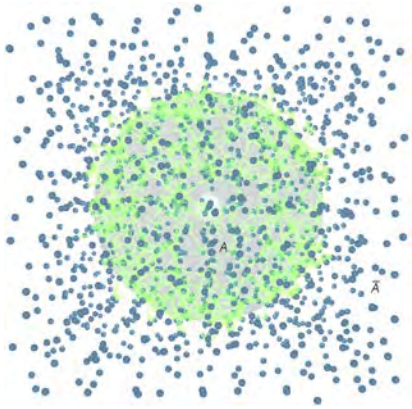
RECHERCHES
À SIGNALER

Intrication et loi d'aire dans un liquide quantique

Nature Physics, ***vol. 13, 2017, p. 556–558***

Même si l'on considère souvent l'intrication comme un phénomène impliquant 2 particules, des chercheurs de l'IQC ont récemment réalisé une expérience dans laquelle ils mesuraient plutôt l'intrication entre des régions de l'espace remplies de particules. Ils ont réalisé pour la première fois la démonstration d'une loi d'aire de l'entropie d'intrication dans un véritable liquide quantique.

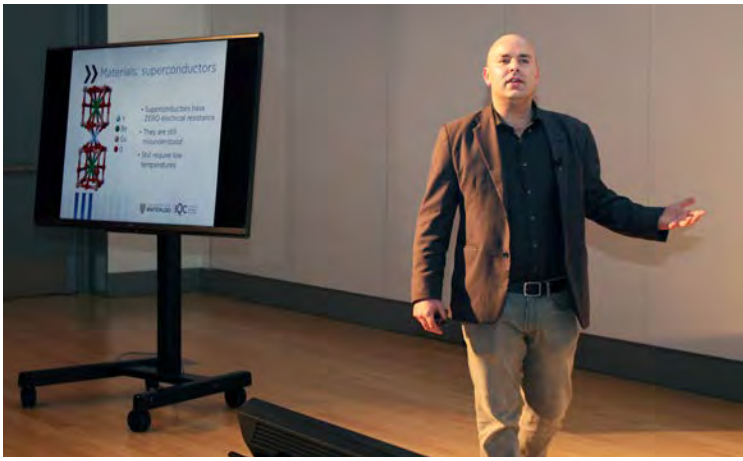
Les chercheurs ont pris une boîte cubique pleine d'hélium 4 superfluide et l'ont divisée en une région sphérique et son complément. Ils ont ensuite mesuré l'entropie d'intrication entre les 2 régions, et ce pour différentes densités du système. La loi d'aire de l'entropie d'intrication décrit la force de l'entropie d'intrication en fonction de l'aire de la surface qui délimite les deux régions intriquées.



Intrication de part et d'autre d'une frontière sphérique

L'article publié le 13 mars dans *Nature Physics* sous le titre *Entanglement area law in superfluid ^{4}He* (Intrication et loi d'aire dans ^{4}He superfluide) montre que, de manière contre-intuitive, l'intrication entre la sphère d'hélium superfluide et son complément est régie par une loi d'aire et non par une loi de volume. Les chercheurs, qui ont travaillé sous la direction du postdoctorant **CHRIS HERSMAN**, ont également démontré qu'ils pouvaient commander l'intrication entre les régions de la boîte en modifiant la pression du système, ce qui est une variable facile à contrôler pour des expérimentateurs.

WEB **bit.ly/entanglement-area-law** ■



ACTIVITÉS

COURTS MÉTRAGES ET APPLICATIONS DE LA PHYSIQUE QUANTIQUE

Le 23 février, l'IQC a organisé une soirée de cinéma scientifique avec 10 films inspirés par la physique quantique, suivis d'un exposé sur les applications des dispositifs quantiques. Depuis 2 ans, l'IQC est partenaire du Centre de technologies quantiques de Singapour pour son concours de courts métrages sur la physique quantique. Cette année, des candidats de 50 pays ont soumis plus de 200 courts métrages inspirés par la physique quantique. Les 10 meilleurs films choisis par un jury ont été projetés dans le monde entier, y compris au Centre Lazaridis. Pour donner au public une idée de ce que la physique quantique pourrait signifier dans la vie courante, **MARTIN LAFOREST**, gestionnaire principal, diffusion des connaissances scientifiques, a parlé des applications connues des dispositifs quantiques (qui toucheront tout le monde) et des applications souhaitées par les chercheurs pour l'avenir.

Félicitations à **THOMAS VANZ**, dont le film *Novae* a remporté le concours de courts métrages sur la physique quantique.

WEB **bit.ly/quantum-shorts-2017** ■

RAYONNEMENT DE L' IQC

CONFÉRENCES ET VISITES

INSPIRER LA PROCHAINE GÉNÉRATION

Le 5 avril, une centaine d'élèves du secondaire se sont rassemblés au Collège Assumption, à Brantford, pour assister à un exposé d'**ELECTRA ELEFTHERIADOU**, agente de vulgarisation scientifique à l'IQC. En plus d'aborder la science et les technologies de l'information quantique, elle a aussi parlé de sa propre carrière. Cette soirée des STGM a amené les élèves à envisager pour eux-mêmes la possibilité d'une carrière en physique quantique. ■

Visualiser le monde quantique

Comment peut-on visualiser des phénomènes quantiques, qui se produisent en dehors du domaine de nos perceptions? **MARTIN LAFOREST**, **KARIN VON OMPTEDA**, professeure à l'Université de l'École d'art et de design de l'Ontario (EADO), **LAURA DE DECKER**, artiste indépendante, et **JAY IRIZAWA**, chargé de cours à l'Université Ryerson, ont abordé cette question lors d'une table ronde tenue le 27 avril à l'Université de l'EADO. Les panélistes ont parlé de leurs travaux liés à la mécanique quantique, et M. Laforest a montré certaines visualisations réalisées pour l'exposition *QUANTUM*. Cette discussion s'est inscrite dans le cadre de la série LASER (*Leonardo Art Science Evening Rendezvous*), qui réunit des artistes et des scientifiques pour des exposés et conversations informels. ■

Physique QUANTIQUE à Vancouver

Après la Deuxième Guerre mondiale, le Canada avait besoin d'ingénieurs et de techniciens pour répondre aux exigences de son économie en croissance. L'institution qui s'appelle aujourd'hui l'Université de Waterloo a été fondée en 1957 pour satisfaire ce besoin. Soixante ans plus tard, des centaines d'anciens ont convergé vers le *TELUS World of Science*, à Vancouver, pour célébrer la croissance spectaculaire de leur alma mater devenue une institution de classe mondiale repoussant constamment le seuil de l'innovation.

L'IQC était présent pour montrer comment Waterloo est à la fine pointe de la recherche et de la diffusion des connaissances en physique quantique à l'échelle mondiale. **DAVID CORY**, professeur à l'IQC et titulaire d'une chaire d'excellence en recherche du Canada, a parlé à cette occasion des fondements de l'informatique quantique et de l'importance de la recherche dans ce domaine pour la société. Les participants ont pu voir l'exposition *QUANTUM* la veille de son ouverture au public de Vancouver. Quand on constate les progrès réalisés par l'Université de Waterloo en 60 ans — pour devenir entre autres un chef de file de la théorie et de la pratique de l'informatique quantique —, il est impossible de ne pas se demander ce qui l'attend pour les 60 prochaines années. ■

LA PHYSIQUE QUANTIQUE À SASKATOON

L'IQC a beaucoup fait parler de lui à Saskatoon lorsque l'exposition *QUANTUM* est arrivée au Western Development Museum. **MARTIN LAFOREST**, gestionnaire principal, diffusion des connaissances scientifiques, a fait de multiples apparitions dans les médias, entre autres à CTV Saskatoon, ainsi qu'à la radio et à la télévision de Radio-Canada en Saskatchewan, pour parler de l'exposition et d'Innovation150. **RJ TAYLOR**, gestionnaire des projets spéciaux à l'Institut Périmètre de physique théorique, a aussi fait une apparition à CTV en direct de l'exposition.

Plus de 16 000 personnes ont découvert les merveilles de la science et de la technologie de l'information quantique pendant le séjour de l'exposition à Saskatoon. Parmi elles, les anciens de l'Université de Waterloo vivant dans la région ont eu la chance d'assister à une présentation privée de l'exposition *QUANTUM* animée par Martin Laforest. ■

ACTIVITÉS

#OptezSciences

L'IQC s'est joint en ligne et dans les écoles au mouvement en faveur de l'inclusion dans les STGM, dans le cadre d'une nouvelle campagne lancée par l'honorable **KIRSTY DUNCAN**, ministre des Sciences, afin d'encourager davantage de jeunes femmes, d'Autochtones et de membres d'autres groupes sous-représentés dans la recherche à choisir une carrière scientifique. En plus de mettre sur pied dans les médias sociaux, sous le mot-clic #OptezSciences, une campagne mettant en vedette les percées scientifiques canadiennes et les possibilités qui se présentent dans ce domaine, Mme Duncan a rendu visite à des écoles primaires et secondaires ainsi qu'à d'autres établissements pour encourager les jeunes à réaliser leurs ambitions scientifiques.

La participation à la campagne #OptezSciences n'est que la manifestation la plus récente de l'engagement à long terme de l'IQC en faveur de l'équité dans la recherche scientifique. L'IQC a entre autres mis sur pied un comité en faveur de l'équité et de l'inclusion, parrainé l'organisme FemPhys, fait la promotion des femmes en sciences et organisé la conférence *Women in Physics Canada 2017* (Les femmes et la physique au Canada 2017). L'IQC encourage toute personne qui a la passion des sciences à choisir une carrière dans ce domaine.

WEB **https://twitter.com/hashtag/optezscience** ■

Les communicateurs scientifiques de l'avenir

La diffusion des connaissances ne consiste pas seulement à faire connaître la science au public. Elle comprend aussi la formation de la prochaine génération de communicateurs scientifiques. C'est pourquoi, chaque année, des étudiants en communication scientifique de l'Université Laurentienne rendent visite à l'IQC pour voir comment l'équipe des Communications et initiatives stratégiques accomplit son travail. Cette année, **JODI SZIMANSKI**, gestionnaire principale, communications, et **MARTIN LAFOREST**, gestionnaire principal, diffusion des connaissances scientifiques, ont présenté aux étudiants l'IQC et les défis en matière de communication propres à ses activités scientifiques. Grâce à cette « étude de cas » concrète de communication scientifique, les étudiants connaissent un autre exemple de la manière de passer de la théorie à la pratique dans leur carrière à venir. ■

PARTICIPATION À LA MARCHE POUR LES SCIENCES

DEBBIE LEUNG et **JONATHAN BAUGH**, professeurs à l'IQC, ont pris la parole devant des centaines de personnes réunies le 22 avril à Waterloo Town Square à l'occasion de la Marche pour les sciences. Ce rassemblement visait à saluer la passion des sciences et à appeler toute la population à soutenir et à préserver la communauté scientifique, la recherche scientifique et les politiques fondées sur la science. « La science fondamentale constitue la base de l'innovation » [traduction], a déclaré **BOB LEMIEUX**, doyen de la Faculté des sciences de l'Université de Waterloo. Il a aussi mentionné l'importance des sciences et la nécessité de les promouvoir. Cette activité coïncidait avec plus de 500 marches pour les sciences organisées dans le monde entier. ■

Initiation à la physique quantique

Investissement dans la formation de futurs chercheurs, diffusion de connaissances de pointe auprès du grand public, stimulation de vocations scientifiques chez certains, l'équipe de rayonnement scientifique de l'IQC a connu une session chargée. Elle a rejoint des élèves du primaire et du secondaire ainsi que leurs parents, grâce à des visites scolaires et à des programmes mis sur pied à l'Université de Waterloo. Au cours de cette session, au moyen de divers programmes et activités tels que *Girls in STEM* (Filles en STGM), *Waterloo Unlimited* (Waterloo illimité) et des journées de laboratoire de physique, l'équipe de rayonnement scientifique a :

- présenté des concepts de physique quantique à 30 **enseignants** participant à un atelier;
- fait découvrir des carrières possibles en physique quantique à 40 **parents** d'élèves du primaire;
- éveillé l'intérêt de plus de 150 **élèves du primaire** et 480 **élèves du secondaire** envers la physique quantique. ■

QUANTUM ETUDE : Faire découvrir au public la beauté de la physique quantique à l'aide de la musique

Répétition générale de *Does God Play Dice?*

L'orchestre symphonique de Kitchener-Waterloo, mené par son directeur musical **EDWIN OUTWATER**, collabore avec **RAYMOND LAFLAMME**, directeur général de l'IQC, pour combiner la musique et la physique quantique depuis la création en 2012 de *Quantum: Music at the Frontier of Science*, lors de l'inauguration du Centre Lazaridis. Dans un dernier défi quantique avant de quitter son poste de directeur musical, M. Outwater a travaillé à nouveau avec Raymond Laflamme pour la création de *Quantum Etude*.

La première de *Quantum Etude* a eu lieu au Centre Conrad des arts de la scène le 20 avril, dans le cadre d'un concert intitulé *Intersections Magnetar*, où ont également été interprétées les pièces *Magnetar* et *The Rise of Exotic Computing*. Quelque 200 personnes de la région ont assisté à une rencontre unique et inspirée de l'art et de la physique quantique.

La musique de *Quantum Etude* incorpore des concepts-clés de la mécanique quantique tant par la forme musicale que par les modalités d'interprétation. Pendant l'exécution de *Does God Play Dice?*, Edwin Outwater roulait littéralement des dés pour produire des nombres aléatoires. Divers groupes de musiciens dispersés dans l'auditorium s'étaient vu affecter des nombres et des couleurs. Lorsque M. Outwater annonçait le numéro et la couleur d'un groupe, celui-ci commençait à jouer sa partition. Cette performance probabiliste représentait la nature en apparence probabiliste des phénomènes quantiques.

Le concert a connu un succès retentissant. Le public a entendu un analogue musical de concepts quantiques et a vécu la beauté du monde quantique par l'art, sorte de moyen transcendant de vulgarisation scientifique. MM. Laflamme et Outwater ont pour leur part apprécié cette collaboration, qui a tissé des liens entre la physique quantique et la musique.

« Je n'avais jamais assisté au processus de création d'une œuvre musicale, a déclaré M. Laflamme, et cette expérience a été pour moi complètement fascinante. » [traduction]

« Je peux dire que, sur le plan artistique, Raymond m'a fait aller dans une direction totalement nouvelle, a déclaré M. Outwater. Il a été une source d'inspiration et m'a amené à m'ouvrir l'esprit sur des choses auxquelles je n'avais jamais pensé en musique. » [traduction] ■

CONFÉRENCES

L'IQC à la conférence QIP

De nombreux membres de l'IQC sont allés dans l'État de Washington en janvier pour participer à QIP (*Quantum Information Processing* – Traitement de l'information quantique) 2017, 20e conférence internationale sur les aspects théoriques du calcul, de la cryptographie et de l'information quantiques. Ce fut pour eux une occasion de rencontrer d'autres chercheurs de la communauté de l'informatique quantique théorique, autour de la présentation et de la discussion des plus récents développements dans le domaine.

Organisé par le groupe des architectures et du calcul quantiques (QuArC) de Microsoft Research à Redmond, dans l'État de Washington, et par l'Université de l'État de Washington, QIP 2017 comprenait un programme de formation, des conférences plénières, des communications et une séance d'affiches. Les participants ont pris connaissance de certaines des recherches révolutionnaires effectuées à l'IQC lorsque **WILLIAM SLOFSTRA**, professeur adjoint à l'IQC, a prononcé une conférence plénière à propos de ses travaux sur la résolution du problème de Tsirelson. Le professeur **ASHWIN NAYAK** et le postdoctorant **DAVE TOUCHETTE** ont également présenté une communication. Les anciens postdoctorants à l'IQC **SCOTT AARONSON**, **JEAN-FRANÇOIS BIASSE**, **ANNE BROADBENT**, **DAVID GOSSET** et **DAVID POULIN** ont aussi participé à la conférence, illustrant l'influence considérable de l'IQC en informatique quantique théorique. ■

CONFÉRENCES À VENIR

École de 1er cycle sur le traitement quantique expérimental de l'information

Du 28 mai au 8 juin 2018
IQC, Université de Waterloo,
Waterloo (Ontario)

École de cryptographie quantique pour jeunes étudiants

Du 10 au 17 août 2018
IQC, Université de Waterloo,
Waterloo (Ontario) ■

RÉUNION DE MARS ET VULGARISATION

À sa réunion de mars 2017, la Société américaine de physique (APS) a invité l'IQC à participer à un atelier sur la vulgarisation et la ludification de la mécanique quantique. **MARTIN LAFOREST**, gestionnaire principal, diffusion des connaissances scientifiques, a parlé du processus de création de l'exposition *QUANTUM*, première exposition itinérante sur l'informatique quantique. Le doctorant **THOMAS GEORGE McCONKEY** a pour sa part présenté *Chats quantiques*, une appli simple qui utilise le jeu pour initier les jeunes passionnés de sciences à la physique quantique.

La présence de l'IQC à la réunion de mars, qui avait lieu cette année au Centre des congrès Ernest-N.-Morial, à la Nouvelle-Orléans, s'est manifestée au-delà de l'atelier sur la vulgarisation et de la session sur le jeu :

- 4 étudiants à la maîtrise,
- 20 doctorants,
- 6 postdoctorants,
- 1 professeur-chercheur adjoint,
- 11 professeurs,
- 3 membres affiliés ou associés,
- 1 scientifique invité à long terme et
- 2 assistants de recherche

ont présenté 28 exposés de recherche à la conférence. ■

Vie DE L'INSTITUT

PROFIL DE **MORGAN MASTROVICH,** étudiante à la maîtrise

De nombreuses possibilités, grâce à une vision élargie

MORGAN MASTROVICH a songé à devenir danseuse professionnelle, puis violoniste, puis biochimiste. Maintenant étudiante à la maîtrise en physique à l'IQC, elle tente de garder le même état d'esprit qui l'a amenée à passer de l'art à la chimie, puis à l'informatique quantique.

Après avoir étudié l'informatique pendant un an et demi au Collège Harvey Mudd, Mme Mastrovich s'est rendu compte qu'elle voulait être à l'avant-garde de l'informatique, ce qui l'a amenée à suivre des cours de physique quantique. Sur la recommandation d'un conseiller pédagogique, elle a posé avec succès sa candidature à l'École de 1er cycle sur le traitement quantique expérimental de l'information (USEQIP) et au programme de bourses de recherche de 1er cycle de l'IQC.

« Je m'intéressais à l'informatique quantique. Cet institut semblait être l'un des plus importants, avec un caractère fortement pluridisciplinaire » [traduction], a-t-elle déclaré à propos de sa décision de poser sa candidature. À l'USEQIP, elle a noué des liens d'amitié durables et a suivi des cours qui lui ont permis de prendre connaissance d'une grande variété de sujets. Peu après, elle a été assistante de recherche de 1er cycle au sein de l'équipe du professeur **KEVIN RESCH**, et la qualité de cette équipe l'a convaincue de poser sa candidature à des études supérieures.

Maintenant de retour au sein du groupe de Kevin Resch grâce à une bourse Mike-et-Ophelia-Lazaridis, elle collabore aussi avec l'équipe du professeur **MICHAEL REIMER**. Les deux équipes utilisent des sources fiables de photons individuels — des boîtes quantiques incorporées dans des nanofils — dans le laboratoire de M. Reimer, mais à des fins différentes. Michael Reimer et son équipe créent ces sources et les testent afin d'en mettre au point des versions améliorées. Morgan Mastrovich, à l'instar d'**ARASH AHMADI** et de **SARA HOSSEINI**, membres de l'équipe de M. Reimer, s'intéresse aux applications de ces sources. Ces chercheurs utilisent un interféromètre pour décaler dans le temps des photons d'impulsions lumineuses voisines, ce qui entraîne leur chevauchement à un séparateur de faisceau. « Si nous arrivons à les faire chevaucher en les polarisant de la bonne manière, explique Mme Mastrovich, nous pourrons créer des états intriqués de plusieurs photons. » [traduction]

Ces travaux constituent une démonstration de faisabilité de la création efficace d'états intriqués à l'aide d'une boîte quantique produisant des photons individuels. La luminance de la boîte quantique permet de réaliser ces expériences plus rapidement qu'avec d'autres méthodes telles que l'abaissement de fréquence paramétrique spontané.

Même si Morgan Mastrovich admet que l'on peut facilement se limiter à une vision étroite pendant des études supérieures spécialisées, sa collaboration avec l'équipe de Michael Reimer montre l'intérêt de rassembler des chercheurs qui travaillent dans de nombreux domaines. « Dans cet agréable bâtiment, nous sommes proches de chercheurs d'horizons différents, de sorte qu'il est plus facile d'échanger avec des informaticiens ou des théoriciens. » [traduction] ■

Vie
DE L'INSTITUT

VISITES

L'IQC SERT D'EXEMPLE

SON EXCELLENCE RAOUL DELCORDE, ambassadeur de Belgique au Canada, est venu à l'IQC le 11 février. **MARTIN LAFOREST** lui a fait faire une visite guidée, et les deux hommes ont discuté de la stratégie qui sous-tend les programmes de recherche et de diffusion des connaissances de l'IQC, de la démarche de la Belgique en ce qui concerne la recherche-développement en nanoélectronique, ainsi que des pôles belges d'innovation. La visite de M. Delcorde est la plus récente d'une série de visites de délégations européennes depuis l'annonce au printemps 2016 d'une initiative phare de l'Union européenne pour le progrès de la recherche en physique quantique en Europe. ■

ANNONCES

Lancement réussi d'un projet de satellite

NAVDEEP BAINS, ministre du Développement économique, et MARC GARNEAU, ministre des Transports, ont annoncé le 27 avril un financement de 80,9 millions de dollars sur 5 ans pour l'Agence spatiale canadienne. Cette somme financera 2 projets majeurs, dont le projet QEYSSat (*Quantum EncrYption and Science SATellite* – Satellite de cryptographie et physique quantiques) de l'IQC. **THOMAS JENNEWEIN**, professeur à l'IQC, et son équipe ont mis au point une mission satellitaire à petite échelle et économique pour positionner le Canada à l'avant-garde des efforts de création d'un réseau mondial sécuritaire de communications quantiques.

WEB Lire la déclaration de **RAYMOND LAFLAMME** : **bit.ly/IQC-statement** ■

NOUVEAUX COURS ET ATELIERS

CryptoWorks21

PI quantique

Pendant la session d'hiver, les cours du programme CryptoWorks21 ont mis l'accent sur les notions de base de propriété intellectuelle. CryptoWorks21 est un programme supplémentaire de formation orientée vers la nouveauté, la collaboration et l'expérience en recherche (FONCER) du Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie (CRSNG). Il est destiné aux étudiants diplômés et aux postdoctorants qui travaillent sur divers aspects de la cryptographie et de l'informatique quantique. La session de cette année comportait 6 séminaires sur divers aspects de la propriété intellectuelle, afin d'aider les chercheurs de l'IQC à comprendre ce qu'ils peuvent faire avec les dispositifs, technologies et méthodes qu'ils inventent dans le cadre de leur travail. ■

SOUTENANCE DE THÈSE

Félicitations à **VINCENT RUSSO**, qui a soutenu avec succès sa thèse de doctorat, intitulée *Extended nonlocal games* (Jeux non locaux étendus), le 1er février. ■

QUELQUES NOUVELLES

Apprentissage automatique quantique

Après que le logiciel *AlphaGo* de Google eut défait Lee Sedol, champion du monde de go, jeu dont la complexité dépasse de plusieurs ordres de grandeur celle des échecs, **ROGER MELKO**, professeur affilié à l'IQC, a commencé à réfléchir à la manière dont l'apprentissage automatique et l'intelligence artificielle pourraient aider à résoudre les grands problèmes de la physique — en particulier s'ils étaient mis en œuvre dans un ordinateur quantique. Il a écrit pour la publication électronique *Quartz* un article sur l'utilisation potentielle de l'apprentissage automatique quantique. Intitulé *The most complex problem in physics could be solved by machines with brains* (Le problème le plus complexe de la physique pourrait être résolu par des machines intelligentes), cet article est paru le 1er février.

WEB **bit.ly/quantum-machine-learning** ■

DQC en vol

Le magazine *Wired* a publié un article sur la première réussite, réalisée par des chercheurs de l'IQC, d'un test de distribution quantique de clés (DQC) du sol vers un avion en vol. Dans l'article intitulé *Physicists, Lasers, and an Airplane: Taking Aim at Quantum Cryptography* (Physique, lasers et aviation vers la cryptographie quantique), la rédactrice scientifique **SOPHIA CHEN** décrit d'une manière compréhensible pour le grand public comment l'expérience a été réalisée et quelle est sa signification. Elle a aussi présenté le projet du groupe de recherche du professeur **THOMAS JENNEWEIN** : envoyer une clé quantique vers un satellite en orbite à 500 km d'altitude.

WEB **bit.ly/airborne-qkd** ■

Résultats reproduits

Deux équipes de recherche — l'une à l'IQC et l'autre à l'Université d'Oxford — ont pour la première fois observé, de manière indépendante et avec des méthodes différentes, une authentique interférence à 3 photons. La revue *Physics World* a rapporté le 17 avril cette double découverte dans un article intitulé *Three-photon interference measured at long last* (Enfin, une interférence à 3 photons est observée). Le rédacteur en chef **HAMISH JOHNSTON** a décrit les résultats de ces expériences et noté les applications possibles de l'interférence à 3 photons pour le partage de 3 photons, les capteurs quantiques et une technique de calcul quantique appelée *échantillonnage de bosons*.

WEB **bit.ly/3-photon-interference** ■

DE L'ASSOCIATION DES ÉTUDIANTS DIPLÔMÉS DE L'IQC

Nous avons essayé de chasser la déprime de l'hiver en tenant notre concours annuel de chili. Avec un choix de plus de 10 délicieux chilis — pour végétariens ou amateurs de viande, garnis ou non de piment fort —, on peut dire sans crainte de se tromper que l'activité a connu un franc succès. Le professeur **KEVIN RESCH** est reparti avec le prix du meilleur chili pour omnivores, et **CHRIS WARREN** a remporté ceux du meilleur chili végétarien et du plus épicé. Les membres de l'IQC ont également profité de la soirée sociale annuelle, d'une soirée de jeux vidéo et d'une soirée autour du jeu *Escape Room*. ■

Vie
DE L'INSTITUT

BOURSES ET DISTINCTIONS

DONNER UNE IMPULSION À LA RECHERCHE FONDAMENTALE

Le gouvernement de l'Ontario a annoncé que **MICHAL BAJCSY**, **GUO-XING MIAO**, **MICHAEL REIMER** et **NA YOUNG KIM**, tous professeurs à l'IQC ainsi qu'au Département de génie électrique et informatique de l'Université de Waterloo, étaient récipiendaires de bourses de nouveau chercheur.

Ces scientifiques de l'IQC repoussent les limites des possibilités de la communication et de l'informatique quantiques. Leurs travaux sur l'informatique quantique à l'épreuve des défaillances et les moyens de communication à distance entre processeurs quantiques contribuent à faire de l'Ontario un chef de file mondial de la deuxième révolution quantique. ■

L'excellence en recherche récompensée

RAYMOND LAFLAMME, titulaire de la chaire de recherche du Canada sur l'information quantique, a remporté le prestigieux prix ACP-CRM de physique théorique et mathématique « pour ses travaux novateurs sur l'information quantique ». M. Laflamme a commencé à innover dans ce domaine avant le début de son mandat à l'IQC en 2002. Entre autres percées, il a été pendant longtemps détenteur du record mondial du contrôle universel du plus grand nombre de bits quantiques. Il a aussi réalisé la mise en œuvre expérimentale du refroidissement algorithmique d'un bain de chaleur, ainsi que de la non-localité quantique expérimentale de 3 particules dans des conditions strictes de localité. Le prix qu'il vient de remporter est remis par l'Association canadienne des physiciens et physiciennes (ACP) et le Centre de Recherches Mathématiques (CRM) du Canada. ■

Subvention du CRSNG

KEVIN RESCH, professeur à l'IQC, a obtenu du CRSNG une subvention à la découverte d'une valeur de 148 000 $ pour son projet de création d'un dispositif à couplage de charge afin de compter des photons individuels. Des techniques d'imagerie à faible lumière utilisant une telle caméra pourraient avoir des applications dans des domaines nombreux et variés allant des sciences biologiques à la sécurité, en passant par l'étude de la physique quantique fondamentale. ■

PRIX FAMILLE-MARSLAND

CHRISTOPHER WILSON, professeur à l'IQC ainsi qu'au Département de génie électrique et informatique de l'Université de Waterloo, a reçu le prix Famille-Marsland 2016 — la plus haute distinction du département en matière de recherche — pour ses travaux sur le couplage ultrafort d'un atome artificiel individuel avec un continuum électromagnétique en régime non perturbatif, qui ont fait l'objet de l'article *Ultrastrong coupling of a single artificial atom to an electromagnetic continuum in the nonperturbative regime* publié en 2016 dans la revue *Nature Physics*. Ces travaux résultant de la collaboration entre les laboratoires de M. Wilson et de son collègue de l'IQC **ADRIAN LUPAŞCU** révèlent une interaction entre lumière et matière dépassant de plus d'un ordre de grandeur tout ce qui avait été rapporté jusque-là. ■

Bourse Mike-et-Ophelia-Lazaridis

L'IQC cherche à attirer des chercheurs de grande qualité, afin de repousser les limites de la science et des technologies de l'information quantique. **YOUN SEOK LEE**, étudiant à la maîtrise, a reçu une bourse Mike-et-Ophelia-Lazaridis pour ses excellents résultats et son potentiel de recherche sur l'information quantique. Grâce à la générosité de Mike et Ophelia Lazaridis, des bourses d'études supérieures d'un montant pouvant aller jusqu'à 20 000 $ par année sont offertes à des étudiants à la maîtrise provenant de l'étranger. ■

BOURSE D'EXCELLENCE DE L'IQC

Des bourses d'excellence de l'IQC, d'une valeur de 5 000 $, ont été remises aux doctorants **MIKE MAZUREK** et **SHIHAN SAJEED** pour leurs réalisations exceptionnelles en recherche.
M. Mazurek a joué un rôle crucial dans la démonstration en laboratoire de l'échec de la non-contextualité réalisée l'an dernier par des chercheurs de l'IQC. M. Sajeed a fait beaucoup de travaux sur des sujets liés à la sécurité quantique : piratage quantique, distribution quantique de clés, empreintes quantiques expérimentales, etc. ■

Prix d'architecture

Conçu par KPMB Architects, le Centre Quantum-Nano Mike-et-Ophelia-Lazaridis s'est mérité le 11 avril le prix d'excellence en design de l'Association des architectes de l'Ontario. Le Centre Lazaridis était l'un des 10 lauréats choisis parmi plus de 140 candidatures. Les critères d'attribution des prix étaient la créativité, le contexte, la durabilité, la qualité de conception, la bonne gestion et l'apport au patrimoine. ■

NOUVEAUX VENUS

Professeur

Dmitry Pushin

Personnel

Maren Butcher
Siobhan Stables
Steven (Chuqi) Wei

Postdoctorants

Sara Hosseini
Jun Li
Zhihuang Luo
Pan Zheng

Étudiants

Connor Paul-Paddock
Maria Papageorgiou
Ray Liu
Youn Seok Lee

Scientifiques invités

Yidun Wan
Xiaodong Ma
Bienvenu Irenge Ndagano
Shilin Huang
Anuj Shripad Apte
Li Deng
Qian Xue ■

PROFIL : **DINAH SHI**

Ancienne de la QCSYS 2012

La cryptographie, la physique quantique et leur intersection faisaient partie des nouveaux sujets auxquels DINAH SHI a été initiée pendant l'École de cryptographie quantique pour jeunes étudiants (QCSYS).

Elle a été fascinée par les implications réelles de la cryptographie quantique sur la vie quotidienne : **« Un algorithme quantique pourrait compromettre la sécurité de la cryptographie fondée sur la factorisation de grands nombres entiers, et cela constitue un danger. » Les chargés de cours, professeurs et étudiants diplômés ont également motivé Dinah Shi. « Ils étaient nettement passionnés par ce sujet avancé et très spécialisé. Je voudrais aussi découvrir et maîtriser un sujet technique qui m'enthousiasmerait. » [traduction]**

Maintenant étudiante en 4e année de 1er cycle en génie logiciel à l'Université de Waterloo, Dinah Shi est en bonne voie de maîtriser son art. Elle prévoit utiliser ses compétences comme programmeuse dans l'industrie, pour étudier comment la technologie affecte les consommateurs et les entreprises. Elle dirige actuellement la section de Waterloo de *Women Who Code* (Des femmes qui programment). Grâce à des exposés, à des tables rondes et à des activités de réseautage, ce programme incite les femmes à exceller dans des carrières technologiques. Son conseil aux futurs participants à la QCSYS : « Soyez prêts à vous instruire! » [traduction] ■

#FemmesEnSciences

#FemmesEnSTIM

#OptezScience #womenscienceday #BeBoldForChange

#chooseScience #wipc

593 « J'AIME » 100 PARTAGES

Plus de

420

femmes et jeunes filles touchées par des programmes de formation et de diffusion des connaissances en sciences

Près de

50 %

des participants à la QCSYS et à l'USEQIP sont maintenant des femmes.

Women in STEM et *Femmes en STIM*

Vidéos YouTube

49
vidéos

1 316 686
minutes de visionnement

874 « J'AIME » 445 PARTAGES

PARRAINAGES DE L'IQC

ORGANISMES

Women in Science Society

FemPhys

CONFÉRENCES

CCPEP
Conférence canadienne pour les étudiantes de 1er cycle en physique

WIPC
Women in Physics Canada
(Les femmes et la physique au Canada)

BULLETIN D'INFORMATION DE L'**INSTITUT D'INFORMATIQUE QUANTIQUE**
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