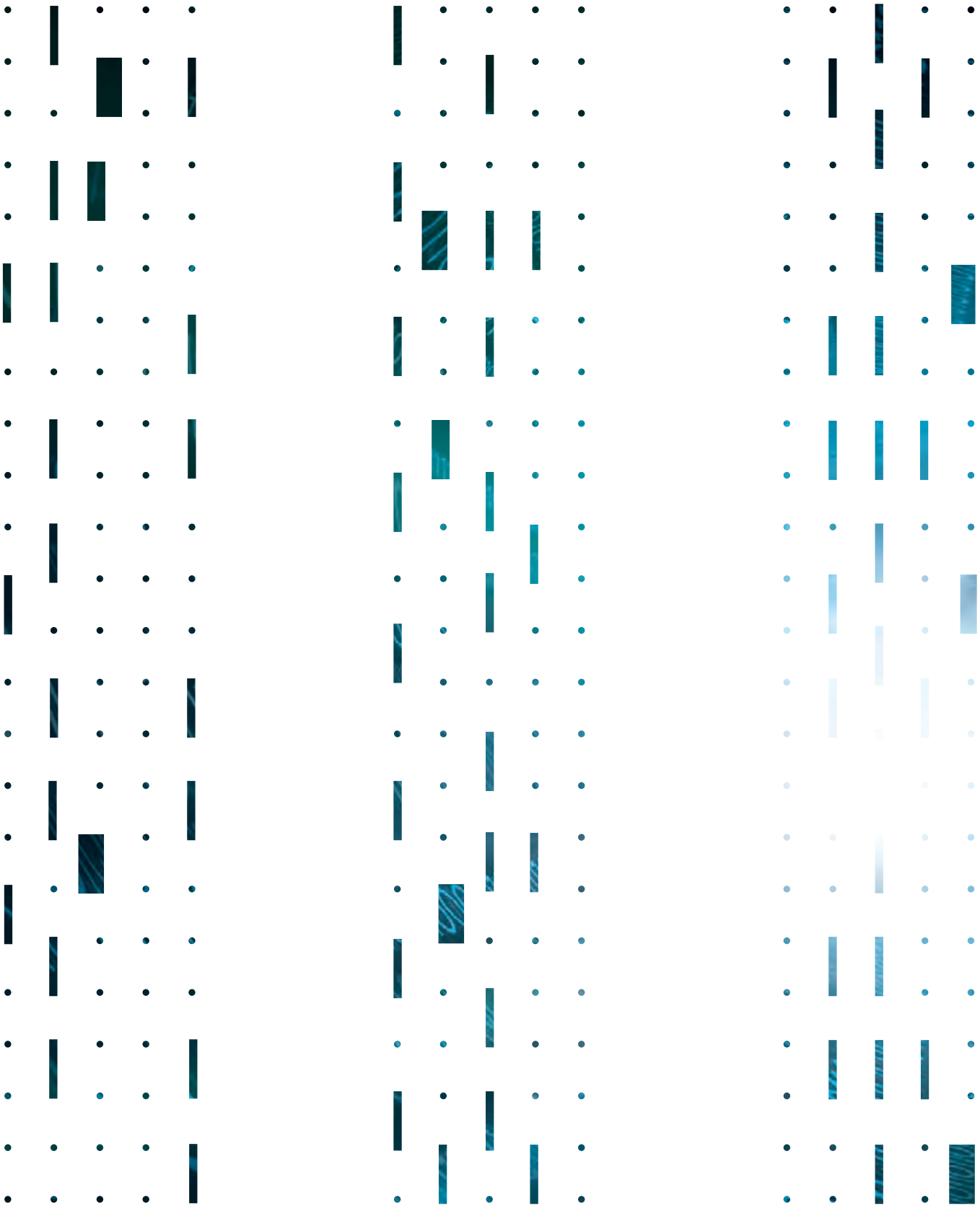


UNIVERSITÉ DE WATERLOO | IQC Institut d'informatique Quantique

CONSTRUIRE LA *QUANTUM VALLEY*

RAPPORT ANNUEL 2016

UNIVERSITÉ DE WATERLOO | IQC Institut d'informatique Quantique

« L'IQC ET L'UNIVERSITÉ DE WATERLOO PLACENT LE CANADA À L'AVANT-GARDE DE LA RECHERCHE EN PHYSIQUE QUANTIQUE ET DE LA CRÉATION DE NOUVELLES ENTREPRISES QUI CONSTRUIRONT L'INDUSTRIE DE L'INFORMATIQUE QUANTIQUE. » [TRADUCTION]

FERIDUN HAMDULLAHPUR,
RECTEUR ET VICE-CHANCELIER
DE L'UNIVERSITÉ DE WATERLOO

PUBLIÉ PAR L'IQC – COMMUNICATIONS ET INITIATIVES STRATÉGIQUES

Tobi Day-Hamilton
Kathryn Fedy
Alex Rollinson
Jodi Szimanski

INSTITUT D'INFORMATIQUE QUANTIQUE
UNIVERSITÉ DE WATERLOO

200, AVENUE UNIVERSITY OUEST
WATERLOO (ONTARIO), CANADA N2L 3G1

TÉLÉPHONE : +1 519 888-4021
TÉLÉCOPIE : +1 519 888-7610
COURRIEL : IQC@UWATERLOO.CA

CONSTRUIRE LA *QUANTUM VALLEY*

RAPPORT ANNUEL 2016

6 **À LA RECHERCHE DE L'EXCELLENCE ET DE L'INNOVATION**

6 NOTRE VISION
7 PRINCIPAUX DOMAINES DE RECHERCHE
9 MESSAGE DU DIRECTEUR GÉNÉRAL
10 MESSAGE DU PRÉSIDENT DU CONSEIL
11 MESSAGE DU PRÉSIDENT DU COMITÉ DE DIRECTION

12 **ATTIRER LES MEILLEURS AU MONDE**

12 GROUPES DE RECHERCHE DE L'IQC
13 CORPS PROFESSORAL
14 DES CHERCHEURS DE CLASSE MONDIALE
15 DES CERVEAUX DU MONDE ENTIER
16 MEMBRES AFFILIÉS ET ASSOCIÉS
17 UNIVERSITAIRES ET SCIENTIFIQUES INVITÉS

20 **DES RECHERCHES DE CLASSE MONDIALE**

20 DE LA THÉORIE À L'EXPÉRIENCE
22 LE NEUTRON QUANTIQUE
24 METTRE LA THÉORIE À L'ÉPREUVE, UN PHOTON À LA FOIS
26 L'EFFET DE TURBULENCE
27 ACQUÉRIR DES CONNAISSANCES

28 **MENER LA PROCHAINE RÉVOLUTION QUANTIQUE**

28 LES CHEFS DE FILE DE LA SCIENCE DE DEMAIN
29 COURS
29 ÉTUDIANTS À LA MAÎTRISE ET AU DOCTORAT
30 POSTDOCTORANTS
31 PRIX ET DISTINCTIONS
32 ANCIENS DE L'IQC
33 DES IDÉES À LA COMMERCIALISATION

34 **L'IQC DANS LE MONDE ET LE MONDE À L'IQC**

34 DIFFUSION DES CONNAISSANCES
36 CÉLÉBRATION DE LA LUMIÈRE
39 USEQIP – ÉCOLE DE 1ER CYCLE SUR LE TRAITEMENT QUANTIQUE EXPÉRIMENTAL DE L'INFORMATION
40 QCSYS – ÉCOLE DE CRYPTOGRAPHIE QUANTIQUE POUR JEUNES ÉTUDIANTS

42 **SURVOL DE L'ANNÉE**

42 QUELQUES STATISTIQUES
44 DES OUTILS POUR LA RECHERCHE
45 DIRECTION DE L'IQC
47 MESSAGE DU RECTEUR DE L'UNIVERSITÉ DE WATERLOO

UNIVERSITÉ DE WATERLOO | IQC Institut d'informatique Quantique

LE MOTEUR DE L'EXCELLENCE ET DE L'INNOVATION À L'INSTITUT D'INFORMATIQUE QUANTIQUE

NOTRE VISION

L'EXPLOITATION DE LA MÉCANIQUE QUANTIQUE SE TRADUIRA PAR DES TECHNOLOGIES RÉVOLUTIONNAIRES QUI BÉNÉFICIERONT À LA SOCIÉTÉ ET DEVIENDRONT UN NOUVEAU MOTEUR DE DÉVELOPPEMENT ÉCONOMIQUE AU XXIe SIÈCLE.

NOTRE MISSION

DÉVELOPPER ET FAIRE PROGRESSER LA SCIENCE ET LA TECHNOLOGIE DE L'INFORMATION QUANTIQUE AU PLUS HAUT NIVEAU INTERNATIONAL, GRÂCE À LA COLLABORATION ENTRE INFORMATICIENS, INGÉNIEURS, MATHÉMATICIENS ET PHYSICIENS.

OBJECTIFS STRATÉGIQUES

1. FAIRE DE WATERLOO UN CENTRE DE CALIBRE MONDIAL POUR LA RECHERCHE SUR LES TECHNOLOGIES QUANTIQUES ET LEURS APPLICATIONS.
2. ATTIRER DU PERSONNEL HAUTEMENT QUALIFIÉ EN INFORMATIQUE QUANTIQUE.
3. CONSTITUER UNE SOURCE FAISANT AUTORITÉ EN MATIÈRE D'IDÉES, D'ANALYSES ET DE COMMENTAIRES SUR L'INFORMATION QUANTIQUE.

PRINCIPAUX DOMAINES DE RECHERCHE

CALCUL QUANTIQUE

Étude de l'information quantique, en faisant appel à des atomes, des molécules et des particules de lumière pour créer de nouveaux bits d'information – appelés *qubits* –, au lieu d'éléments de circuits électriques, pour produire des 0 et des 1 afin d'effectuer des calculs.

COMMUNICATION QUANTIQUE

Mise au point de canaux de communication ultrasûrs, de protocoles de transmission à faible bruit ainsi que de réseaux mondiaux satellitaires, en exploitant la puissance de la physique quantique.

CAPTEURS QUANTIQUES

Utilisation des lois de la mécanique quantique pour mettre au point de nouveaux capteurs avec des gains exponentiels de précision, de sensibilité, de sélectivité et d'efficacité.

MATÉRIAUX QUANTIQUES

Conception de matériaux ayant des propriétés quantiques, pour des processeurs d'information quantique robustes et d'autres dispositifs.

CULTIVER UNE INDUSTRIE QUANTIQUE

MESSAGE DU DIRECTEUR GÉNÉRAL

IL Y A 14 ANS, UNE SEMENCE A ÉTÉ PLANTÉE À L'UNIVERSITÉ DE WATERLOO. NÉ DU DÉSIR DE PASSER DE DÉCOUVERTES FONDAMENTALES À DES TECHNIQUES CONCRÈTES, L'INSTITUT D'INFORMATIQUE QUANTIQUE (IQC) A GRANDI ET S'EST ÉPANOUI POUR DEVENIR L'ÉTABLISSEMENT SCIENTIFIQUE SOLIDE ET DYNAMIQUE QU'IL EST AUJOURD'HUI.

Nos recherches sont profondément enracinées dans la science fondamentale. Alimentés par l'écosystème de la *Quantum Valley* dans la région de Waterloo, nos chercheurs traduisent les concepts d'information quantique en applications concrètes ayant d'importantes répercussions sur la société. Nous cultivons ici une industrie de la recherche avec la collaboration et la contribution d'un grand nombre d'esprits brillants. Je suis fier de voir les progrès accomplis par nos professeurs, postdoctorants, étudiants, associés et affiliés dans le domaine.

L'Université de Waterloo nous fournit un appui utile, avec son milieu entrepreneurial ainsi que ses partenariats stratégiques avec des universités et des entreprises, qui sont nécessaires pour faire passer des laboratoires aux marchés les progrès de la recherche. Tout cela est possible grâce au soutien philanthropique de Mike et Ophelia Lazaridis, de même qu'aux généreuses subventions des gouvernements fédéral et provincial. La vision d'une *Quantum Valley* canadienne est une réalité dans la région de Waterloo. C'est une époque passionnante pour l'IQC.

À l'aube de notre 15e année d'existence, je pense à tout le chemin que nous avons parcouru. Je suis impatient de voir ce que seront nos prochaines découvertes. Notre personnel extraordinaire continuera de tracer la voie de la prochaine révolution. Merci à tous les individus et organismes dont le soutien permet à l'IQC de mener fièrement la croissance de l'industrie de la technologie quantique.

Raymond Laflamme
Directeur général
Institut d'informatique quantique
Université de Waterloo

ALORS QUE LE MONDE SE PRÉPARE À LA DEUXIÈME RÉVOLUTION QUANTIQUE, L'IQC ET SES PARTENAIRES DE LA *QUANTUM VALLEY* S'APPRÊTENT À Y JOUER UN RÔLE PRÉPONDÉRANT.

MESSAGE DU PRÉSIDENT DU CONSEIL

Ce fut une grande année pour le progrès de la physique et une année excitante dans la *Quantum Valley*.

Partout dans le monde, nous voyons les gouvernements, les institutions de recherche et beaucoup des plus grandes entreprises de technologie investir à grande échelle dans la recherche en physique et la mise au point de nouvelles techniques quantiques.

En mai dernier, l'Europe a annoncé un nouveau programme phare d'un milliard d'euros visant à intensifier les efforts de développement de sa technologie quantique. Voici un extrait de son « manifeste quantique » :

> « La deuxième révolution quantique est maintenant en marche. Partout dans le monde, elle fait faire des pas de géant à la science, à l'industrie et à la société. Elle créera de nouvelles possibilités commerciales pour répondre aux défis mondiaux, offrira des capacités stratégiques en matière de sécurité et jettera les bases de possibilités inédites pour l'avenir. » [traduction]

Le gouvernement des États-Unis semble partager ce point de vue sur l'importance de cette nouvelle technologie quantique, comme en témoigne un rapport préparé pour le gouvernement américain par des chercheurs et décideurs scientifiques de premier plan.

L'IQC et ses partenaires de la *Quantum Valley* continuent de faire le nécessaire pour que Waterloo et le Canada puissent être à l'avant-garde de la deuxième révolution quantique. Certains progrès remarquables accomplis à l'IQC au cours de la dernière année méritent d'être mentionnés.

Tout d'abord, de nouveaux chercheurs venus de l'étranger ont choisi de se joindre au corps professoral de l'IQC pour apporter leur contribution dans ce domaine de recherche passionnant : Vern Paulsen s'est joint à l'IQC en juillet, en provenance de l'Université de Houston; William Slofstra est venu de l'Université de la Californie à Davis en août; Wei Tsen s'est joint à l'IQC en janvier, en provenance de l'Université Columbia; Na Young Kim a travaillé chez Apple et à l'Université Stanford avant de devenir professeure à l'IQC.

D'autre part, nous continuons de veiller à ce que les chercheurs de l'IQC aient accès à des laboratoires et à de l'équipement à jour, y compris un nombre croissant d'outils et d'appareils de pointe inventés par des scientifiques de l'IQC. À cet égard, je suis heureux de vous annoncer que les nouveaux « laboratoires tranquilles » (ayant un minimum de vibrations, de bruits acoustiques et d'interférences électromagnétiques) sont maintenant aménagés dans le bâtiment RAC II du campus Nord de l'Université de Waterloo. Les bruits acoustiques et les vibrations de ces laboratoires sont si faibles qu'ils sont inférieurs aux normes les plus sévères publiées par l'Institut national des normes et de la technologie des États-Unis (NIST). Nous croyons que ces laboratoires sont les plus « tranquilles » en leur genre au monde. Nous avons également commencé la construction du laboratoire de champs magnétiques doté d'un aimant de 20 teslas. Ce laboratoire sera stratégiquement situé à côté des laboratoires tranquilles et permettra aux chercheurs de l'IQC d'accéder facilement à des outils qui n'étaient disponibles que sur rendez-vous dans quelques laboratoires nationaux des États-Unis.

L'IQC résulte d'un partenariat public-privé solide et de longue durée avec le gouvernement du Canada et la Province de l'Ontario, qui sont des investisseurs importants et des partenaires fondamentaux de l'IQC depuis sa fondation. Nul ne doute que le développement de la technologie quantique et sa commercialisation au Canada constituent une priorité nationale. Je tiens à remercier nos deux partenaires gouvernementaux de leur appui constant envers l'IQC et la *Quantum Valley*.

Je voudrais notamment souligner la subvention de 76 millions de dollars accordée à l'IQC dans le cadre du Fonds d'excellence en recherche Apogée Canada du gouvernement fédéral. Je suis certain que grâce aux possibilités de recherche et aux ressources offertes par cette subvention, l'IQC, la *Quantum Valley* et le Canada franchiront un pas important pour être à l'avant-garde de la deuxième révolution quantique.

Rien de cela ne se fait tout seul. Je tiens à reconnaître les efforts et les contributions de Raymond Laflamme, notre directeur fondateur, et de David Cory, directeur adjoint de l'IQC et chercheur principal du programme *Technologies quantiques transformatrices* du Fonds Apogée. Je veux également souligner la contribution décisive de Feridun Hamdullahpur, recteur de l'Université, et de son équipe. Enfin, je voudrais remercier les membres du conseil d'administration et du comité consultatif scientifique de l'IQC, pour leurs efforts visant à appuyer l'Institut.

La deuxième révolution quantique changera notre manière de concevoir et de manipuler la matière et l'énergie, et de fabriquer de nouveaux matériaux. Elle améliorera grandement la simulation et les mesures, le calcul et les communications, le stockage et la sécurité des données, les diagnostics et les traitements médicaux. Elle permettra des progrès qui seraient impossibles même avec les meilleures techniques classiques.

La deuxième révolution quantique promet de créer de tout nouveaux cycles industriels, du même ordre que les révolutions industrielle et informatique du dernier siècle. Les investissements de l'Université de Waterloo, et l'importance stratégique qu'elle accorde à la science et à la technologie de l'information quantique, feront en sorte que le Canada, son industrie et ses citoyens profiteront de cette révolution.

Bien à vous,

Mike Lazaridis, O.C., O.Ont., FRS, MSRC
Président du conseil d'administration
Institut d'informatique quantique
Université de Waterloo

CONSTRUIRE SUR UNE BASE D'EXCELLENCE

MESSAGE DU PRÉSIDENT DU COMITÉ DE DIRECTION

Mike Lazaridis avait une vision. Il a vu l'avenir de l'informatique quantique comme domaine de recherche naissant et a reconnu le besoin de transformer les percées fondamentales en techniques concrètes aux répercussions bénéfiques pour notre monde. Il a choisi l'Université de Waterloo pour y établir l'Institut d'informatique quantique, milieu de collaboration et de recherche interdisciplinaire, pour faire de sa vision une réalité.

Quatorze ans plus tard, l'IQC est une composante fondamentale du plan scientifique révolutionnaire de l'Université de Waterloo, et ses travaux sont à l'avant-garde d'une communauté internationale de recherche en science et technologie de l'information quantique. Au cours des cinq prochaines années, les atouts de l'IQC contribueront à faire progresser l'Université de Waterloo vers son objectif premier : être reconnue comme l'une des meilleures universités d'innovation au monde.

Un tel parcours est rendu possible par la collaboration et le dévouement de plusieurs. Merci aux facultés de génie, de mathématiques et des sciences, pour leur implication dans l'IQC. Merci à vous, membres du comité de direction, pour votre compétence et vos conseils. Et merci à vous, Mike Lazaridis, de votre vision audacieuse et ambitieuse, et pour avoir vu dans l'Université de Waterloo l'endroit où elle peut se réaliser.

Ensemble, nous ferons de l'Université de Waterloo l'une des meilleures universités d'innovation au monde.

George Dixon
Président, comité de direction de l'IQC
Vice-recteur à la recherche
Université de Waterloo

METTRE SUR PIED LA *QUANTUM VALLEY*

GRÂCE À L'ÉTENDUE ET À LA QUALITÉ DE SON INFRASTRUCTURE DE RECHERCHE, L'IQC PEUT FAIRE PROGRESSER LA SCIENCE ET LA TECHNOLOGIE DE L'INFORMATION QUANTIQUE AU PLUS HAUT NIVEAU INTERNATIONAL. LES CHERCHEURS DE L'IQC COLLABORENT POUR EXPLOITER LE MONDE QUANTIQUE, RÉVOLUTIONNER LA TECHNOLOGIE ET ALIMENTER L'ÉCONOMIE DE L'AVENIR. DES IDÉES FONDAMENTALES PASSENT DU TABLEAU AU LABORATOIRE, PUIS ÉMERGENT SOUS FORME DE NOUVELLES APPLICATIONS ET PÉNÈTRENT LES MARCHÉS.

Des ordinateurs ultrapuissants, une cryptographie inviolable, des appareils quantiques, de nouveaux matériaux et des nanotechnologies d'une efficacité sans précédent, voilà quelques-unes des découvertes qui ont leur origine à l'IQC. Ensemble, nous menons la prochaine révolution quantique.

Nous mettons sur pied la *Quantum Valley.*

GROUPES DE RECHERCHE DE L'IQC

GROUPE D'ÉLECTRONIQUE DE SPIN COHÉRENTE
Jonathan Baugh

LABORATOIRE D'INGÉNIERIE DE SYSTÈMES QUANTIQUES
Christopher Wilson

MATÉRIAUX QUANTIQUES FONCTIONNELS
Guo-Xing Miao

LABORATOIRE DE MATIÈRE QUANTIQUE NUMÉRIQUE
Matteo Mariantoni

LABORATOIRE DE MATIÈRE QUANTIQUE ET DE LUMIÈRE ULTRAFROIDES
Kyung Choi

MATHÉMATIQUES DE L'INFORMATION QUANTIQUE
William Sloftsra

LABORATOIRE DE NANOPHOTONIQUE ET D'OPTIQUE QUANTIQUE
Michal Bajcsy

LABORATOIRE D'IMAGERIE NANOMÉTRIQUE PAR RÉSONANCE MAGNÉTIQUE
Raffi Budakian

CONTRÔLE ET CORRECTION D'ERREURS QUANTIQUES
Raymond Laflamme

GROUPE DE THÉORIE DE LA COMMUNICATION QUANTIQUE OPTIQUE
Norbert Lütkenhaus

LABORATOIRE DE PIRATAGE QUANTIQUE
Vadim Makarov

LABORATOIRE D'INNOVATION QUANTIQUE (QUIN)
Na Young Kim

GROUPE DE THÉORIE DE L'INFORMATION ET DU CALCUL QUANTIQUES
Richard Cleve
Joseph Emerson
Raymond Laflamme
Debbie Leung
Michele Mosca
Ashwin Nayak
Vern Paulsen
John Watrous

LABORATOIRE DE MATÉRIAUX ET DE DISPOSITIFS QUANTIQUES
Wei Tsen

LABORATOIRE D'OPTIQUE ET D'INFORMATION QUANTIQUES
Kevin Resch

LABORATOIRE DE DISPOSITIFS PHOTONIQUES QUANTIQUES
Michael Reimer

LABORATOIRE DE PHOTONIQUE QUANTIQUE
Thomas Jennewein

LABORATOIRE DE PROCESSEURS QUANTIQUES
David Cory

GROUPE DE CRYPTOGRAPHIE À L'ÉPREUVE DES ATTAQUES QUANTIQUES
Michele Mosca

GROUPE DES LOGICIELS QUANTIQUES
Michele Mosca

GROUPE DE L'INFORMATION QUANTIQUE RELATIVISTE
Eduardo Martín-Martínez

GROUPE DES DISPOSITIFS QUANTIQUES SUPRACONDUCTEURS
Adrian Lupascu

CORPS PROFESSORAL

Les recherches effectuées à l'IQC sont fondamentalement interdisciplinaires, à la fois théoriques et expérimentales, et couvrent tous les aspects de l'informatique quantique. L'IQC encourage les collaborations entre disciplines et au-delà des frontières. Nos chercheurs appartiennent à la fois à l'IQC et à l'un des 7 départements suivants dans 3 facultés de l'Université de Waterloo : Mathématiques appliquées, Combinatoire et optimisation, Informatique ou Mathématiques pures à la Faculté de mathématiques; Chimie ou Physique et astronomie à la Faculté des sciences; Génie électrique et informatique à la Faculté de génie.

PROFESSEURS

Michal Bajcsy
Génie électrique et informatique
Membre de l'IQC depuis **2014**

Jonathan Baugh
Chimie
Membre de l'IQC depuis **2007**

Raffi Budakian
Physique et astronomie
Membre de l'IQC depuis **2014**

Andrew Childs
Combinatoire et optimisation
Membre de l'IQC depuis **2007**

Kyung Soo Choi
Physique et astronomie
Membre de l'IQC depuis **2014**

Richard Cleve
École d'informatique
Membre de l'IQC depuis **2004**

David Cory
Chimie
Membre de l'IQC depuis **2010**

Joseph Emerson
Mathématiques appliquées
Membre de l'IQC depuis **2005**

Thomas Jennewein
Physique et astronomie
Membre de l'IQC depuis **2009**

Na Young Kim
Génie électrique et informatique
Membre de l'IQC depuis **2016**

Raymond Laflamme
Physique et astronomie
Membre de l'IQC depuis **2002**

Debbie Leung
Combinatoire et optimisation
Membre de l'IQC depuis **2005**

Adrian Lupaşcu
Physique et astronomie
Membre de l'IQC depuis **2009**

Norbert Lütkenhaus
Physique et astronomie
Membre de l'IQC depuis **2006**

Matteo Mariantoni
Physique et astronomie
Membre de l'IQC depuis **2012**

Guo-Xing Miao
Génie électrique et informatique
Membre de l'IQC depuis **2011**

Michele Mosca
Combinatoire et optimisation
Membre de l'IQC depuis **2002**

Ashwin Nayak
Combinatoire et optimisation
Membre de l'IQC depuis **2002**

Vern Paulsen
Mathématiques pures
Membre de l'IQC depuis **2015**

Michael Reimer
Génie électrique et informatique
Membre de l'IQC depuis **2015**

Kevin Resch
Physique et astronomie
Membre de l'IQC depuis **2006**

Wei Tsen
Chimie
Membre de l'IQC depuis **2016**

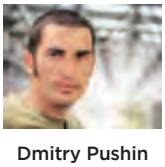
John Watrous
École d'informatique
Membre de l'IQC depuis **2006**

Christopher Wilson
Génie électrique et informatique
Membre de l'IQC depuis **2012**

PROFESSEURS-CHERCHEURS ADJOINTS

Vadim Makarov
Physique et astronomie
Membre de l'IQC depuis **2012**

Eduardo Martín-Martínez
Mathématiques appliquées
Membre de l'IQC depuis **2014**



Dmitry Pushin
Physique et astronomie
Membre de l'IQC depuis **2010**

William Slofstra
IQC
Membre de l'IQC depuis **2015**

DES CHERCHEURS DE CLASSE MONDIALE

NA YOUNG KIM

NA YOUNG KIM dirige le laboratoire d'innovation quantique (QuIN), qui vise à construire des processeurs quantiques à grande échelle fondés sur de nouveaux matériaux et des techniques avancées.

Avant de se joindre à l'IQC en mars 2016, Mme Kim travaillait chez Apple sur la mise au point de dispositifs d'affichage miniatures. Elle a obtenu un B.Sc. en physique à l'Université nationale de Séoul, puis a travaillé pendant ses études supérieures sur les propriétés du transport mésoscopique dans des nanostructures à faible nombre de dimensions, au Département de physique appliquée de l'Université Stanford. Elle a ensuite étendu le champ de ses recherches à l'optique quantique et à la nanophotonique, travaillant sur plusieurs projets d'expérimentation et de théorie. Elle a participé à l'atelier *Quantum Innovators* (Innovateurs dans le domaine quantique) de l'IQC en 2014.

WEI TSEN

WEI TSEN a complété un doctorat en physique appliquée à l'Université Cornell, sous la direction de Jiwoong Park. Il a ensuite été postdoctorant au Département de physique de l'Université Columbia, sous la direction d'**ABHAY PASUPATHY** et de **PHILIP KIM**, où il a étudié des matériaux quantiques d'épaisseur atomique et les a incorporés dans des dispositifs électroniques nanométriques.

M. Tsen continue d'étudier ces matériaux et de mettre au point de nouveaux appareils quantiques fondés sur leurs propriétés exotiques. Après avoir participé à l'atelier *Quantum Innovators* (Innovateurs dans le domaine quantique) en 2015, il est devenu professeur adjoint au Département de chimie de l'Université de Waterloo et membre de l'IQC en janvier 2016.

VERN PAULSEN

VERN PAULSEN est devenu en juillet 2015 professeur à la Faculté de mathématiques de l'Université de Waterloo et membre du corps professoral de l'IQC. Il a obtenu un doctorat en mathématiques de l'Université du Michigan à Ann Arbor. Avant de se joindre à l'IQC, il avait le titre de professeur John-et-Rebecca-Moores à l'Université de Houston.

Ses recherches en mathématiques portent sur la théorie de l'information quantique. M. Paulsen est membre des programmes de technologie de l'information quantique de l'Institut Mittag-Leffler, en Suède, et de l'Institut Isaac-Newton, à Cambridge. Ses travaux ont fait l'objet de plus de 100 articles. Vern Paulsen est l'auteur de 4 manuels d'études supérieures en mathématiques et s'est mérité plusieurs prix d'enseignement.

WILLIAM SLOFSTRA

WILLIAM SLOFSTRA a obtenu un doctorat en mathématiques à l'Université de la Californie à Berkeley en 2011. Après avoir passé une partie de l'année 2012 comme associé de recherche à l'Université de la Colombie-Britannique, M. Slofstra est retourné en Californie à titre de professeur adjoint Krener à l'Université de la Californie à Davis. En août 2015, M. Slofstra a déménagé à Waterloo pour devenir professeur-chercheur adjoint à l'IQC.

Ses recherches portent principalement sur l'algèbre, plus précisément la théorie de la représentation des groupes de Lie, le calcul de Schubert et les domaines connexes, de même que les jeux non locaux.

DES CERVEAUX DU MONDE ENTIER

DES COLLABORATIONS D'ENVERGURE MONDIALE

LA COLLABORATION EST UN CATALYSEUR DE DÉCOUVERTE. LES CHERCHEURS DE L'IQC SONT EN CONTACT ÉTROIT AVEC DES PAIRS D'INSTITUTIONS DU MONDE ENTIER. LE RÉSEAU INTERNATIONAL DE L'IQC CONTINUE DE S'ÉTENDRE, CRÉANT DES LIENS ET DES PARTENARIATS QUI JETTENT LES BASES D'INTÉRESSANTS DÉVELOPPEMENTS À VENIR.

ENTENTES NATIONALES ET INTERNATIONALES

L'IQC a signé 9 ententes officielles visant à faciliter les projets de recherche conjoints ou en collaboration, ainsi que la poursuite d'intérêts scientifiques communs :

INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
Québec

INSTITUT TRANSDISCIPLINAIRE D'INFORMATION QUANTIQUE
Québec

UNIVERSITÉ TSINGHUA
Chine

UNIVERSITÉ DE SCIENCES ET TECHNOLOGIE DE CHINE
Chine

INSTITUT DE RECHERCHES RAMAN
Inde

TECHNION – INSTITUT ISRAÉLIEN DE TECHNOLOGIE
Israël

INSTITUT CORÉEN DES SCIENCES ET DE LA TECHNOLOGIE
Corée

UNIVERSITÉ DE TECHNOLOGIE DE DELFT
Pays-Bas

CENTRE DE TECHNOLOGIES QUANTIQUES
Singapour

ÉCHANGES INTERNATIONAUX

L'Université de Waterloo encourage la participation des étudiants, postdoctorants et chercheurs de l'IQC à des échanges. Ceux-ci favorisent les progrès de l'enseignement et de la recherche sur le traitement de l'information quantique. L'Université a conclu des accords d'échanges étudiants avec les institutions suivantes :

UNIVERSITÉ D'INNSBRUCK
Autriche

ÉCOLE NORMALE SUPÉRIEURE DE LYON
France

UNIVERSITÉ PARIS DIDEROT (PARIS 7)
France

UNIVERSITÉ FRIEDRICH-ALEXANDER D'ERLANGEN-NUREMBERG
Allemagne

UNIVERSITÉ DE LA SARRE
Allemagne

UNIVERSITÉ DE LETTONIE
Lettonie

UNIVERSITÉ DE TECHNOLOGIE DE DELFT
Pays-Bas

UNIVERSITÉ NATIONALE DE SINGAPOUR
Singapour

EN 2015-2016, LES CHERCHEURS DE L'IQC :

ONT COLLABORÉ avec **485** chercheurs de **108** institutions dans **26** pays;

PARTICIPÉ À **140** conférences à l'extérieur de l'IQC;

ACCUEILLI **157** scientifiques de **94** institutions de premier plan, ainsi que **360** participants à des conférences, pour échanger des idées et faire des recherches en informatique quantique.

MEMBRES AFFILIÉS ET ASSOCIÉS

UNE DÉMARCHE INTERDISCIPLINAIRE

Les recherches théoriques de **BEI ZENG**, membre affiliée et associée à l'IQC, visent à créer une classe de codes de correction d'erreurs quantiques permettant une transmission et un traitement fiables de l'information quantique par un ordinateur quantique. Titulaire de diplômes en physique et en mathématiques de l'Université Tsinghua et de l'Institut de technologie du Massachusetts (MIT), Mme Zeng favorise une approche interdisciplinaire de la recherche sur l'information quantique : « Dans ce domaine, personne ne peut être expert en tout, et la collaboration est utile. » [traduction]

Bei Zeng s'est jointe à l'IQC en 2009, à titre de postdoctorante sous la direction d'**ASHWIN NAYAK** et de **JOHN WATROUS**. Maintenant qu'elle est professeure agrégée au Département de mathématiques et de statistiques de l'Université de Guelph, son affiliation à l'IQC lui permet de rester liée à l'Institut et de maintenir des canaux de collaboration. Elle travaille sur la cryptographie quantique avec **NORBERT LÜTKENHAUS**, et établit des ponts entre concepts théoriques et expérimentation avec **RAYMOND LAFLAMME** et **KEVIN RESCH**.

À l'heure actuelle, Mme Zeng travaille à la rédaction d'un manuel nouveau en son genre, sur l'application de l'informatique quantique à l'étude de la physique de la matière condensée. Pour ce projet, elle collabore avec des chercheurs de l'Institut de technologie de la Californie, de l'Académie chinoise des sciences et du MIT. L'ouvrage sera publié par Springer dans une collection sur la science et la technologie quantiques.

COMPRENDRE LE MONDE QUANTIQUE

« La conception d'un ordinateur quantique permet d'explorer des aspects plus profonds de la physique quantique », déclare **SHOHINI GHOSE**, membre affiliée de l'IQC et professeure au Département de physique et d'informatique de l'Université Wilfrid-Laurier. « La construction d'un ordinateur quantique signifierait que nous comprenons mieux le monde quantique. » [traduction]

Lorsqu'elle s'est jointe à l'Université Wilfrid-Laurier en 2005, Mme Ghose a vu l'IQC comme un pôle de recherche en physique quantique situé à proximité. Elle est devenue membre affiliée de l'IQC et professeure auxiliaire au Département de physique et d'astronomie de l'Université de Waterloo. Elle participe à la supervision des travaux de **MEENU KUMARI**, doctorante à l'IQC, qui travaille sur un projet de recherche conjoint avec **EDUARDO MARTÍN-MARTÍNEZ**, professeur-chercheur adjoint, et **ACHIM KEMPF**, membre associé à l'IQC.

Et Mme Ghose d'ajouter : « Les discussions avec d'autres chercheurs en informatique quantique engendrent de nouvelles idées; c'est comme cela que la recherche progresse. » [traduction] Ses recherches en informatique quantique sont centrées sur le chaos quantique et l'intrication multipartite. Elle étudie comment utiliser l'intrication comme ressource pour l'information quantique, en particulier pour la téléportation contrôlée et l'intrication dans des réseaux à grande échelle, qui pourraient mener à la réalisation d'un Internet quantique.

LES FEMMES EN PHYSIQUE

Lorsque Shohini Ghose fait face à un défi de recherche, elle tient compte des données probantes établies, trouve les compétences requises, puis opte pour un plan d'attaque précis. Elle adopte la même démarche en ce qui concerne la sous-représentation des femmes en physique et dans les domaines de la recherche scientifique. À titre de directrice fondatrice du Centre pour les femmes en sciences de l'Université Wilfrid-Laurier, elle met sur pied « une forte communauté pour les femmes en sciences, grâce à la recherche, à la communication et à l'action » [traduction].

UNIVERSITAIRES ET SCIENTIFIQUES INVITÉS

DU 1er AVRIL 2015 AU 31 MARS 2016

Scott Aaronson, Institut de technologie du Massachusetts

Alvaro Martin Alhambra, Collège universitaire de Londres

Dimitrios Antsos, Siège de la NASA

Bhashyam Balaji, Gouvernement du Canada

Jean-Daniel Bancal, Université du Michigan

Ben Baragiola, Université du Nouveau-Mexique

Howard Barnum, Université du Nouveau-Mexique

Tim J. Bartley, Institut national des normes et de la technologie des États-Unis

Stefi Baum, Université du Manitoba

Stefanie Beale, Université Acadia

Shalev Ben-David, Institut de technologie du Massachusetts

Mario Berta, Institut de technologie de la Californie

Jean-François Biasse, Université de la Floride du Sud

Immanuel Bloch, Institut Max-Planck d'optique quantique

Boris Braverman, Institut de technologie du Massachusetts

Harry Buhrman, Université d'Amsterdam

Brandon Buonacorsi, Université de la Californie à Davis

Tommaso Calarco, Université d'Ulm

Edward Chen, Institut de technologie du Massachusetts

Lily Chen, Institut national des normes et de la technologie des États-Unis

Nai-Hui Chia, Université d'État de la Pennsylvanie

Shen Chiu, Gouvernement du Canada

Franklin Cho, Université de la Californie du Sud

Jerry Chow, IBM Research

Ethan Clements, Université de Miami

Xingshan Cui, Université de la Californie à Santa Barbara

Anthony Damini, Gouvernement du Canada

Tal David, Recherche et développement pour la défense, Israël

Ying Dong, Université normale de Hangzhou

Helen Fay Dowker, Collège impérial de Londres

Chris Erven, Université de Bristol

Chris Ferrie, Université de Sydney

Karsten Flensberg, Institut Niels-Bohr, Université de Copenhague

Fabian Furrer, Laboratoires NTT de recherche fondamentale

Dorian Gangloff, Institut de technologie du Massachusetts

Ankit Garg, Université de Princeton

Barry Geldzahler, Siège de la NASA

Sevag Gharibian, Université de la Californie à Berkeley

Goh Koon Tong, Centre de technologies quantiques, Université nationale de Singapour

Chris Granade, Université de Sydney

Markus Grassl, Institut Max-Planck de physique de la lumière

Mary Hockaday, Laboratoire national de Los Alamos

Andreas Hülsing, Université technique d'Eindhoven

K. Rajibul Islam, Institut de technologie du Massachusetts

Nitin Jain, Université Northwestern

Hamid Javadi, Siège de la NASA

Stacey Jeffery, Institut de technologie de la Californie

Sajeev John, Université de Toronto

Archana Kamal, Institut de technologie du Massachusetts

Phil Kaye, Gouvernement du Canada

Viv Kendon, Centre quantique conjoint de Durham et Newcastle

Nathan Killoran, Université d'Ulm

Na Young Kim, Université Stanford

Piotr Kolenderski, Université Nicolas-Copernic

Robin Kothari, Institut de technologie du Massachusetts

Aleksander Kubica, Institut de technologie de la Californie

Paul Kwiat, Université de l'Illinois à Urbana-Champaign

Catherine Laflamme, Université d'Innsbruck

Eric Larson, Université du Michigan

Minsoo Lee, Institut coréen des sciences et de la technologie

Gaby Lenhart, Institut européen des normes de télécommunications

Joshua Levin, Université de Boston

Junan Lin, Université McGill

Jorma Louko, Université de Nottingham

Xiaodong Ma, Université de sciences et technologie de Chine

Dirk van der Marel, Université de Genève

John Martinis, Université de la Californie à Santa Barbara

Serge Massar, Université libre de Bruxelles

Christian Mastromattei, Université Queen's

Matthew McKague, Université de l'Otago

Igor Mekhov, Université d'Oxford

Piotr Migdal, Institut de sciences photoniques

Carl Miller, Université du Michigan

Rajat Mittal, Institut indien de technologie de Kanpur

András Molnár, Institut Max-Planck d'optique quantique

Christopher Monroe, Université du Maryland

Dana Moshkovitz, Institut de technologie du Massachusetts

Yasunobu Nakamura, Université de Tokyo

Matthieu Nannini, Université McGill

Tracy Northup, Université d'Innsbruck

Ibrahim Nsanzineza, Université de Syracuse

Gerardo Ortiz, Université de l'Indiana à Bloomington

Juliana Park, Université nationale de Séoul

Hakop Pashayan, Université de Sydney

Raj Patel, Université Griffith

William Paul, IBM Research

Mark Paulsen, Banque canadienne impériale de commerce

Corsin Pfister, Centre de technologies quantiques, Université nationale de Singapour

Marco Piani, Université de Strathclyde, Glasgow

Michele Piscitelli, Collège Royal Holloway, Université de Londres

Liam Pleven, The Wall Street Journal

Britton Plourde, Université de Syracuse

Marzio Pozzuoli, Université Ryerson

Kathy Prestridge, Laboratoire national de Los Alamos

Hao Qin, Télécom ParisTech

Sadegh Raeisi, Université Friedrich-Alexander d'Erlangen-Nürnberg

Cosmic Raj, Institut Tata de recherche fondamentale

Bertrand Reulet, Université de Sherbrooke

Pablo Rodriguez-López, Laboratoire de physique théorique et modèles statistiques

Joseph Salfi, Université de Nouvelle-Galles du Sud

Valerio Scarani, Centre de technologies quantiques, Université nationale de Singapour

Crystal Senko, Université Harvard

Pascale Sévigny, Gouvernement du Canada

Si-Hui Tan, Université de technologie et de design de Singapour

Jamie Sikora, Centre de technologies quantiques, Université nationale de Singapour

Christoph Simon, Université de Calgary

Ajit Singh, Académie nationale des sciences de l'Inde

Urbasi Sinha, Institut de recherches Raman

Daniel Terno, Université Macquarie

Wei Tsen, Université Columbia

Mukund Vengalattore, Université Cornell

Sebastian Verschoor, Université technique d'Eindhoven

Cameron Vickers, Université du Connecticut

Saeqa Vrtilek, Université Harvard

Frank Wilhelm-Mauch, Université de la Sarre

Aye Lu Win, Université Old Dominion, États-Unis

Erik Woodhead, Institut de sciences photoniques

Xingyao Wu, Université du Michigan

Ben Yager, Collège Royal Holloway, Université de Londres

Dong Yang, Université de Barcelone

Badri Younes, Siège de la NASA

Nan Yu, Siège de la NASA

Anton Zeilinger, Université de Vienne

Heping Zeng, Université normale de la Chine de l'Est

Jingfu Zhang, Université technique de Dortmund

SCIENTIFIQUES INVITÉS À LONG TERME

DU 1er AVRIL 2015 AU 31 MARS 2016

Vineeth S. Bhaskara, Institut indien de technologie de Guwahati

Mitchell Brickson, Collège Goshen

Lu Cong, Université Jiao Tong de Shanghai

Matthew Coudron, Institut de technologie du Massachusetts

Emilie Mai Elkiaer, Université de Copenhague

Luis Garay, Université Complutense de Madrid

Juan Carlos García Escartín, Université de Valladolid

Cheng Guo, Université Tsinghua; Université technologique de Sydney

Markos Karasamanis, Collège universitaire de Londres

Thomas Kauten, Université d'Innsbruck

Shun Kawakami, Université de Tokyo

Linghang Kong, Université Tsinghua

Tony Leggett, Université de l'Illinois à Urbana-Champaign

Keren Li, Université Tsinghua

Fen Liu, Université Jiao Tong de Shanghai

Zhengfang Liu, Université Jiao Tong de Shanghai

Benjamin Lovitz, Collège Bates

Lyu Ming, Université Tsinghua

Morgan Mastrovich, Collège Harvey Mudd de Claremont, Californie

Laura Córdova Matte, Université pontificale catholique du Rio Grande do Sul

Eric Metodiev, Université Harvard

Dominique Pouliot, Université de l'Illinois à Urbana-Champaign

Yihui Quek, Institut de technologie du Massachusetts

Fred Shultz, Collège Wellesley

Frederick Strauch, Collège Williams

Aarthi Sundaram, Centre de technologies quantiques, Université nationale de Singapour

Jonathan Vandermause, Collège Dartmouth

Qingping Wu, Université Jiao Tong de Shanghai

Qian Xue, Université de Qingdao

Chan Ho Yoon, Université Columbia

UNE VISITE ROYALE

Le 28 mai, l'Université de Waterloo a reçu la visite du roi et de la reine des Pays-Bas. Leurs Majestés le **ROI WILLEM-ALEXANDER** et la **REINE MÁXIMA** ont signé deux accords : l'un entre l'Université de Waterloo et l'Université de technologie de Delft; l'autre entre la Région de Waterloo et la Région de Brainport-Eindhoven.

Le roi et la reine ont également annoncé le programme des bourses de la Libération, pour commémorer le 70e anniversaire de la libération des Pays-Bas lors de la Seconde Guerre mondiale. **MADELAINE LIDDY**, étudiante à la maîtrise à l'IQC, fait partie des premiers parmi les 70 Canadiens qui ont reçu une bourse de la Libération. Étudiant sous la direction de **DAVID CORY**, titulaire de la chaire d'excellence en recherche du Canada sur le traitement de l'information quantique, Mme Liddy travaille sur les capteurs chimiques à vacance d'azote.

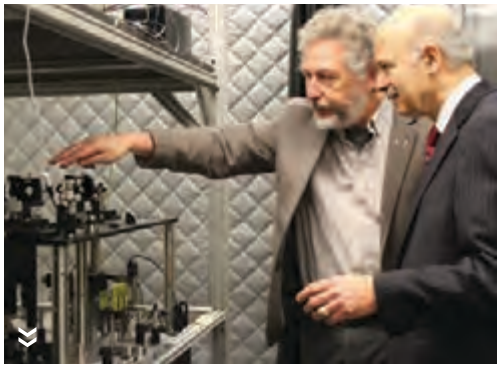
VISITES DE LA *QUANTUM VALLEY*

FAISANT PARTIE DU MILIEU ENTREPRENEURIAL DE L'UNIVERSITÉ DE WATERLOO, L'IQC CONTRIBUE AU RICHE ÉCOSYSTÈME DE DÉCOUVERTE ET DE CROISSANCE TECHNOLOGIQUE DE LA RÉGION DE WATERLOO. LA DIFFUSION DE DÉCOUVERTES SCIENTIFIQUES FONDAMENTALES FAIT AVANCER L'INDUSTRIE. L'IQC ÉTABLIT DES PARTENARIATS ET MONTRE SES RÉALISATIONS EN PHYSIQUE QUANTIQUE À DES VISITEURS DE LA *QUANTUM VALLEY*.

Des délégués de Finances Canada sont venus à l'IQC le 30 septembre dans le cadre d'une visite de la région de Waterloo. À l'IQC, **RICHARD BOTHAM**, sous-ministre adjoint, Direction des politiques économique et budgétaire, de même que **SOREN HALVERSON**, **EVELYN DANCEY** et **EVA AUDY**, représentants de la Division de l'analyse des politiques microéconomiques, ont visité la salle blanche Quantum NanoFab et les laboratoires du bâtiment RAC II.

Le 7 octobre, **BILL MANTEL**, sous-ministre adjoint au ministère de la Recherche et de l'Innovation de l'Ontario, et son groupe ont visité la salle blanche Quantum NanoFab et les laboratoires du bâtiment RAC II de l'IQC.

Le 17 janvier, des membres du gouvernement fédéral ont rencontré des membres de l'IQC et ont profité d'une visite guidée de ses installations. La délégation comprenait l'honorable **NAVDEEP BAINS**, ministre de l'Innovation, des Sciences et du Développement économique, l'honorable **BARDISH CHAGGER**, ministre de la Petite entreprise et du Tourisme, ainsi que **RAJ SAINI** et **MARWAN TABBARA**, députés fédéraux respectifs des circonscriptions de Kitchener Centre et de Kitchener South-Hespeler.



L'honorable **REZA MORIDI**, ministre de la Recherche et de l'Innovation ainsi que ministre de la Formation et des Collèges et Universités, a visité l'IQC le 25 janvier pour rencontrer les chercheurs et se familiariser avec leurs travaux.

Le 2 mars, **KIRSTY DUNCAN**, ministre des Sciences, et des membres du ministère fédéral de l'Innovation, des Sciences et du Développement économique (ISDE) ont visité la salle blanche Quantum NanoFab et le laboratoire de **KEVIN RESCH** pour se renseigner sur les recherches effectuées à l'IQC.

JOHN TORY, maire de Toronto, **DAVE JAWORSKY**, maire de Waterloo, et **BERRY VRBANOVIC**, maire de Kitchener, ont visité les laboratoires du Centre Quantum-Nano Mike-et-Ophelia-Lazaridis le 23 mars. Cette visite s'inscrit dans un effort plus vaste de promotion du « corridor Toronto-Waterloo de l'innovation ».

DE LA THÉORIE À L'EXPÉRIENCE

LE PROFESSEUR **NORBERT LÜTKENHAUS** ÉTABLIT DES LIENS ENTRE DES THÉORIES ABSTRAITES ET LEUR MISE EN ŒUVRE EXPÉRIMENTALE. C'EST PENDANT SES ÉTUDES DE DOCTORAT À L'UNIVERSITÉ DE STRATHCLYDE, EN ÉCOSSE, QU'IL A COMMENCÉ À EXPLORER DES CONCEPTS THÉORIQUES, LES LOIS FONDAMENTALES DE LA PHYSIQUE ET LES STRUCTURES DE BASE DE LA MÉCANIQUE QUANTIQUE, TOUT EN RÉFLÉCHISSANT À CE QUI PEUT ÊTRE EFFECTIVEMENT RÉALISÉ EN LABORATOIRE. ET IL N'A PAS CESSÉ DEPUIS.

TRADUCTION D'UN AVANTAGE QUANTIQUE

Maintenant professeur à l'IQC et au Département de physique et d'astronomie de l'Université de Waterloo, M. Lütkenhaus travaille à la recherche de protocoles avantageux de communication quantique. Lui et son groupe de théorie de communication quantique optique agissent comme des traducteurs qui comblent le fossé entre l'approche théorique informatique de la communication quantique et sa mise en œuvre physique.

ASPECTS QUALITATIFS

Pionnier du domaine de la communication quantique, Norbert Lütkenhaus travaille depuis plus de 20 ans sur la distribution quantique de clés (DQC). Les protocoles de DQC permettent des communications sûres entre 2 parties, Alice et Bob, qui définissent une clé secrète commune en échangeant des photons. Si un espion (Ève) tente d'intercepter la clé, Alice et Bob détectent la perturbation créée par cette tentative. S'il n'y a pas de perturbation, la sécurité de leur clé commune est garantie. La DQC repose sur les propriétés de la mécanique quantique; cela constitue un avantage qualitatif par rapport aux méthodes classiques de communication, car la physique classique ne permet pas d'établir de clés. Par contre, le défi consiste à calculer la longueur théorique permise de la clé secrète et la distance de communication possible pour tout protocole donné.

Récemment, le postdoctorant **PATRICK COLES**, l'assistant de recherche de 1er cycle **ERIC METODIEV** et Norbert Lütkenhaus ont mis au point à l'aide du logiciel MATLAB le premier programme d'évaluation de la sécurité de tout protocole de DQC. En faisant cette évaluation, le programme laisse aux chercheurs plus de temps pour explorer de nouveaux protocoles et mises en œuvre de la DQC. Les auteurs comptent aussi rédiger à l'intention des utilisateurs – d'autres chercheurs qui se serviront de cet outil – un guide sur la manière de saisir des données dans le logiciel sur un nouveau protocole.

ASPECTS QUANTITATIFS

L'étude de la complexité des communications porte sur des cas où l'utilisation de la mécanique quantique pour résoudre certains problèmes procure un avantage quantitatif – utilisation de moins de ressources ou amélioration de l'efficacité – par rapport à une résolution classique. « Pour certaines tâches de communication, il y a un avantage exponentiel à utiliser la mécanique quantique plutôt que la physique classique, explique M. Lütkenhaus. Cela ouvre des perspectives très intéressantes. Le défi à relever consiste à trouver une manière de mettre en œuvre cet avantage. » [traduction]

C'est un autre domaine où Norbert Lütkenhaus traduit la théorie en réalisation concrète, à l'aide des outils et de la technologie disponibles. « Nous examinons le cœur du protocole, dit-il, et nous proposons une mise en œuvre expérimentale plus simple, ayant le même effet, mais plus accessible aux expérimentateurs. » [traduction] Dans cet esprit, M. Lütkenhaus et ses collaborateurs ont utilisé des lasers pulsés, outil standard en communication optique, à la place de signaux complexes pour mettre en œuvre un protocole de communication.

DES SOLUTIONS GRÂCE À LA RECHERCHE FONDAMENTALE

Les progrès sont encourageants, mais il y a encore du travail à faire. « La recherche fondamentale est importante, déclare M. Lütkenhaus. Elle ne se fait pas toute seule et exige des efforts, mais elle débouchera sur des applications. » [traduction]

WEB

Numerical approach for unstructured quantum key distribution
http://bit.ly/numerical-QKD

L'ÉVOLUTION D'evolution

Les technologies quantiques évoluent rapidement. La capacité de perturber les méthodes traditionnelles de cybersécurité fait peser des risques sérieux sur la confidentialité de l'information. **NORBERT LÜTKENHAUS** et **MICHELE MOSCA** ont perçu le besoin de solutions à l'épreuve des attaques quantiques. Combinant leurs compétences en distribution quantique de clés (DQC) et en cryptographie conventionnelle à l'épreuve des attaques quantiques, ils ont le profil parfait pour proposer des systèmes de cybersécurité à l'épreuve des attaques quantiques.

En 2015, MM. Lütkenhaus et Mosca ont fondé *evolutionQ*, une jeune pousse qui fournit aux organismes des solutions pour protéger leurs données et leur infrastructure informatique contre de futures attaques quantiques. « Nous avons constaté que les entreprises recherchent des solutions complètes clés en main dans ce domaine, déclare M. Lütkenhaus. C'est ce que nous pouvons leur offrir, grâce à nos connaissances en sécurité quantique. » [traduction]

Norbert Lütkenhaus voit également *evolutionQ* comme un débouché pour des étudiants diplômés et des postdoctorants qui choisissent de quitter le milieu universitaire pour entreprendre une carrière dans l'industrie. « Nous développons une main-d'œuvre, ajoute-t-il. Les besoins sont nettement là et continueront de croître. » [traduction]

LE NEUTRON QUANTIQUE

L'INTERFÉROMÈTRE NEUTRONIQUE À CRISTAL PARFAIT A UNE LONGUEUR DE SEULEMENT 10 À 15 CENTIMÈTRES, MAIS C'EST UN APPAREIL PUISSANT QUI MESURE DES FORCES DE LA NATURE TELLES QUE LA GRAVITÉ, DE MÊME QUE LES INTERACTIONS NUCLÉAIRES ET ÉLECTROMAGNÉTIQUES. LES NEUTRONS SONT DES PARTICULES SUBATOMIQUES MASSIVES ET ÉLECTRIQUEMENT NEUTRES, DOTÉES D'UN SPIN ET POSSÉDANT DES CAPACITÉS UNIQUES DE PÉNÉTRATION – QUI LES RENDENT UTILES POUR SONDER TOUS LES TYPES DE MATIÈRE.

Le professeur-chercheur adjoint **DMITRY PUSHIN** utilise l'interférométrie neutronique en informatique quantique. Sa source de neutrons est un réacteur nucléaire du Centre de recherches neutroniques (NCNR) de l'Institut national des normes et de la technologie des États-Unis (NIST), situé dans le Maryland; c'est l'une des deux seules installations au monde qui travaillent actuellement avec des interféromètres neutroniques à cristal parfait.

La source envoie un faisceau de neutrons dans l'interféromètre. Celui-ci crée 2 chemins distincts qui se croisent et se mélangent à la sortie, de sorte que les neutrons peuvent parcourir les 2 chemins en même temps. Autrement dit, la fonction d'onde des neutrons peut être décrite comme une superposition cohérente des 2 chemins de l'interféromètre, ce qui permet aux neutrons d'interférer avec eux-mêmes et de révéler une phase quantique mesurable due à l'interaction des neutrons avec des forces et des matériaux.

« Les neutrons sont des outils uniques, dit M. Pushin. Nous utilisons des neutrons et l'interférométrie neutronique pour mettre au point de nouvelles technologies, étudier de nouveaux matériaux et améliorer notre compréhension de l'univers. » [traduction]

CONSTRUIRE UN APPAREIL POUR LA RECHERCHE

Au départ, la sensibilité de l'interféromètre exigeait un système massif d'isolation contre les vibrations, afin de prévenir toute interférence avec les perturbations du milieu, dont les passages au voisinage de l'appareil et même de subtils changements de température. Se servant d'algorithmes quantiques, M. Pushin a proposé une nouvelle conception rendant l'interféromètre moins sensible aux vibrations. Maintenant l'interféromètre à neutrons amélioré à sous-espace libre de décohérence est installé sur une table optique standard et est plus près de la source de neutrons, ce qui accroît le flux de neutrons, c'est-à-dire le nombre de neutrons qui entrent dans l'appareil en même temps.

ÉTUDIER DES MATÉRIAUX

Dmitry Pushin a récemment dirigé une expérience pour mettre à l'épreuve le concept de contrôle du moment angulaire orbital des neutrons. Un tel contrôle peut révéler des propriétés magnétiques de matériaux, et permettre de sonder des matériaux supraconducteurs et chiraux avec une plus grande sensibilité.

Le contrôle quantique des neutrons est également prometteur pour l'étude et l'ingénierie des matériaux quantiques. **GUO-XING MIAO,** professeur à l'IQC, met au point dans son laboratoire de nouveaux matériaux isolants topologiques pour le traitement de l'information quantique. M. Pushin collabore avec lui à l'utilisation de techniques d'interférométrie pour caractériser ces nouveaux matériaux et améliorer leur stabilité quantique.

SONDER LA SCIENCE FONDAMENTALE

La physique quantique est au centre d'une autre collaboration de Dmitry Pushin avec **JOSEPH EMERSON**, professeur à l'IQC. Les neutrons permettent de sonder des aspects fondamentaux de la mécanique quantique, et donc d'améliorer notre compréhension de l'univers. M. Pushin utilise l'interférométrie neutronique pour tester la linéarité de la mécanique quantique. Des expériences semblables ont été menées avec des photons; les neutrons offrent une nouvelle méthode de mesure qui n'est pas limitée par les mêmes types d'erreurs.

PARLER LE MÊME LANGAGE

Dmitry Pushin participe à des projets en collaboration dans différents domaines de la physique allant de la science fondamentale à la recherche appliquée. « Nous faisons peut-être appel à des outils de recherche différents, mais nous communiquons à l'aide du même langage, dit-il. Nous voyons le même effet décrit dans un langage mathématique. C'est la même physique, le même langage, mais avec un montage expérimental complètement différent. » [traduction]

Les outils de la recherche à l'aide de l'interférométrie neutronique sont à la veille de devenir plus accessibles. M. Pushin dirige les expériences menées à une nouvelle installation d'interférométrie neutronique au NCNR. Il est enthousiasmé par les possibilités de recherche dans l'avenir : « Lorsque cette installation sera mise à la disposition des scientifiques et des entreprises, cela ouvrira la voie à de nouvelles recherches et à de nouvelles applications de l'interférométrie neutronique. » [traduction]

À LA RECHERCHE DE NEUTRINOS :

FAIRE AVANCER LA TECHNOLOGIE EN VUE DE DÉCOUVERTES FONDAMENTALES

DMITRY PUSHIN est l'un des 68 scientifiques et ingénieurs issus de 10 universités et 4 laboratoires nationaux qui collaborent à la construction d'un appareil de détection unique en son genre pour le projet PROSPECT (*Precision Oscillation and Spectrum Experiment* – Mesure précise d'oscillation et de spectre) financé par une subvention de 3 millions de dollars du département américain de l'Énergie.

Cet instrument de détection aura une sensibilité inégalée pour l'étude de la distribution d'énergie des neutrinos, particules subatomiques de masse presque nulle et électriquement neutres qui voyagent dans l'univers. L'étude des propriétés et du comportement des neutrinos pourrait donner des réponses à des questions fondamentales sur la nature de la matière dans l'univers.

WEB *Controlling neutron orbital angular momentum*
http://bit.ly/neutron-oam

DES APPAREILS DE LA PROCHAINE GÉNÉRATION

L'OPTIQUE NEUTRONIQUE VISE À METTRE AU POINT DES COMPOSANTES DE LA PROCHAINE GÉNÉRATION D'APPAREILS NEUTRONIQUES POUR L'ÉTUDE DES MATÉRIAUX, EN PARTICULIER LES INTERFÉROMÈTRES NEUTRONIQUES.

METTRE LA THÉORIE À L'ÉPREUVE, UN PHOTON À LA FOIS

IL FAUT VOIR POUR CROIRE, SELON **KEVIN RESCH**, PROFESSEUR À L'IQC ET AU DÉPARTEMENT DE PHYSIQUE ET D'ASTRONOMIE, ET DIRECTEUR GÉNÉRAL ADJOINT, ENSEIGNEMENT, DE L'IQC. SA CURIOSITÉ NATURELLE ENVERS LES INTERACTIONS À L'ÉCHELLE QUANTIQUE ENTRE LA LUMIÈRE ET LA MATIÈRE L'A AMENÉ À FAIRE DES RECHERCHES EXPÉRIMENTALES EN OPTIQUE QUANTIQUE, ÉTUDE DES PHÉNOMÈNES LUMINEUX QUE LA PHYSIQUE CLASSIQUE NE PARVIENT PAS À EXPLIQUER.

LES OUTILS DU MÉTIER

Le laboratoire de M. Resch est équipé d'un ensemble d'outils servant à concevoir et à réaliser des expériences d'optique pour explorer le monde quantique. La plupart des expériences commencent avec un laser, qui peut être continu ou pulsé selon l'application. D'autres outils sont fixés à de grandes tables optiques : miroirs pour diriger les faisceaux laser; cristaux optiques non linéaires pour créer des photons intriqués ou pour permettre des interactions entre différents faisceaux lumineux; lames demi-onde et quart d'onde pour modifier la polarisation des photons; détecteurs sensibles pour mesurer des photons individuels; spectromètres pour caractériser le spectre de photons.

Lorsqu'il étudie les principes fondamentaux de la mécanique quantique, Kevin Resch, titulaire de la chaire de recherche du Canada sur les technologies de l'optique quantique, se sert de ces outils pour mettre à l'épreuve des théories physiques et les idées fondamentales de l'informatique quantique.

DÉTECTION DU CARACTÈRE QUANTIQUE EN LABORATOIRE

Les modèles non contextuels supposent que les systèmes possèdent des propriétés bien définies et que deux systèmes identiques selon toutes les expériences effectuées doivent avoir les mêmes propriétés. Or ces hypothèses en apparence raisonnables ne sont pas compatibles avec la mécanique quantique; au moins l'une de ces théories est fausse.

Jusqu'à récemment, il n'était pas possible de tester la notion de non-contextualité en laboratoire, car les hypothèses théoriques ne laissent place à aucune imperfection expérimentale. **ROB SPEKKENS**, membre affilié de l'IQC ainsi que professeur à l'Institut Périmètre de physique théorique (IP) et au Département de physique et d'astronomie de l'Université de Waterloo, s'intéresse aux fondements quantiques, explorant les concepts et les mathématiques de la physique quantique. M. Spekkens, **MATTHEW PUSEY**, postdoctorant à l'IP, et **RAVI KUNJWAL** de l'Institut de mathématiques de Chennai, en Inde, ont repoussé les limites théoriques et proposé une expérience permettant de tester la non-contextualité tout en tenant compte des contraintes de la réalité.

Kevin Resch et ses collaborateurs ont mis à l'épreuve la théorie améliorée. **MICHAEL MAZUREK**, doctorant à l'IQC, a réalisé le montage expérimental à l'aide d'émetteurs et de détecteurs de photons individuels. « Nous avons démontré l'échec de la non-contextualité, a déclaré M. Resch, sans hypothèse théorique irréalisable de manière expérimentale. En témoignant de la nature quantique d'un système, l'échec de la non-contextualité pourrait avoir de nombreuses applications, plus vastes même que la violation bien connue des inégalités de Bell. » [traduction]

En cernant la nature fondamentalement quantique de l'univers, les scientifiques comprennent mieux comment la mécanique quantique peut servir à des applications telles que la cryptographie et le calcul quantiques. En continuant de faire des progrès en recherche fondamentale, le groupe de recherche de Kevin Resch contribue à accélérer la mise au point d'appareils et de moyens techniques.

WEB

An experimental test of noncontextuality without unphysical idealizations
http://bit.ly/exp-noncontextuality

À PARTIR D'UNE IDÉE

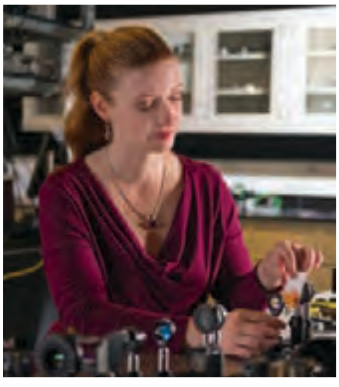
Souvent, une simple conversation suffit à susciter une idée. C'est ainsi, lors d'une conférence en 2012, qu'a débuté la collaboration entre **KEVIN RESCH** et **BEN SUSSMAN**, agent de recherche au Conseil national de recherches du Canada (CNRC).

Le groupe de M. Sussman au CNRC travaillait sur le diamant comme type de mémoire quantique, en enregistrant une impulsion ou vibration de lumière dans le réseau moléculaire d'un diamant ordinaire. La première idée a consisté à remplacer le laser par une source de photons individuels, pour voir si le photon peut être stocké et extrait du diamant tout en conservant ses propriétés quantiques. **KENT FISHER** et **JEAN-PHILIPPE MacLEAN**, doctorants à l'IQC, ont construit la source de photons pour cette expérience. L'équipe a réalisé avec succès le stockage et l'extraction d'un photon dans la mémoire quantique à diamant, ce qui ouvre la possibilité d'une interface lumière-matière pour des applications de traitement quantique.

Cette première collaboration entre l'IQC et le CNRC a engendré d'autres idées, et la recherche se poursuit. Dans une expérience complémentaire, les scientifiques ont montré qu'une fois un photon stocké dans le diamant à l'aide d'un laser, son extraction à l'aide d'un second laser de fréquence différente a pour effet de changer la couleur et la largeur de bande du photon. « Le changement de couleur d'un photon stocké est utile pour le multiplexage de fréquences ou de longueurs d'onde, explique M. Fisher, technique utilisée de nos jours en télécommunications. » [traduction].

« C'est formidable de voir comment la recherche prend une orientation naturelle du fait que nos deux groupes travaillent ensemble pour résoudre des problèmes, déclare Kevin Resch. C'est par l'échange d'idées et le partage de ressources que viendront les percées scientifiques. » [traduction]

L'EFFET DE TURBULENCE



KATANYA KUNTZ AVAIT SEULEMENT 15 ANS LORSQU'ELLE A COMMENCÉ À EXPLORER LES LABORATOIRES DE PHYSIQUE DE L'UNIVERSITÉ DE CALGARY ET À RENCONTRER CHAQUE SEMAINE **DAVID FRY**, QUI ÉTAIT PROFESSEUR AU DÉPARTEMENT DE PHYSIQUE ET D'ASTRONOMIE. EN 10e ANNÉE, GRÂCE À UN PROGRAMME D'ENSEIGNEMENT À DISTANCE, ELLE A MENÉ DES PROJETS POUR EXPLORER DES CONCEPTS QUI ÉVEILLAIENT SA CURIOSITÉ. L'UN DE SES PREMIERS PROJETS A CONSISTÉ À ÉTUDIER L'EFFET ZEEMAN, PAR LEQUEL UN ATOME SOUMIS À UN CHAMP MAGNÉTIQUE VOIT SES RAIES SPECTRALES SE SUBDIVISER EN PLUSIEURS COMPOSANTES. KATANYA KUNTZ ÉTUDIAIT LA STRUCTURE QUANTIQUE D'UN ATOME AVANT MÊME D'AVOIR SUIVI UN COURS AVANCÉ DE PHYSIQUE AU SECONDAIRE.

Sa passion pour la physique l'a menée à l'autre bout du monde. Pour sa thèse de doctorat à l'Université de Nouvelle-Galles du Sud, à Canberra, en Australie, elle a créé des états quantiques de ressources pour la communication quantique. Maintenant postdoctorante à l'IQC, Mme Kuntz poursuit ses recherches en communication quantique, étudiant le rôle de la turbulence atmosphérique dans la sécurité de la distribution quantique de clés (DQC).

TURBULENCE ET SCINTILLEMENT

Plus l'atmosphère est épaisse, plus les étoiles semblent scintiller. Les courants présents dans l'atmosphère interfèrent avec les rayons de lumière qui nous parviennent des étoiles, les renforçant ou les diminuant de telle sorte qu'ils atteignent nos yeux à différents moments. L'interaction entre la turbulence atmosphérique et la lumière crée l'effet de scintillement des étoiles.

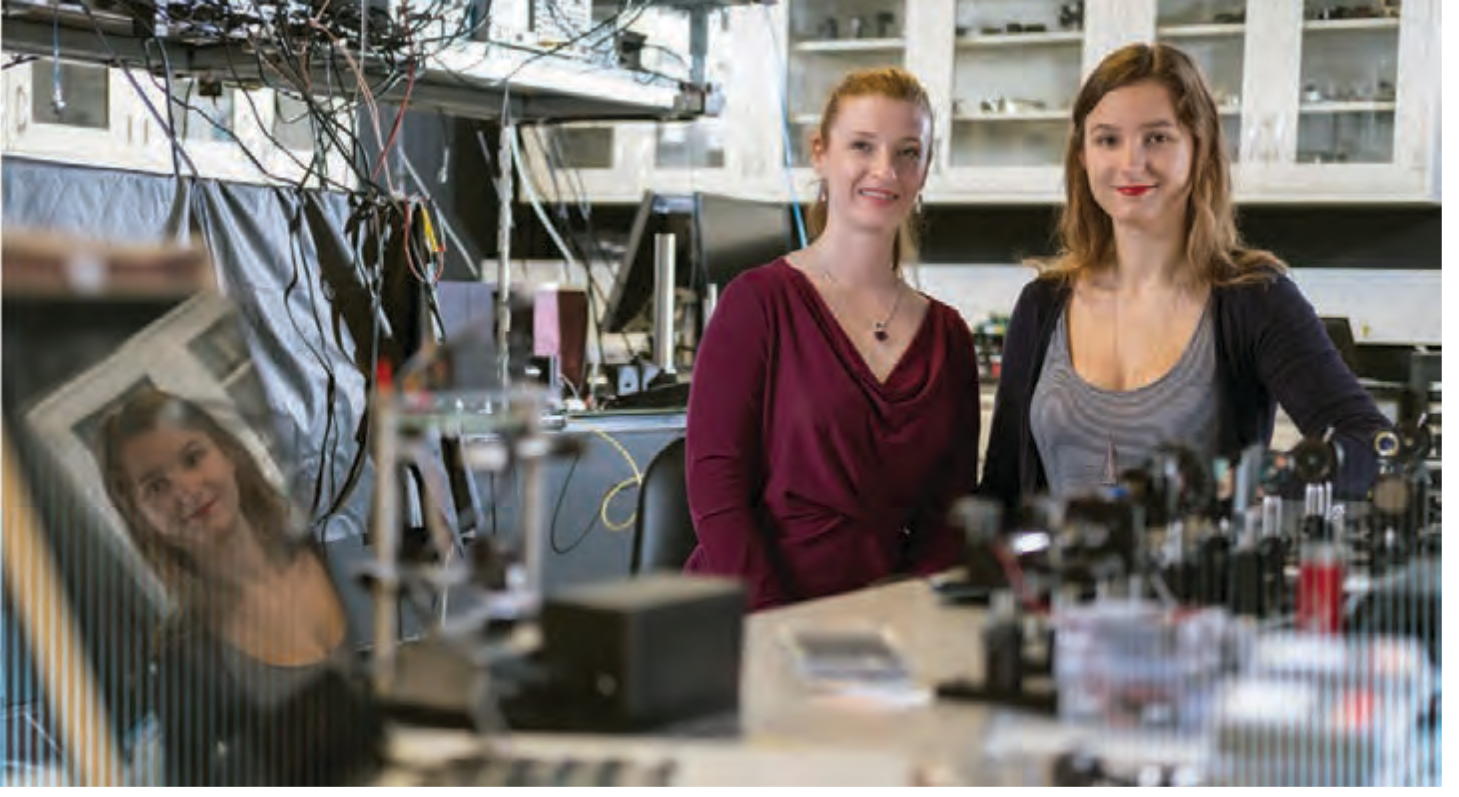
Katanya Kuntz simule en laboratoire la turbulence atmosphérique pour tester la sécurité des protocoles de DQC. Lorsqu'un rayon laser frappe un petit dispositif réfléchissant appelé modulateur spatial de lumière, celui-ci introduit un décalage de phase qui simule le passage de la lumière dans une turbulence. La turbulence fait rebondir le rayon laser d'une manière qui ressemble à l'effet de scintillement des étoiles. En collaboration avec **THOMAS JENNEWEIN** et **VADIM MAKAROV**, Mme Kuntz recherche le degré de turbulence qui empêchera le piratage et garantira la sûreté de la DQC.

En tant qu'espionne, Ève peut tenter de pirater le récepteur de DQC, afin de connaître la clé secrète commune aux interlocuteurs. L'angle précis avec lequel Ève doit envoyer son faisceau pour pirater le système peut être perturbé par la turbulence atmosphérique. La turbulence crée un effet d'étalement ou de dispersion de la lumière qui empêche Ève de pirater la communication.

« Une fois que nous avons trouvé la limite à laquelle la force de la turbulence empêche le piratage du récepteur, explique Mme Kuntz, la prochaine étape consiste à faire un test dehors. » [traduction] La détermination de cette limite donnera aux utilisateurs de la DQC plus d'information sur la zone minimale à l'intérieur de laquelle les communications sont sûres. Par exemple, une flotte navale pourrait sécuriser un périmètre autour de chaque navire, à l'intérieur duquel une clé secrète peut être transmise sans risque en fonction du degré de turbulence atmosphérique.

PASSIONNÉE DE PHYSIQUE QUANTIQUE

Avant que la DQC soit prête pour des tests avec de véritables turbulences atmosphériques, d'autres simulations doivent être effectuées. Passionnée de physique et toujours désireuse d'apprendre, Katanya Kuntz accepte volontiers cette mission. Elle reconnaît les effets positifs que des modèles scientifiques forts, dont celui de David Fry, ont eus sur sa carrière universitaire. Elle espère pouvoir à son tour agir comme mentore pour d'autres : « Lorsque je travaille avec un étudiant, je cherche à augmenter sa confiance. Je crois que nous devrions cesser de dire que la physique et les mathématiques sont difficiles, et que nous devrions encourager les enfants à s'intéresser aux sciences à un jeune âge. » [traduction]



ACQUÉRIR DES CONNAISSANCES

CURIEUSE DE NATURE, **KAYLA HARDIE** ADORE APPRENDRE. ELLE EST FASCINÉE PAR LA DÉCOUVERTE DE NOUVELLES IDÉES ET LA COMPRÉHENSION DU FONCTIONNEMENT DE L'UNIVERS. C'EST L'UNE DES RAISONS POUR LESQUELLES, ALORS QU'ELLE ÉTAIT EN 1ère ANNÉE À L'UNIVERSITÉ, ELLE A APPROCHÉ **THOMAS JENNEWEIN**, PROFESSEUR À L'IQC, POUR AVOIR UNE EXPÉRIENCE DE TRAVAIL SIGNIFICATIVE QUI ENRICHIRAIT SON PARCOURS UNIVERSITAIRE TOUT EN RÉPONDANT À UN BESOIN D'EMPLOI À TEMPS PARTIEL.

« Il était ouvert à propos de ce que je pourrais faire, dit-elle, même si je n'étais qu'en 1ère année. » [traduction] Elle a sauté sur l'occasion d'être assistante de recherche au sein du groupe de M. Jennewein, qui travaille sur la communication quantique à grande distance.

CARACTÉRISATION DE REVÊTEMENTS OPTIQUES

Dans un laboratoire d'optique comme celui de M. Jennewein, il y a généralement une collection de divers dispositifs optiques, comme des miroirs et des lentilles, ayant de nombreux types de revêtements. Ces revêtements filtrants ou antiréfléchissants modifient la transmission ou la réflexion de la lumière de longueurs d'onde particulières, mais souvent, ils ne sont pas étiquetés ou se dégradent avec le temps. Pour caractériser les revêtements optiques d'une manière efficace et fiable, Kayla Hardie a construit un dispositif de laboratoire qui effectue cette tâche : un spectrophotomètre à diodes électroluminescentes (DEL).

L'appareil est commandé par un microcontrôleur qui fait pivoter une plaquette portant 10 DEL au-dessus d'un dispositif optique. Un photodétecteur au silicium mesure la lumière transmise à travers chaque DEL, ce qui permet de caractériser le revêtement optique du dispositif analysé selon la quantité de lumière transmise. Cet appareil pourrait constituer un excellent outil d'enseignement, de même qu'une solution économique de rechange pour les spectrophotomètres de qualité commerciale essentiels en laboratoire.

« Tous les jours, je devais apprendre quelque chose de nouveau, dit Mme Hardie. J'ai participé au cycle complet, de l'idée initiale à la rédaction et à l'envoi de l'article, en passant par la construction de l'appareil. » [traduction] En plus de M. Jennewein, les co-auteurs de l'article intitulé *Inexpensive LED-based spectrophotometer for analyzing optical coatings* comprennent le doctorant **SASCHA AGNE** et la postdoctorante **KATANYA KUNTZ**.

Maintenant en 3e année de physique à l'Université de Waterloo, Kayla Hardie est certaine de faire dans l'avenir de la recherche. Son expérience à l'IQC l'a préparée à cela. Elle veut aussi continuer d'apprendre : « L'acquisition de connaissances m'aide à avoir une meilleure perspective sur la vie. Elle m'aide à avoir une vie plus remplie. » [traduction]

LES CHEFS DE FILE DE LA SCIENCE DE DEMAIN

L'INFORMATIQUE QUANTIQUE POURRAIT CONDUIRE À DES PROGRÈS TECHNOLOGIQUES RÉVOLUTIONNAIRES ET À UNE MEILLEURE COMPRÉHENSION DU MONDE PHYSIQUE DANS LEQUEL NOUS VIVONS. LE PROGRAMME D'ÉTUDES SUPÉRIEURES EN INFORMATIQUE QUANTIQUE DE L'UNIVERSITÉ DE WATERLOO PRÉPARE LES CHEFS DE FILE DE LA SCIENCE DE DEMAIN À NAVIGUER DANS CE NOUVEAU MILIEU PASSIONNANT.

À l'IQC, la recherche pluridisciplinaire et la collaboration entre informaticiens, ingénieurs, chimistes, mathématiciens et physiciens de premier plan fournissent un milieu de formation à nul autre pareil. Les étudiants inscrits au programme d'études supérieures en informatique quantique bénéficient de ce milieu et profitent d'une grande variété de cours avancés et de projets de recherche en informatique quantique. C'est un programme exhaustif, avec les perspectives complémentaires de 3 facultés — génie, mathématiques, sciences —, qui permet à la prochaine génération de chefs de file de la science et de la technologie de l'information quantique d'aborder une vaste gamme de disciplines et de méthodes.

Nos étudiants sont bien placés pour faire avancer la recherche sur l'information quantique. Par leurs études et leurs travaux, ils participeront à la mise en œuvre de techniques quantiques concrètes et à des avancées scientifiques qui bénéficieront à notre société, conformément à l'engagement de l'IQC et de l'Université de Waterloo en faveur de la curiosité scientifique et de l'esprit d'innovation.

John Watrous
Directeur du programme d'études supérieures en informatique quantique

COURS

L'Université de Waterloo, en collaboration avec l'Institut d'informatique quantique, offre aux étudiants diplômés des occasions uniques de s'instruire et de participer à des recherches de pointe sur l'information quantique, grâce à une vaste gamme de projets de recherche et de cours avancés sur les fondements, les applications et la mise en œuvre du traitement de l'information quantique.

AUTOMNE 2015

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

HIVER 2016

QIC 750
Dispositifs de traitement de l'information quantique

QIC 885
Électronique et photonique quantiques

QIC 890
Cryptographie quantique appliquée

QIC 890
Mise en œuvre optique et atomique

QIC 890
Information quantique relativiste

QIC 890
Intrication et non-localité

PRINTEMPS 2016

PHYS 777
Conférences Sir-Anthony-Leggett : Supraconducteurs topologiques

QIC 890/891
Sujets avancés choisis en informatique quantique

QIC 890
Correction d'erreurs quantiques et insensibilité aux défaillances

QIC 890
Introduction aux processus de bruit

QIC 891
Sujets en cryptographie à l'épreuve des attaques quantiques

ÉTUDIANTS À LA MAÎTRISE OU AU DOCTORAT EN 2015-2016

Sascha Agne
Arash Ahmadi
Shahab Akmal
Rubayet Al Maruf
Thomas Alexander
Omar Alshehri
Matthew Amy
Vadiraj Ananthapadmanabha Rao
Elena Anisimova
Razieh Annabestani
Juan Miguel Arrazola
Golam Bappi
Marie Barnhill
Eduardo Barrera Ramirez
Jeremy Bejanin
Marian Berek
Kristine Boone
Matthew Brown
Brandon Buonacorsi
Arnaud Carignan-Dugas
Poompong Chaiwongkhot
Christopher Chamberland
Chung Wai Sandbo Chang
Jiahui Chen
Paulina Corona Ugalde
Alessandro Cosentino
Hillary Dawkins
Chunqing Deng
Rahul Deshpande
Olivia Di Matteo
John Donohue
Carolyn Earnest
Jennifer Fernick
Kent Fisher
Jeremy Flannery
Honghao Fu
Zhiwei Gao
Naimeh Ghafarian
Kaveh Gharavi
Nicolas Gonzalez
Matthew Graydon
Daniel Grimmer
Peter Groszkowski
Aimee Gunther
Holger Haas
Guiyang Han
Ian Hincks
Greg Holloway
Darryl Hoving
Anqi Huang
Vinay Iyer
David Jepson
Yuantao Ji
Tomas Jochym-O'Connor
Sarah Kaiser
Shitikanth Kashyap
Hemant Katiyar
Sumeet Khatri
Maria Kieferova
Feyruz Kitapli
Hyeran Kong
Anirudh Krishna
Meenu Kumari
David Layden
Han Le
Lin Li
Madelaine Liddy
Piers Lillystone
Jie Lin
Li Liu
Kevin Liu
Xudong Liu
Guofei Long
Xingliang (David) Lou
Benjamin Lovitz
David Luong
Xian Ma
Jean-Philippe MacLean
Christian Mastromattei
Michael Mazurek
Thomas McConkey
Corey Rae McRae
Evan Meyer-Scott
Maryam Mirkamali
Mohamad Niknam
Joachim Nsofini
Jean-Luc Orgiazzi
Martin Otto
Satish Pandey
Alex Parent
Jihyun Park
Kyungdoeck Park
Helen Percival
Clifford Plesha
Jitendra Prakash
Chris Pugh
Daniel Puzzuoli
Hammam Qassim
John Rinehart
Nayeli Azucena Rodriguez Briones
Romain Ruhlmann
Dolly Natalia Ruiz Amador
Vincent Russo
Allison Sachs
Shihan Sajeed
Jeff Salvail
Yuval Sanders
Dusan Sarenac
John Schanck
Behrooz Semnani
Ala Shayeghi
Feiruo Shen
Sumit Sijher
Nigar Sultana
Yongchao Tang
Alexander Valtchev
Guillaume Verdon-Akzam
Dhinakaran Vinayagamurthy
Sean Walker
Chunhao Wang
Zimeng Wang
Christopher Warren
Zak Webb
Kyle Willick
Christopher Wood
Yihang Yang
Joshua Young
Muhammet Yurtalan
Mohd Zeeshan

POSTDOCTORANTS AU 31 MARS 2016

Troy Borneman
Jean-Philippe Bourgoin
Aharon Brodutch
Franklin Cho
Patrick Coles
Joshua Combes
Jason Crann
Ying Dong
Electra Eleftheriadou
Guanru Feng
Pol Forn-Diaz
Vlad Gheorghiu
Sandra Gibson
Christopher Haapamaki
Christopher Herdman
Brendon Higgins
Jeongwan Jin
Milad Khoshnegar
Katanya Kuntz
Sangil Kwon
Chang Liu
Ying Liu
Dawei Lu
Filippo Miatto
Taisiya Mineeva
Ryo Namiki
George Nichols
Ibrahim Nsanzineza
Geovandro Pereira
Michele Piscitelli
Mahmood Sabooni
Fang Song
Rainer Stohr
Dave Touchette
Joel Wallman
Ben Yager
Huan Yang
Penghui Yao
Taehyun Yoon
Nengkun Yu
Hui Zhang
Yanbao Zhang

ASSOCIATION DES ÉTUDIANTS DIPLÔMÉS DE L'IQC

L'Association des étudiants diplômés de l'IQC a toujours veillé à ce que les étudiants maintiennent un bon équilibre entre travail et loisirs, et cela n'a pas changé cette année. Dès le début de l'été, elle a organisé des barbecues au Centre d'avancement de la recherche (RAC) et participé à des défis laser à la mi-juin. L'automne a amené la 4e soirée annuelle de quilles, des soirées de jeux de société et de jeux vidéo, de même que les grandes activités d'octobre — concours de déguisement d'Halloween et de décoration de portes. Le Westmount Golf and Country Club a contribué à chasser la déprime de l'hiver avec un cours de curling pour les étudiants diplômés. En mars, **CHRISTOPHER WARREN**, étudiant à la maîtrise, a aidé à faire fondre la glace en remportant le prix du chili le plus épicé au 2e concours annuel de chili, qui a vu **MATTHEW BROWN** et **KEVIN RESCH** se partager le titre de champion du chili. Au cours de l'année qui vient, l'Association est impatiente d'organiser encore plus d'activités sociales amusantes pour les étudiants diplômés.

DIPLÔMÉS

FÉLICITATIONS À NOS DIPLÔMÉS DE 2015!

Marie Barnhill
M.Math. en mathématiques appliquées (information quantique)

Jean-Philippe Bourgoin
Ph.D. en physique

Chung Wai Sandbo Chang
M.Sc. en génie électrique et informatique (information quantique)

Alessandro Cosentino
Ph.D. en informatique

Chunqing Deng
Ph.D. en physique

Olivia Di Matteo
M.Sc. en physique (information quantique)

Christopher Granade
Ph.D. en physique (information quantique)

Peter Groszkowski
Ph.D. en physique

Yuantao Ji
M.Sc. en génie électrique et informatique

Martin Otto
M.Sc. en physique

Kyungdeock Park
Ph.D. en physique (information quantique)

Sadegh Raeisi
Ph.D. en physique (information quantique)

Nayeli Azucena Rodriguez Briones
M.Sc. en physique (information quantique)

Ala Shayeghi
M.Math. en combinatoire et optimisation (information quantique)

Alexander Valtchev
M.Math. en informatique (information quantique)

Christopher Wood
Ph.D. en physique (information quantique)

PRIX ET DISTINCTIONS

DISTINCTIONS ET SUBVENTIONS OBTENUES PAR DES PROFESSEURS

MICHAL BAJCSY
- Subvention à la découverte du CRSNG (avril 2015)

KYUNG SOO CHOI
- Bourse de nouveau chercheur (avril 2015)
- Subvention à la découverte du CRSNG (avril 2014)
- Subvention d'outils et d'instruments de recherche du CRSNG (avril 2014)

DAVID CORY
- Élection comme membre de la Société royale du Canada (septembre 2015)
- Élection comme membre de la Société américaine de physique (octobre 2015)

THOMAS JENNEWEIN
- Subvention à la découverte du CRSNG (avril 2015)
- Minisubvention de diffusion des connaissances de la Société américaine de physique (mai 2015)

RAYMOND LAFLAMME
- Partenariat entre Waterloo et Technion conclu en 2014 (mai 2015)
- Chaire de recherche du Canada – Niveau 1 (février 2016)
- Subvention à la découverte du CRSNG (avril 2016)

DEBBIE LEUNG
- Subvention à la découverte du CRSNG (avril 2016)

ADRIAN LUPASCU
- Subvention d'outils et d'instruments de recherche du CRSNG (avril 2015)
- Partenariat entre Waterloo et Technion conclu en 2014 (mai 2015)

MATTEO MARIANTONI
- Subvention du Fonds général de recherche du CRSNG (avril 2015)

EDUARDO MARTÍN-MARTÍNEZ
- Subvention à la découverte du CRSNG (avril 2015)

VERN PAULSEN
- Subvention à la découverte du CRSNG (avril 2016)

MICHAEL REIMER
- Subvention à la découverte du CRSNG (avril 2016)

KEVIN RESCH
- Subvention du programme *Physics of What Happens* de l'Institut FQXi (septembre 2015)
- Subvention d'outils et d'instruments de recherche du CRSNG (juin 2016)

JOHN WATROUS
- Prix pour un rendement exceptionnel en 2014 (juin 2015)

BOURSES D'ÉTUDES

OBTENUES PAR DES ÉTUDIANTS À LA MAÎTRISE ET AU DOCTORAT AU COURS DE L'EXERCICE 2015-2016

BOURSE COMMÉMORATIVE BORIS-P.-STOICHEFF DE L'ACP ET DE LA FONDATION OSA
Christopher Pugh

BOURSE D'ÉTUDES SUPÉRIEURES DU CANADA AU NIVEAU DE LA MAÎTRISE
Olivia Di Matteo
Jean-Philippe MacLean
Michael Mazurek
Sean Walker
Chunhao Wang

BOURSE D'ÉTUDES SUPÉRIEURES DAVID-R.-CHERITON
Dhinakaran Vinayagamurthy

BOURSE D'ADMISSION DE L'IQC
Eduardo Barrera Ramirez
Kristine Boone
Brandon Buonacorsi
Jennifer Fernick
Hyeran Kong
Benjamin Lovitz
Clifford Plesha
Nayeli Azucena Rodriguez Briones
Dhinakaran Vinayagamurthy

BOURSE D'EXCELLENCE DE L'IQC
Hillary Dawkins

BOURSE DAVID-JOHNSTON DE L'IQC POUR LE RAYONNEMENT SCIENTIFIQUE
Juan Miguel Arrazola
Carolyn Earnest
Sarah Kaiser

BOURSE MIKE-ET-OPHELIA-LAZARIDIS
Abel Molina
Sumit Sijher

BOURSE D'ÉTUDES SUPÉRIEURES ALEXANDER-GRAHAM-BELL DU CRSNG – DOCTORAT
Matthew Amy
Olivia Di Matteo
Michael Mazurek
Sean Walker
Chunhao Wang

BOURSE D'ÉTUDES SUPÉRIEURES ALEXANDER-GRAHAM-BELL DU CRSNG – MAÎTRISE
Hillary Dawkins
Honghao Fu
Sumeet Khatri

BOURSE POSTDOCTORALE DU CRSNG
Kent Fisher

BOURSE D'ÉTUDES SUPÉRIEURES MARIE-CURIE
Matthew Brown
Christian Mastromattei

BOURSE D'ÉTUDES SUPÉRIEURES DU CANADA VANIER DU CRSNG
Jean-Philippe MacLean

BOURSE D'ÉTUDES SUPÉRIEURES DE L'ONTARIO
Kristine Boone
Hillary Dawkins
Kent Fisher
Sumeet Khatri
David Layden
Christian Mastromattei
Daniel Puzzuoli

BOURSE D'EXCELLENCE DANS LES ÉTUDES SUPÉRIEURES
Nayeli Azucena Rodriguez Briones

BOURSE D'ÉTUDES SUPÉRIEURES DU RECTEUR
Matthew Amy
Kristine Boone
Hillary Dawkins
Kent Fisher
Sumeet Khatri
David Layden
Christian Mastromattei
Daniel Puzzuoli

BOURSE D'ÉTUDES SUPÉRIEURES REINE-ELIZABETH-II EN SCIENCE ET TECHNOLOGIE
Matthew Brown

ANCIENS DE L'IQC

KALISTA (KELLY) ITAKURA

MAÎTRISE, 2005; PH.D., 2010

Pendant son séjour à l'IQC, **KALISTA (KELLY) ITAKURA**, qui avait fait une maîtrise en mathématiques, a travaillé sous la supervision d'**ASHWIN NAYAK** à la création d'un algorithme quantique pour tester la commutativité de matrices. Elle a obtenu son doctorat en informatique à l'Université de Waterloo, en travaillant sur l'intelligence artificielle et l'extraction d'information.

Mme Itakura croit que son passage à l'IQC l'a aidée à se préparer à son poste actuel de gestionnaire des risques à la Banque Scotia, à Toronto, où elle établit et surveille les mesures de risque de contrepartie utilisées par le pupitre de négociation. Elle espère que, dans l'avenir, l'informatique quantique permettra de créer un système quantique pratique de négociation, afin qu'elle puisse fonder son entreprise de négociation quantique par intelligence artificielle.

Dans l'intervalle, Kalista Itakura poursuit sa carrière de mannequin et d'actrice professionnelle, qui comprend une participation à la série télévisée T*he Big Bang Theory*. Auparavant, elle a fait partie de la distribution de l'émission *Heroes Reborn* de la NBC et a été en vedette dans une campagne de promotion du système de transport en commun GO Transit. Son nombre d'Erdős–Bacon est de 7.

AUDREY DOT

POSTDOCTORANTE, 2014

Lorsqu'elle était postdoctorante à l'IQC, **AUDREY DOT** a utilisé le mélange à 4 ondes dans une fibre optique pour transformer un photon unique en une paire de photons. Avec son superviseur **THOMAS JENNEWEIN**, le doctorant **EVAN MEYER-SCOTT** et des collègues de l'Université McGill, à Montréal, elle a envoyé un photon individuel dans une fibre optique avec un fort faisceau pompe, afin de produire une paire de photons avec une efficacité plus grande par rapport aux méthodes précédentes. Elle a ensuite été recrutée par l'entreprise de thermostats intelligents Qivivo, où elle a mis à profit ses connaissances et ses compétences en recherche pour travailler comme ingénieure physicienne sur des algorithmes d'apprentissage automatique.

Audrey Dot est maintenant au Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives (CEA), centre de recherche industrielle situé en France, où elle travaille sur la reconstruction tridimensionnelle chronologique par tomographie optique diffuse pour des applications médicales. Ce processus est employé pour modéliser des organes tels que le cœur, afin de détecter rapidement et sans intrusion des anomalies telles que des tumeurs ou des occlusions.

GUS GUTOSKI

MAÎTRISE, 2006; PH.D., 2009; POSTDOCTORANT, 2016

Chez ISARA, entreprise de Waterloo fondée en 2015, **GUS GUTOSKI** utilise les compétences acquises à l'IQC pour mettre au point des dispositifs de sécurité à l'épreuve des attaques quantiques destinés à des systèmes informatiques conventionnels. Pendant ses études de maîtrise et de doctorat à l'IQC, il s'est intéressé à la théorie de la complexité algorithmique quantique et aux fondements mathématiques de l'informatique quantique. Ensuite, pendant son stage postdoctoral, il est graduellement passé à la cryptographie quantique.

« À l'IQC, dit-il, j'ai acquis un degré de maturité universitaire grâce auquel j'ai pu facilement reconnaître et appliquer les aptitudes et connaissances pertinentes que je possédais déjà, ainsi qu'identifier et acquérir les nouvelles aptitudes et connaissances nécessaires en cryptographie à l'épreuve des attaques quantiques. » [traduction] Cette base a facilité sa transition vers ISARA, où il évalue et améliore des algorithmes de cryptographie. Il est enthousiasmé par la perspective d'approfondir dans un proche avenir ses idées sur l'amélioration de schémas de signature fondés sur des treillis.

DES IDÉES À LA COMMERCIALISATION

TOUT COMMENCE PAR UNE IDÉE

Le monde de la recherche est le royaume des idées, où l'on élabore des théories. En aval, les théories sont mises à l'épreuve par l'expérimentation puis améliorées. Souvent, le cours de la recherche fondamentale remonte vers le domaine des idées, afin de perfectionner et d'approfondir notre compréhension du fonctionnement de l'univers. D'autres idées poursuivent leur parcours : démonstration de faisabilité, prototypage et, le cas échéant, services, produits et biens tangibles qui créent de la valeur.

« Il faut de 7 à 8 ans environ pour qu'une nouvelle technologie évolue jusqu'à un résultat commercialement tangible », explique **MARK PECEN**, PDG d'Approach Affinity inc. et entrepreneur en résidence à l'IQC. Avec plus de 100 brevets à son actif dans les domaines de la communication sans fil, des réseaux et de l'informatique, il connaît bien ce processus. « Comme la valeur produite augmente de l'amont vers l'aval, nous cherchons à amener les résultats d'un institut tel que l'IQC dans un milieu élargi où la création de valeur en aval est plus probable. » [traduction]

À l'IQC, M. Pecen aide les futurs entrepreneurs à faire progresser leurs idées. Des liens solides entre la recherche et l'industrie facilitent également l'aboutissement des technologies sur les marchés. Ce processus est déjà en marche pour des technologies fondées sur les recherches effectuées à l'IQC.

Mentionnons par exemple ISARA Corporation, jeune pousse fondée en 2015 par **SCOTT TOTZKE** et **MIKE BROWN**. ISARA conçoit des systèmes commerciaux de cryptographie pour protéger ordinateurs et réseaux contre des attaques menées par des ordinateurs quantiques capables de compromettre la cryptographie à clé publique.

GUS GUTOSKI et **KASSEM KALACH**, anciens de l'IQC, sont 2 des 19 employés à plein temps d'ISARA qui cherchent à sensibiliser les marchés et à mettre au point des solutions de protection des systèmes contre les menaces quantiques. « L'industrie a besoin que cette recherche donne lieu à des applications commercialisables », poursuit Mark Pecen, qui participe aussi à ce projet à titre de chef de l'exploitation d'ISARA. « ISARA a été fondée comme point de chute de la recherche effectuée à l'IQC et de ses chercheurs en cryptographie à l'épreuve des attaques quantiques. » [traduction]

L'IQC et le Canada sont bien placés pour mener l'industrie de la cryptographie quantique. « Nous avons les bons ingrédients et devons appliquer les bonnes recettes grâce à la normalisation, dit M. Pecen. Nous avons les idées. L'investissement dans les ressources humaines est la bonne stratégie pour croître dans ce domaine. L'IQC est un organisme d'avenir pour le Canada. » [traduction]

DIFFUSION DES CONNAISSANCES

RECONNAÎTRE L'ENGAGEMENT DANS LA COMMUNAUTÉ

FÉLICITATIONS À **JUAN MIGUEL ARRAZOLA** ET À **CAROLYN EARNEST**, RÉCIPIENDAIRES DE LA BOURSE DAVID-JOHNSTON 2015 DE L'IQC POUR LE RAYONNEMENT SCIENTIFIQUE. CETTE BOURSE A ÉTÉ CRÉÉE EN L'HONNEUR DE SON EXCELLENCE DAVID JOHNSTON, GOUVERNEUR GÉNÉRAL DU CANADA, POUR SA PASSION, SON ACTION DÉTERMINANTE ET SON ENTHOUSIASME EN FAVEUR DE LA FORMATION CONTINUE, DE L'INNOVATION ET DE LA RÉUSSITE. M. JOHNSTON A ÉTÉ RECTEUR DE L'UNIVERSITÉ DE WATERLOO DE 1999 À 2010. CETTE DISTINCTION HONORE DES ÉTUDIANTS QUI FONT PREUVE D'UN ENGAGEMENT EXCEPTIONNEL ENVERS LA DIFFUSION DES CONNAISSANCES ET L'ACTION COMMUNAUTAIRE.

JUAN MIGUEL ARRAZOLA

Ancien doctorant à l'IQC, **JUAN MIGUEL ARRAZOLA** s'adonne à la diffusion de connaissances scientifiques parce qu'il aime cela — beaucoup. « Je crois aussi que c'est un gaspillage lorsque les connaissances scientifiques demeurent l'apanage de spécialistes, alors que quelques efforts permettent de partager cette richesse avec le reste du monde » [traduction], affirme-t-il. M. Arrazola a fait de son mieux pour diffuser ces connaissances, en lançant le blogue de l'IQC *Our Quantum World* (Notre monde quantique). Parmi ses contributions à ce blogue, mentionnons la série de 3 articles intitulée *Anyone can understand quantum mechanics* (Tout le monde peut comprendre la mécanique quantique), où il expose les bases de la théorie d'une manière accessible à tous.

« Les efforts de diffusion des connaissances, ajoute-t-il, bénéficient à la collectivité locale, mais un blogue permet de communiquer nos idées à toute personne ayant accès à Internet. » [traduction] Juan Miguel Arrazola est actuellement postdoctorant à l'Université nationale de Singapour, où il poursuit ses recherches dans le domaine de la communication quantique.

CAROLYN EARNEST

La doctorante **CAROLYN EARNEST** envisage un avenir où les sciences sont plus accessibles aux femmes, aux Premières Nations et aux autres groupes minoritaires. « Je crois que la science est ultimement liée au contexte culturel de ceux qui la pratiquent, dit-elle. Si cette population est plus diversifiée, des idées variées sont mises à l'étude, et cela est bénéfique pour tous. » [traduction]

Mme Earnest fait sa part pour que cette vision devienne réalité. Elle est la présidente fondatrice du groupe Femmes en sciences de l'Université de Waterloo, ainsi que membre de FemPhys et du comité de l'IQC sur l'équité et l'inclusivité. Elle prêche aussi par l'exemple au laboratoire de matière quantique numérique, où elle travaille sur le calcul quantique à l'aide de nanocircuits adaptables, construits à l'aide d'un câblage et de portes modulables.

DIFFUSER, INSTRUIRE, INSPIRER, RELIER

L'IQC MET LA SCIENCE ET LA TECHNOLOGIE DE L'INFORMATION QUANTIQUE À LA PORTÉE DES ESPRITS CURIEUX, GRÂCE À DES MOYENS DE DIFFUSION UNIQUES CONÇUS POUR FAIRE CONNAÎTRE LES RECHERCHES FASCINANTES QUI CHANGENT NOTRE MANIÈRE DE VIVRE, DE TRAVAILLER ET DE NOUS DIVERTIR.

LA MUSIQUE À LA FRONTIÈRE DE LA PHYSIQUE QUANTIQUE

La symphonie quantique *Quantum: Music at the Frontier of Science* (La musique à la frontière de la physique quantique) a été présentée le 3 mai dans le cadre de Scène Ontario, au Centre national des Arts, à Ottawa. Résultant d'une collaboration entre l'orchestre symphonique de Kitchener-Waterloo et l'IQC, ce voyage musical explore les parallèles entre la musique et la science.

DÉCOUVRIR LA SCIENCE ET LA TECHNOLOGIE DE L'INFORMATION QUANTIQUE

Le samedi 3 octobre, l'IQC a tenu une journée portes ouvertes dans le cadre des festivités de la fin de semaine de retrouvailles de Waterloo. Plus de 700 anciens de l'Université de Waterloo et membres de la collectivité se sont instruits sur les recherches en informatique quantique auprès d'étudiants et de professeurs de l'IQC, et ont participé aux activités scientifiques organisées par les groupes *Let's Talk Science* (Parlons science) et *Engineering Science Quest* (Explorons le génie) de l'Université de Waterloo. Parmi les autres activités, mentionnons une conversation au coin du feu sur la révolution quantique, avec **RAYMOND LAFLAMME**, directeur général de l'IQC, et l'animateur de radio **MIKE FARWELL**, ainsi que le lancement de *Quantum Cats* (Chats quantiques), version quantique inspirée du jeu *Angry Birds*MC.

CÉLÉBRATION DE LA LUMIÈRE

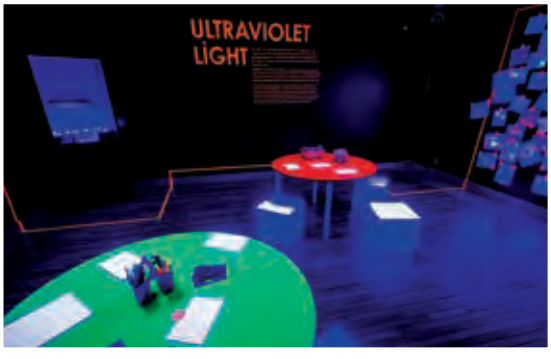
LA PLUS GRANDE PARTIE DE NOTRE TECHNOLOGIE MODERNE — SANS PARLER DE LA VIE TELLE QUE NOUS LA CONNAISSONS — NE POURRAIT PAS EXISTER SANS LA LUMIÈRE. C'EST POURQUOI L'ASSEMBLÉE GÉNÉRALE DES NATIONS UNIES A DÉCLARÉ 2015 ANNÉE INTERNATIONALE DE LA LUMIÈRE ET DES TECHNIQUES UTILISANT LA LUMIÈRE (AIL 2015). UN GROUPE D'ÉTUDIANTS DIPLÔMÉS APPARTENANT À LA SECTION LOCALE ÉTUDIANTE DE L'UNIVERSITÉ DE WATERLOO DE LA SOCIÉTÉ AMÉRICAINE D'OPTIQUE (OSA) A DONNÉ VIE À LA LUMIÈRE DANS L'EXPOSITION *LIGHT ILLUMINATED* (PLEINS FEUX SUR LA LUMIÈRE) PRÉSENTÉE À THEMUSEUM, AU CENTRE-VILLE DE KITCHENER, D'OCTOBRE 2015 À MARS 2016. **AIMEE GUNTHER**, **MIKE MAZUREK**, **KENT FISHER**, **JEAN-PHILIPPE MacLEAN** ET **SARAH KAISER**, DOCTORANTS À L'IQC, ET **IAN ANDREWS**, ÉTUDIANT À LA MAÎTRISE AU DÉPARTEMENT DE PHYSIQUE ET D'ASTRONOMIE, ONT CONÇU ET ORGANISÉ L'EXPOSITION, QUI A ATTIRÉ PLUS DE 40 000 VISITEURS.

« L'exposition constitue une ouverture pour les gens qui butent sur la soi-disant difficulté des sciences, de la technologie, du génie et des mathématiques (STGM). En expérimentant des activités pratiques, le public s'est instruit sans craindre de devoir passer un examen. » [traduction]

– AIMEE GUNTHER

« *Pleins feux sur la lumière* a permis aux membres de notre collectivité de voir les nombreuses manières d'utiliser la lumière pour créer la technologie moderne et faire de l'art. Les visiteurs ont choisi les mots à afficher dans une magnifique œuvre d'art; ils ont découvert à quoi ils ressemblent dans la lumière infrarouge; ils ont vu les écailles d'un dragon scintiller et changer de couleur. Ces composantes de l'exposition et d'autres ont été fournies par des individus et des entreprises de la région de Waterloo. » [traduction]

– MICHAEL MAZUREK



« L'exposition a aidé à montrer la science comme une activité normale pratiquée par des personnes en chair et en os. Nous voulions expliquer des notions sur la lumière d'une manière tangible, amusante, et peut-être originale. De plus, dans la région de Waterloo, nous sommes chanceux d'avoir plusieurs organismes de recherche et de développement technologique, de même qu'une collectivité intéressée, désireuse de savoir ce qui se passe dans le monde scientifique. Nous avons cherché à montrer aux visiteurs de THEMUSEUM certaines des choses extraordinaires réalisées dans notre ville avec la lumière. » [traduction]

– KENT FISHER

« Avec *Pleins feux sur la lumière*, nous voulions intéresser la collectivité et l'informer sur la lumière et sur le rôle des entreprises locales dans le développement de ces techniques. Nous voulions captiver un jeune public à propos de la lumière et des choses amusantes qu'elle nous permet de faire. Quant au grand public, nous voulions lui présenter les entreprises de Waterloo dans le domaine de la lumière, qui fournissent des produits et des procédés dont nous nous servons quotidiennement : fibre optique pour Internet; polarisation dans les lunettes de soleil; réfraction dans les verres; caméras thermiques; etc. » [traduction]

– JEAN-PHILIPPE MacLEAN

« *Pleins feux sur la lumière* a donné à la collectivité l'occasion d'apprécier à sa juste valeur la lumière et la chance que nous avons de l'utiliser dans tant de domaines. À titre d'exemple l'inspecteur des incendies affecté à l'exposition a couru le long de la piste de course affichée sur un mur, pour se rendre compte que, dans le même temps, la lumière avait fait plusieurs allers-retours vers la Lune! Ses yeux se sont agrandis d'étonnement face à la vitesse de la lumière. Ce moment où, grâce à notre exposition, il s'est rendu compte de la vitesse de la lumière a été pour moi une expérience inoubliable. » [traduction]

– IAN ANDREWS

M E R C I aux partenaires de la collectivité qui ont contribué au succès de l'exposition *LIGHT Illuminated* (Pleins feux sur la lumière) :

THEMUSEUM
Société américaine d'optique
Société américaine de physique
Christie Digital
COM DEV
FiberTech Optica
Teledyne DALSA
Université de Waterloo
Wizard Labs
Département d'intégration du savoir, Université de Waterloo

POINTS SAILLANTS DES CONFÉRENCES, ATELIERS ET SÉMINAIRES

Canada Excellence Research Chairs
Chaires d'excellence en recherche du Canada

RÉUNION ANNUELLE DES CHAIRES D'EXCELLENCE EN RECHERCHE DU CANADA (CERC)

Les chercheurs de Waterloo **DAVID CORY**, titulaire de la CERC sur le traitement de l'information quantique, et **PHILIPPE VAN CAPPELLEN**, titulaire de la CERC sur l'écohydrologie, ont présidé la 5e réunion annuelle des CERC, qui s'est tenue à l'Université de Waterloo les 13 et 14 avril.

CONFÉRENCE SUR L'IMAGERIE PAR RÉSONANCE MAGNÉTIQUE À L'ÉCHELLE NANOMÉTRIQUE (NANOMRI)

La 5e conférence NanoMRI a réuni une communauté interdisciplinaire de scientifiques et d'ingénieurs à l'IQC du 27 au 31 juillet. Elle a mis l'accent sur les nouvelles techniques de détection de spin à l'échelle nanométrique, ainsi que sur l'application de ces techniques à la biologie, aux systèmes de matière condensée et à l'information quantique.

QUANTUM INNOVATORS

La 4e conférence *Quantum Innovators* (Innovateurs dans le domaine quantique) organisée par l'IQC a mis l'accent sur l'exploration des frontières de la physique et du génie quantiques. Du 4 au 7 octobre, elle a réuni 15 des jeunes chercheurs les plus prometteurs dans le domaine, venus échanger sur leurs travaux et établir des liens. **WEI TSEN**, maintenant professeur adjoint à l'IQC et au Département de chimie, était l'un des participants.

SC

Schrödinger's Class

Les 5 et 6 décembre, l'IQC a accueilli 20 enseignants du secondaire en sciences dans son tout premier atelier pour enseignants. Grâce à des exposés et à des activités pratiques, les participants ont acquis une meilleure connaissance de la mécanique quantique, en particulier sur la manière de traiter la science et la technologie de l'information quantique en classe avec leurs élèves. **MARTIN LAFOREST**, gestionnaire principal, diffusion des connaissances scientifiques, a initié les enseignants à des notions scientifiques telles que la dualité onde-particule, la superposition, les algorithmes de calcul quantique, l'intrication et la cryptographie quantique.

USEQIP

Undergraduate School on **Experimental Quantum** Information Processing

DESTINÉ À UN GROUPE INTERNATIONAL D'ÉTUDIANTS AVANCÉS DE NIVEAU POSTSECONDAIRE, CE PROGRAMME DE 2 SEMAINES COMBINE LES ASPECTS THÉORIQUES ET EXPÉRIMENTAUX DE L'INFORMATIQUE QUANTIQUE. DES EXPOSÉS PRÉSENTÉS PAR DES PROFESSEURS DE L'IQC, PUIS DES SÉANCES PRATIQUES EN LABORATOIRE, FOURNISSENT UNE INTRODUCTION COMPLÈTE À LA SCIENCE ET À LA TECHNOLOGIE DE L'INFORMATION QUANTIQUE. À LA FIN DU PROGRAMME, LES PARTICIPANTS ONT LES OUTILS NÉCESSAIRES POUR COMMENCER À ÉTUDIER L'INFORMATIQUE QUANTIQUE.

KRISTINE BOONE

USEQIP 2014

Étudiante au baccalauréat spécialisé en astrophysique à l'Université de Calgary, **KRISTINE BOONE** a posé sa candidature à USEQIP. Son expérience de ce programme a conforté sa décision de poursuivre des études supérieures centrées sur l'informatique quantique.

« J'ai posé ma candidature à USEQIP pour savoir ce qu'est l'informatique quantique », dit-elle à propos de sa participation à USEQIP en 2014. « Les professeurs étaient vraiment enthousiastes de faire connaître ce domaine. J'ai beaucoup appris sur le sujet et sur la vie de chercheur à l'IQC. » [traduction]

Ses nouvelles connaissances l'ont aidée à terminer son projet de mémoire de 1er cycle et ont contribué aux recherches qu'elle a faites, après avoir obtenu son diplôme, avec son ancien directeur de mémoire **CHRISTOPH SIMON**. En collaboration avec d'autres scientifiques, ils ont découvert que les axones du cerveau sont des guides d'ondes pour les photons. Cela laisse entendre qu'il pourrait y avoir un lien entre l'information quantique et la conscience.

À la fin de ses études de 1er cycle, Kristine Boone savait qu'elle voulait retourner à l'IQC. Maintenant étudiante à la maîtrise à l'IQC, elle travaille sur des hypothèses qui sous-tendent l'étalonnage aléatoire, ce qui pourrait être utile pour la caractérisation d'erreurs dans un système quantique. « La participation à l'USEQIP a eu un effet indéniable sur ma carrière universitaire » [traduction], affirme-t-elle.

QCSYS

Quantum Cryptography
School for Young Students

CE PROGRAMME INITIE DES ÉLÈVES DU SECONDAIRE À L'UN DES DOMAINES LES PLUS PASSIONNANTS DE LA SCIENCE CONTEMPORAINE, LA CRYPTOGRAPHIE QUANTIQUE. SOUS LA DIRECTION DE **MARTIN LAFOREST**, GESTIONNAIRE PRINCIPAL, DIFFUSION DES CONNAISSANCES SCIENTIFIQUES, LES PARTICIPANTS ABORDENT LES ASPECTS PHYSIQUES ET MATHÉMATIQUES DE LA MÉCANIQUE ET DE LA CRYPTOGRAPHIE QUANTIQUES, GRÂCE À DES EXPOSÉS ET À DES DÉMONSTRATIONS EN LABORATOIRE. LANCÉ EN 2008, LE PROGRAMME QCSYS A EU JUSQU'À MAINTENANT 275 PARTICIPANTS VENANT DE 20 PAYS.

ANDREW ANDRADE

QCSYS 2010

Transmission de messages avec des pièces de monnaie et des boîtes, décryptage de messages envoyés par laser, ce sont les souvenirs les plus vifs qu'**ANDREW ANDRADE** conserve de QCSYS. « Cette expérience m'a aidé à me rendre compte que j'étais plutôt intéressé par les applications pratiques de la science et de la technologie » [traduction], dit-il. Cet intérêt s'est manifesté dans son travail : il a inventé un vélo autonome, a écrit un article primé sur l'utilisation de l'intelligence artificielle et de l'analyse prédictive dans l'industrie pétrolière et gazière, et a cofondé une entreprise appelée PetroPredict, qui utilise l'analyse de données pour la détection précoce de problèmes d'intégrité dans des champs pétrolifères.

Andrew Andrade estime que QCSYS l'a aidé à progresser : « La chose la plus importante que j'ai tirée de QCSYS, c'est l'apport de la synergie dans les nouveaux domaines et techniques. » [traduction] Après avoir obtenu son diplôme de mécatronicien à l'Université de Waterloo, il compte utiliser la même démarche en tant que stratège en déploiement chez Palantir Technologies.

MAYA BURHANPURKAR

QCSYS 2014

Élève âgée de 17 ans, **MAYA BURHANPURKAR** est une scientifique, entrepreneure et bénévole qui a été choisie en 2013 parmi les 20 Canadiens de moins de 20 ans qui se sont le plus distingués. En 2014, elle a participé à QCSYS, ce qui selon elle a conforté son intérêt pour la physique, le génie et l'informatique : « Souvent, les étudiants n'ont aucune expérience du domaine qu'ils choisissent à l'université. QCSYS m'a donné cette expérience, ce qui est formidable. » [traduction] QCSYS lui a aussi permis de rencontrer des jeunes du monde entier ayant des intérêts semblables, et elle reste en contact avec certains d'entre eux. Elle conseille aux futurs participants « de faire un effort pour connaître d'autres personnes, parce qu'elles ont des antécédents vraiment remarquables — et c'est pourquoi ils participent à QCSYS. » [traduction]

Avant de commencer ses études à l'Université Harvard, Maya Burhanpurkar prend une année de congé au célèbre Institut d'études aérospatiales de l'Université de Toronto, afin de travailler à la mise au point d'un fauteuil roulant autonome pour tétraplégiques.

TWESH UPADHYAYA

QCSYS 2014

Ancien participant à QCSYS, **TWESH UPADHYAYA** n'a pas pu résister à l'attrait du milieu de recherche de l'IQC. Sous la direction de **MICHAL BAJCSY**, chercheur à l'IQC, il a mené en 12e année un projet d'expo-science consistant à concevoir un sélecteur de polarisation fait d'une membrane de cristal photonique en nitrure de silicium, pouvant servir de surface réfléchissante pour un transistor optique à un seul photon. Il a remporté la médaille d'or et le 1er prix de sa catégorie à la compétition régionale, de même qu'une médaille d'argent et le prix de l'Association canadienne des physiciens et physiciennes (ACP) à l'expo-science nationale. Cet été, il est revenu travailler comme assistant de recherche de 1er cycle avec **MICHELE MOSCA**, chercheur à l'IQC, sur un cadre de synthèse de circuit quantique universel.

Étudiant en génie à l'Université de Toronto, Twesh Upadhyaya dit que QCSYS a attisé sa passion pour la physique, en révélant à la fois le potentiel de la mécanique quantique et les grands mystères non résolus qu'elle comporte. Il donne le conseil suivant aux futurs participants à QCSYS : « Vous côtoierez des chercheurs de premier plan. Posez des questions et ne ménagez aucun effort. » [traduction]

JOHN FISH

QCSYS 2015

QCSYS a fourni à **JOHN FISH** les connaissances dont il avait besoin pour faire une vidéo expliquant le paradoxe d'Einstein-Podolsky-Rosen (EPR). Cette vidéo lui a valu d'être finaliste au *Breakthrough Junior Challenge*. Depuis lors, il est conseiller pour le groupe *Engineering Science Quest* (Explorons le génie) à l'Université de Waterloo. Il travaille actuellement à un logiciel qui permettra aux enseignants de facilement créer et dispenser par Internet un cours de programmation informatique, de telle sorte que les étudiants puissent le suivre sur des appareils accessibles.

Sans surprise, John Fish dit qu'il est davantage intéressé par l'aspect informatique de la physique quantique : « Ce qui me fascine, c'est que des problèmes très difficiles pourraient bientôt devenir triviaux avec cette physique vraiment étrange. » [traduction] Il a aimé son expérience de QCSYS à cause de l'intensité du programme et en raison des discussions avec des chercheurs qui l'ont aidé à décider de son orientation.

ENCOURAGER LES JEUNES À EXPLORER L'INFORMATIQUE QUANTIQUE

L'IQC continue d'instruire et d'intéresser les élèves à la science et à la technologie de l'information quantique (STIQ), au moyen d'ateliers pratiques, de visites de laboratoires et d'exposés. Cette année :

plus de 41 950 élèves et membres du grand public ont eu une introduction aux STIQ

plus de 1 200 jeunes ont bénéficié d'un atelier pratique, d'une visite de laboratoire ou d'un exposé

138 enseignants ont reçu des outils pour parler d'information quantique à leurs élèves en classe

31 activités de sensibilisation ont porté sur l'informatique quantique

QUELQUES STATISTIQUES

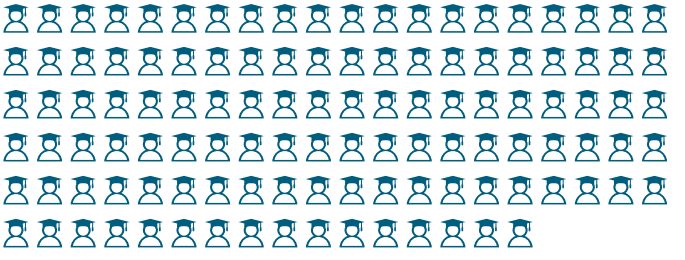
DU 1er AVRIL 2015 AU 31 MARS 2016

L'IQC COMPTE :

24 professeurs

41 postdoctorants

116 étudiants diplômés

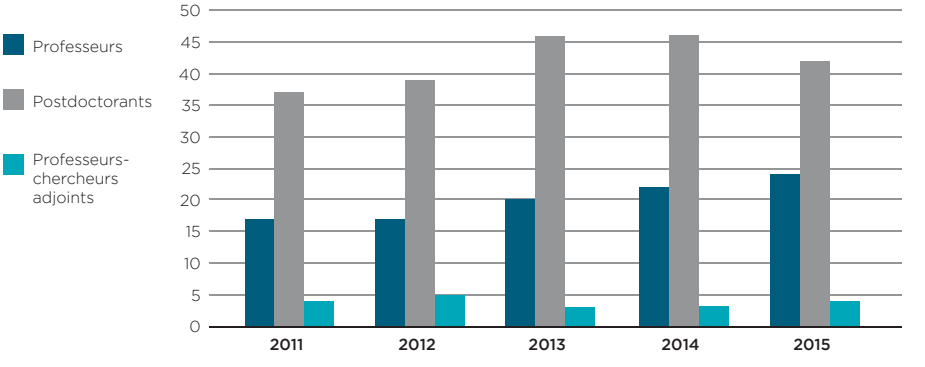


4 professeurs-chercheurs adjoints

30 scientifiques invités à long terme

7 spécialistes techniques

CORPS PROFESSORAL ET POSTDOCTORANTS



PUBLICATIONS

Des publications dignes de mention dans les revues *Nature*, *Nature Photonics*, *Nature Physics*, *Nature Communications*, *Physical Review Letters*, *Science*, *STOC*, *FOCS* et *Journal of Mathematical Physics* témoignent de découvertes importantes effectuées par les chercheurs de l'IQC et examinées par des pairs.

NOMBRE D'ARTICLES DE L'IQC PUBLIÉS DANS DES REVUES DE PREMIER PLAN DEPUIS 2010

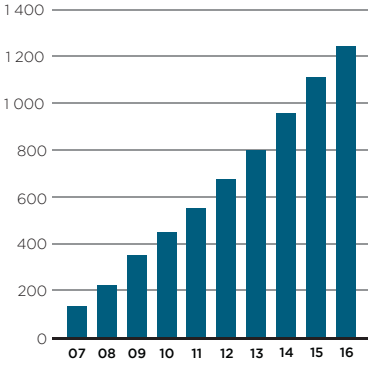
PUBLICATION	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16
Nature	1	1	1		2	1
Nature Photonics	1	1		3	2	1
Nature Physics	5	3	2	3		2
Nature Communications		1	1	1	5	3
Physical Review Letters	14	17	14	14	16	17
Science	1	2	1	1	3	
STOC	2					
FOCS		1	1			
Journal of Mathematical Physics	2	4	6	4	4	6

Les données sont tirées de la base de données ISI Web of Knowledge de Thomson Reuters.

NOMBRE CUMULATIF DE PUBLICATIONS PAR DES CHERCHEURS DE L'IQC

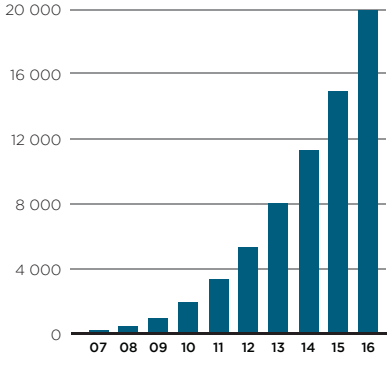
132 publications par des chercheurs de l'IQC au cours de l'exercice 2015-2016

1 242 publications par des chercheurs de l'IQC depuis 2002



NOMBRE CUMULATIF DE CITATIONS DE PUBLICATIONS DE L'IQC

Total cumulatif de **19 993** citations de publications de l'IQC depuis 2002



**Source des statistiques sur les publications et les citations : Web of Science, de Thomson Reuters, le 1er avril 2016. Les données ont été compilées en faisant une recherche d'adresse sur l'IQC (inst* quantum comp*). Les statistiques de citations sont cumulatives pour l'ensemble des publications de l'IQC depuis sa fondation.*

DES OUTILS POUR LA RECHERCHE

DES OUTILS EFFICACES AUGMENTENT LA PRODUCTIVITÉ. **STEVE WEISS**, DIRECTEUR ADJOINT, TECHNOLOGIES DE L'INFORMATION (TI), AIME EMPLOYER DES OUTILS ÉLÉGANTS QUI SE TRADUISENT PAR UNE PLUS GRANDE EFFICACITÉ. PENDANT TOUTE SA CARRIÈRE, IL A UTILISÉ LA TECHNOLOGIE DE MANIÈRE STRATÉGIQUE POUR AMÉLIORER LA PRODUCTIVITÉ D'ORGANISATIONS, GRANDES ET PETITES.

Steve Weiss dirige l'équipe des TI de l'IQC, dont le rôle premier consiste à faciliter la mise au point de techniques et d'outils qui permettent aux chercheurs de se concentrer sur leur travail. « Nous libérons les chercheurs, dit-il, de la tâche de mettre en place et de maintenir des outils informatiques classiques à l'extérieur des laboratoires. » [traduction] Cela comprend la fourniture de ressources technologiques disponibles sur le campus ou la mise au point de solutions personnalisées. Les besoins vont de la mise en place de logiciels sur mesure à la préparation des postes de travail utilisés quotidiennement, en passant par l'équipement d'espaces de collaboration.

Si les moyens techniques disponibles ne comblent pas les besoins, Steve Weiss et son équipe conçoivent les outils nécessaires pour aider les chercheurs à atteindre leurs objectifs. Mentionnons par exemple le nouveau laboratoire de calcul qui fonctionne maintenant au Centre Quantum-Nano Mike-et-Ophelia-Lazaridis. M. Weiss a constaté que les étudiants diplômés n'avaient pas accès sur demande au matériel informatique de pointe nécessaire pour exécuter des simulations complexes. Son équipe a donc travaillé à l'installation d'un laboratoire de calcul mobile pour répondre à ce besoin. Les étudiants ont maintenant accès à l'équipement voulu pour obtenir plus rapidement le résultat de simulations.

Steve Weiss et son équipe travaillent également en étroite collaboration avec le groupe de la salle blanche Quantum NanoFab de l'IQC. Pour améliorer les processus quotidiens des opérations de la salle blanche et des installations de fabrication, l'équipe des TI a mis en place un système de surveillance de l'environnement, un système vidéo, ainsi qu'un système personnalisé de gestion des commandes et de l'inventaire. « La salle blanche Quantum NanoFab continue de bénéficier énormément des compétences de l'équipe des TI et de son exceptionnel service à la clientèle » [traduction], affirme **VITO LOGIUDICE**, directeur des opérations, salle blanche Quantum NanoFab.

Le groupe des TI est toujours en mouvement. Steve Weiss remarque que le travail n'est jamais terminé, car la technologie évolue et les besoins des utilisateurs changent. « Nous sommes à l'écoute et nous essayons de prévoir les nouveaux besoins techniques, dit-il. Ce n'est pas toujours facile de voir ce qui s'en vient. » [traduction] Selon lui, pour relever ce défi, le mieux est de suivre l'évolution technologique et de travailler en étroite collaboration avec les chercheurs de l'Institut.

Dans une perspective plus large, M. Weiss considère au fond que son équipe contribue à la qualité du milieu de recherche de l'IQC. Les outils informatiques classiques permettent aux professeurs et aux étudiants de se concentrer sur leurs objectifs de recherche dans le domaine quantique.

DIRECTION DE L'IQC

DU 1er AVRIL 2015 AU 31 MARS 2016

CONSEIL D'ADMINISTRATION

Mike Lazaridis, président
Cofondateur et associé directeur, Quantum Valley Investments

Tom Brzustowski
Professeur RBC, École de gestion Telfer, Université d'Ottawa

Peter E. Brown
Associé principal, Deloitte Canada

Robert E. Crow
Cadre supérieur en résidence, IQC

George Dixon
Vice-recteur à la recherche, Université de Waterloo

Robert Dunlop
Ancien sous-ministre adjoint, Sciences et Innovation, Industrie Canada

Cosimo Fiorenza
Vice-président et avocat-conseil, Quantum Valley Investments

Peter Hackett
Professeur cadre, Université de l'Alberta

Raymond Laflamme
Directeur général, IQC

Mark Pecen
PDG, Approach Infinity inc.

COMITÉ DE DIRECTION

George Dixon, président
Vice-recteur à la recherche

Robert E. Crow
Cadre supérieur en résidence, IQC

Raymond Laflamme
Directeur général, IQC

Bob Lemieux
Doyen, Faculté des sciences

Kevin Resch
Directeur général adjoint, Recherche, IQC

Wayne J. Parker
Doyen par intérim, Faculté de génie

Stephen Watt
Doyen, Faculté de mathématiques

COMITÉ CONSULTATIF SCIENTIFIQUE

Harry Buhrman
Centre de mathématiques et d'informatique d'Amsterdam (CWI)

Anthony Leggett
Université de l'Illinois à Urbana-Champaign

Chris Monroe
Université du Maryland

Umesh Vazirani
Université de la Californie à Berkeley

Anton Zeilinger
Université de Vienne

Wojciech Zurek
Laboratoire national de Los Alamos

HAUTE DIRECTION

Raymond Laflamme
Directeur général

Kevin Resch
Directeur général adjoint, Enseignement

David Cory
Directeur général adjoint, Recherche

Robert E. Crow
Cadre supérieur en résidence

LABORATOIRES

Vito Logiudice
Directeur des opérations, salle blanche Quantum NanoFab

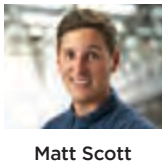
Brian Goddard
Spécialiste principal, équipement de fabrication; instructeur de laboratoire

Mai-Britt Mogensen
Spécialiste, certification et inventaire de la salle blanche

Nathan Nelson-Fitzpatrick
Ingénieur des procédés de nanofabrication

Roberto Romero
Technologue en électronique et instrumentation; coordonnateur en santé, sécurité et environnement

Rodello Salandanan
Technologue principal en équipement



Matt Scott
Technologue en équipement de fabrication; instructeur de laboratoire

Melissa Floyd
Adjointe à la comptabilité et à l'administration

ADMINISTRATION

Lorna Kropf
Directrice adjointe, Administration

Matt Schumacher
Directeur adjoint, Finances

Jeannie Bairos
Adjointe au directeur général

Erica Boland
Réceptionniste, Centre Lazaridis

Sara Clark
Auxiliaire générale

Andrew Dale
Coordonnateur administratif; adjoint aux finances

Monica Dey
Coordonnatrice, programme FONCER et programmes d'études supérieures

Christine Dietrich
Réceptionniste, bâtiment RAC I

Matthew Fries
Coordonnateur, séjours scientifiques

Chin Lee
Assistante du directeur général adjoint

Jessica Miranda
Coordonnatrice administrative, recrutement des postdoctorants, membres associés et membres affiliés

Jessica Parris
Coordonnatrice, programme d'études supérieures

Mary Lyn Payerl
Agente financière

Michele Roche
Coordonnatrice administrative; adjointe aux finances

Harmeny Storer
Adjointe à l'administration et aux finances

Carly Turnbull
Adjointe administrative

COMMUNICATIONS ET INITIATIVES STRATÉGIQUES

Tobi Day-Hamilton
Directrice adjointe, Communications et initiatives stratégiques

Sean Collins
Gestionnaire principal, recherche et développement

Kathryn Fedy
Agente de communication

Dana Hociung
Coordonnatrice, relations extérieures

Kimberly Kuntz
Gestionnaire, diffusion des connaissances et activités publiques

Martin Laforest
Gestionnaire principal, diffusion des connaissances scientifiques

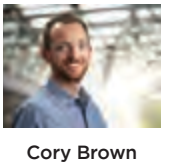
Scott McManus
Coordonnateur multimédia

Angela Olano
Gestionnaire, projets spéciaux

Jodi Szimanski
Gestionnaire principale, communications

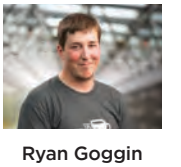
TECHNOLOGIES DE L'INFORMATION

Steve Weiss
Directeur adjoint, Technologies de l'information

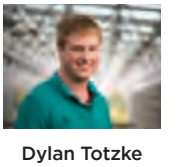


Cory Brown
Spécialiste, soutien informatique

Matt Cooper
Spécialiste, technologies de l'information



Ryan Goggin
Spécialiste, soutien informatique



Dylan Totzke
Analyste, systèmes de gestion

FAVORISER LE PROGRÈS SCIENTIFIQUE

MESSAGE DU RECTEUR DE L'UNIVERSITÉ DE WATERLOO

L'UNIVERSITÉ DE WATERLOO S'EST ENGAGÉE À FAIRE PROGRESSER L'ÉTAT DE LA SCIENCE AU CANADA, TOUT EN METTANT À PROFIT SES LIENS ÉTROITS AVEC L'INDUSTRIE POUR QUE LA RECHERCHE AIT UN MAXIMUM D'IMPACT SUR LES PLANS SOCIAL ET ÉCONOMIQUE.

C'est pour cela que notre université a été fondée il y aura 60 ans l'an prochain. Cette mission est encore et sera toujours la nôtre. L'Institut d'informatique quantique (IQC) de l'Université de Waterloo est un parfait exemple de réalisation de notre mission.

Nous croyons que l'IQC illustre bien comment une université moderne et progressiste peut guider le Canada dans des disciplines et des industries stratégiques de pointe.

Collaborant avec certains des meilleurs scientifiques de la planète et avec des partenaires extraordinaires tels que Mike et Ophelia Lazaridis, et inspirée par l'occasion qui se présente de réinventer la technologie en réalisant des découvertes dans le domaine quantique, la *Quantum Valley* canadienne est à l'avant-garde mondiale de la deuxième révolution quantique.

C'est la bonne discipline, dans la bonne université et la bonne collectivité, au bon moment. Les atouts historiques de l'Université de Waterloo pour le développement de talents grâce aux programmes coopératifs, la qualité de ses recherches en physique quantique, ainsi que le soutien constant d'une brillante constellation de centres de recherche et de partenaires de notre collectivité, montrent que la région de Waterloo – la *Quantum Valley* canadienne – a délibérément mis sur pied un puissant écosystème permettant de réaliser des percées et de mobiliser des ressources. Nulle part ailleurs au monde a-t-on créé de telles conditions d'une manière aussi délibérée, minutieuse et fructueuse.

D'innombrables partenaires et bailleurs de fonds, travaillant de concert pour créer quelque chose de vraiment unique, ont rendu cela possible. Alors que l'IQC entame sa 15e année d'existence, j'aimerais souligner en particulier l'apport des personnes suivantes : Mike et Ophelia Lazaridis, pour leur généreux appui et leur remarquable vision; Raymond Laflamme, pour son action extraordinaire à la tête de l'Institut; les chercheurs des facultés des sciences, des mathématiques et de génie, pour leurs contributions décisives à la technologie quantique.

Je tiens aussi à remercier tous les étudiants de l'IQC, dont la contribution passionnée à la physique quantique contribue à changer le monde qui nous entoure.

Feridun Hamdullahpur
Recteur et vice-chancelier
Université de Waterloo

M E R C I

L'IQC REMERCIE MIKE ET OPHELIA LAZARIDIS, LA PROVINCE DE L'ONTARIO ET LE GOUVERNEMENT DU CANADA DE LEUR APPUI VISIONNAIRE.

Merci aux personnes et organismes suivants de leur soutien généreux et continu envers l'IQC :

Académie autrichienne des sciences
Activité des projets de recherche avancés sur le renseignement (IARPA)
Agence des projets de recherche avancée de la Défense américaine (DARPA)
Agence spatiale canadienne
Bourses canadiennes du jubilé de diamant de la reine Elizabeth II
Bureau de la recherche de l'Armée des États-Unis
Bureau de la recherche navale des États-Unis
C2C Link Corporation
Centre de la sécurité des télécommunications Canada
Centres d'excellence de l'Ontario
Chaires d'excellence en recherche du Canada (CERC)
Chaires de recherche du Canada (CRC)
COM DEV
Connect Canada
Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie (CRSNG)
Doug Fregin
FedDev Ontario
Fondation Alfred-P.-Sloan
Fondation canadienne pour l'innovation (FCI)
Fondation Gerald-Schwartz-et-Heather-Reisman
Gouvernement du Canada
Institut canadien de recherches avancées (ICRA)
Institut coréen des sciences et de la technologie
Institut européen des normes de télécommunications (ETSI)
Institut FQXi (*Foundational Questions Institute*)
Institut Périmètre de physique théorique
Laboratoires nationaux Sandia
Lockheed Martin Corporation
Mike et Ophelia Lazaridis
Ministère du Patrimoine canadien
Mitacs
Programme coopératif de Technion
Province de l'Ontario
Quantum Valley Investments
Société américaine de physique – Diffusion des connaissances
Travaux publics et Services gouvernementaux Canada

DES REMERCIEMENTS PARTICULIERS VONT À L'UNIVERSITÉ DE WATERLOO, DEMEURE DE L'IQC, POUR LA PLACE PRIVILÉGIÉE QU'ELLE ACCORDE À LA RECHERCHE, À L'INNOVATION ET À L'EXCELLENCE.

UNIVERSITÉ DE WATERLOO | IQC Institut d'informatique Quantique | Ontario | Canada