# RAPPORT ANNUEL 2015

[ À L'AVANT-GARDE DE LA PROCHAINE RÉVOLUTION QUANTIQUE ]

IQC Institute for Quantum Computing

« IL SE PASSE QUELQUE CHOSE DE VRAIMENT EXCEPTIONNEL ICI À WATERLOO, DE LA THÉORIE À L'EXPÉRIENCE ET AU-DELÀ. »

LE PROFESSEUR STEPHEN HAWKING

# RAPPORT ANNUEL 2015

[ À L'AVANT-GARDE DE LA PROCHAINE RÉVOLUTION QUANTIQUE ]


À LA POURSUITE DE L'EXCELLENCE ET DE L'INNOVATION

4 Message du directeur général

5 Message du président du conseil

6 Mise sur pied de la *Quantum Valley*

DES RECHERCHES ET DES SCIENTIFIQUES DE CLASSE MONDIALE

8 À l'avant-garde de la prochaine révolution quantique

8 Principaux domaines de recherche

8 Attirer des chercheurs de classe mondiale

10 Mathématiques de l'information quantique

12 Création de matériaux quantiques

14 De la science fondamentale aux applications

ATTIRER LES MEILLEURS AU MONDE

16 Programme d'études supérieures

17 Cours

18 Diplômés

19 Étudiants diplômés

19 Postdoctorants

20 Anciens étudiants

21 Prix et distinctions

L'IQC DANS LE MONDE, ET LE MONDE À L'IQC

22 Équations quantiques et art

24 Rayonnement scientifique

29 L'IQC en ligne

30 Des collaborations d'envergure mondiale

32 Scientifiques invités

SURVOL DE L'ANNÉE

34 Quelques statistiques

36 Une infrastructure de recherche de classe mondiale

38 Gouvernance


IQC Institute for Quantum Computing


PUBLIÉ PAR : IQC – COMMUNICATIONS ET INITIATIVES STRATÉGIQUES



Institut d'informatique quantique
200, avenue University Ouest
Waterloo (Ontario), Canada N2L 3G1
Téléphone : +1 519 888-4021

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

# FAÇONNER L'AVENIR QUANTIQUE DU CANADA

[ MESSAGE DU DIRECTEUR GÉNÉRAL ]

DEPUIS MAINTENANT 13 ANS, JE PARTICIPE À UNE EXPÉRIENCE QUI VISE À CRÉER LA PROCHAINE INDUSTRIE NOUVELLE POUR LE CANADA. LORSQUE L'IQC A DÉMARRÉ DANS UN COIN DE L'UNIVERSITÉ DE WATERLOO, JE NE POUVAIS QUE RÊVER D'UNE COMMUNAUTÉ DYNAMIQUE DE CHERCHEURS TRAVAILLANT DANS UN ÉCOSYSTÈME DE CLASSE MONDIALE. JE N'AI PLUS BESOIN D'IMAGINER CELA.

Notre vision audacieuse est devenue réalité. L'IQC compte près de 200 chercheurs. Nos professeurs, étudiants et postdoctorants produisent de manière accélérée des résultats époustouflants qui placent l'IQC parmi les chefs de file de la recherche sur l'information quantique. Et à ma propre surprise, l'IQC a suscité le démarrage de 6 entreprises en seulement 13 ans. Si vous m'aviez demandé en 2002 s'il y aurait des entreprises issues de l'IQC, j'aurais peut-être eu un petit rire nerveux. Je n'aurais jamais deviné que des technologies quantiques puissent émerger aussi rapidement. Mais je suis très fier que cela se soit produit. Cela signifie que nos chercheurs font d'incroyables progrès.

Dans l'avenir, l'IQC doit continuer de repousser les limites de nos connaissances sur l'information quantique. Nous avons beaucoup appris, mais il y a encore bien plus à découvrir. Maintenant, nous connaissons le monde quantique et nous savons comment exploiter ses comportements. Le prochain grand défi sera de traduire ces connaissances en des technologies plus pertinentes et diversifiées. Nos liens toujours plus étroits avec l'industrie joueront un rôle clé en la matière. Nos partenaires nous poseront des questions, et nous devrons utiliser les technologies quantiques pour résoudre ces problèmes et en tirer des occasions commerciales.

Cette expérience a été rendue possible par des Canadiens à la vision incroyable – Mike et Ophelia Lazaridis, Doug Fregin, les membres de la direction de l'Université de Waterloo – de même que par les gouvernements provincial et fédéral. Grâce à leur appui constant, je suis certain que nous continuerons de réussir dans cette expérience audacieuse. L'IQC sera un moteur pour la future économie du pays. Nous contribuerons à la croissance de la *Quantum Valley* avec plus de percées scientifiques, plus de technologies, plus d'entreprises, plus d'investissements et des effets tangibles sur la société. Dans un environnement économique difficile, je suis extrêmement fier du fait que notre travail soit un phare de prospérité à venir.

J'ai hâte à la prochaine année et je suis impatient de voir comment la poursuite de notre expérience façonnera l'avenir du Canada.

Bien à vous,

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

## [ MESSAGE DU PRÉSIDENT DU CONSEIL ]

Quand je pense à tout le travail accompli par les chercheurs de l'Institut d'informatique quantique et de son pendant théorique, l'Institut Périmètre de physique théorique, et à la manière dont leurs efforts ont jeté les bases de la *Quantum Valley* dans la région de Waterloo, cela me rappelle le fameux rapport de Vannevar Bush, intitulé *Science: The Endless Frontier* (La science, frontière sans limites), remis en 1945 à Harry S. Truman, président des États-Unis. M. Bush parlait de l'importance cruciale de la recherche fondamentale comme moteur d'amélioration de la santé, de la prospérité et de la sécurité pour la société :

> *« Pour créer de nouveaux produits, de nouvelles industries et davantage d'emplois, il faut constamment ajouter à nos connaissances des lois de la nature ainsi qu'à leurs applications pratiques. Seule la recherche scientifique fondamentale permet d'obtenir ces nouvelles connaissances essentielles… Sans progrès scientifique, les réalisations dans les autres domaines ne peuvent assurer notre santé, notre prospérité et notre sécurité en tant que nation dans le monde moderne. »* [traduction]

Nous sommes nombreux à penser que nous assistons à la naissance d'une nouvelle industrie mondiale fondée sur la technologie quantique qui transformera la société. Grâce aux efforts consentis il y a plus d'une décennie pour investir en vue du développement de la technologie quantique dans la région, la *Quantum Valley* canadienne peut aspirer à être l'un des quelques centres qui mèneront le monde dans cette nouvelle industrie.

Je crois que nous pouvons comparer ces efforts aux travaux des scientifiques des Laboratoires Bell, au New Jersey, ou des chercheurs et diplômés d'institutions californiennes comme l'Université Stanford, l'Université de la Californie à Berkeley et à Santa Cruz, l'Université d'État de San José, etc., qui ont contribué à jeter les bases de la *Silicon Valley* dans le Nord de la Californie. Ces recherches ont engendré des technologies dont la commercialisation a donné naissance à des entreprises telles que Fairchild, Intel, Hewlett Packard et Rockwell.

La *Quantum Valley* canadienne compte déjà un certain nombre de nouvelles entreprises, qui sont en bonne voie de mettre au point et commercialiser des technologies révolutionnaires pour les marchés mondiaux. Nous sommes confiants que, à l'instar de Fairchild et des autres entreprises pionnières de la *Silicon Valley*, elles jetteront les bases d'un écosystème canadien de commercialisation à grande échelle de la technologie quantique à l'échelle mondiale.

Je tiens à remercier l'Université de Waterloo, le gouvernement du Canada et la Province de l'Ontario, qui sont des partenaires et investisseurs de premier plan pour l'IQC depuis sa fondation, dans le cadre de l'un des partenariats publics-privés les plus fructueux au Canada. Je veux aussi remercier les membres du conseil d'administration et du comité consultatif scientifique de l'IQC pour leurs efforts et leur contribution à l'Institut. Je tiens notamment à souligner la contribution de Tom Brzustowski, Ph.D., premier président du conseil d'administration de l'IQC. Il nous a aidés à mettre sur pied le conseil d'administration, à définir les règles de gouvernance de l'IQC et à bâtir une relation étroite avec les autres composantes de l'Université. Nous serons heureux de bénéficier de son appui et de ses précieux conseils à titre de membre du conseil d'administration.

Aujourd'hui, tout juste 13 ans après sa fondation à l'Université de Waterloo, l'IQC compte des chercheurs reconnus comme des chefs de file dans leurs domaines respectifs et bénéficie d'une infrastructure de recherche hors pair. Cela étant dit, il reste encore beaucoup de travail à faire. L'IQC a environ la moitié du nombre de professeurs auquel il aspire ultimement. Nous devons continuer de viser l'excellence et d'attirer à Waterloo les chercheurs et les étudiants les plus doués au monde, en concurrence avec les meilleurs laboratoires et institutions. Nous devons aussi continuer d'encourager l'essaimage d'entreprises et mener les nouvelles technologies vers les marchés mondiaux.

Il y a 13 ans, l'IQC venait tout juste de naître. Aujourd'hui, il fait partie des quatre principaux instituts de recherche au monde dans son domaine. Il permet au Canada non seulement de participer à la prochaine grande révolution technologique, mais aussi de la façonner. Et je suis convaincu que l'IQC continuera de jouer un rôle fondamental pour le Canada, ses citoyens, son industrie et sa prospérité.

Bien à vous,

**Mike Lazaridis**
*Président du conseil d'administration*
Institut d'informatique quantique
Université de Waterloo

# MISE SUR PIED DE LA *QUANTUM VALLEY*

APERÇU DE L'IQC

## À LA POURSUITE DE L'EXCELLENCE ET DE L'INNOVATION

### [ 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.

La mécanique quantique décrit notre univers à son niveau le plus fondamental. Les éléments constitutifs de la nature – atomes, molécules et photons – ont des comportements fascinants, radicalement différents de ce que nous voyons dans la vie de tous les jours. L'Institut d'informatique quantique (en abrégé IQC pour *Institute for Quantum Computing*) exploite la puissance du monde quantique, transformant notre manière de vivre, de travailler et de communiquer, grâce à des innovations touchant le calcul, les communications, les capteurs et les matériaux.

L'IQC a été officiellement fondé en 2002, sous l'impulsion de **MIKE LAZARIDIS**, dont la vision consistait à favoriser des recherches innovatrices en vue de la prochaine révolution technologique – celle de l'informatique quantique. Aujourd'hui, l'IQC constitue un partenariat fructueux entre l'Université de Waterloo, le secteur privé, de même que les gouvernements fédéral et provincial.

S'appuyant sur les forces établies depuis longtemps de l'Université de Waterloo en sciences, en génie, en mathématiques et en informatique, l'IQC continue de recruter et de former des théoriciens et des expérimentateurs de classe mondiale en physique quantique, venus du monde entier. L'IQC a mis sur pied un programme de recherche multidisciplinaire étendu et complet centré sur la science et la technologie de l'information quantique, qui le place parmi les quatre principaux instituts de recherche au monde. Les possibilités de formation qu'offre l'IQC à des postdoctorants et à des étudiants diplômés pour devenir les chefs de file de la révolution quantique de demain sont reconnues à l'échelle internationale.

Maintenant installé dans le Centre Quantum-Nano Mike-et-Ophelia-Lazaridis et poursuivant son expansion dans les bâtiments I et II du RAC (*Research Advancement Centre* – Centre d'avancement de la recherche), l'IQC accélérera le développement de technologies quantiques pour des applications allant du calcul quantique aux capteurs quantiques, en passant par une cryptographie inviolable et de nouveaux matériaux quantiques. La collaboration internationale, les progrès de la recherche, les applications commercialisées et les entreprises issues de l'IQC font du Canada un chef de file mondial de la science et de la technologie de l'information quantique, créant une *Quantum Valley* ici même à Waterloo, en Ontario.

« C'EST ICI QUE NAISSENT DES IDÉES ENTIÈREMENT NEUVES. » [TRADUCTION]

FERIDUN HAMDULLAHPUR,
RECTEUR DE L'UNIVERSITÉ DE WATERLOO

## [ 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.

GRÂCE À L'AMPLEUR ET À LA QUALITÉ DE SON INFRASTRUCTURE DE RECHERCHE ET DE SA CULTURE DE COLLABORATION, L'IQC EST EN MESURE DE FAIRE PROGRESSER LA SCIENCE ET LA TECHNOLOGIE DE L'INFORMATION QUANTIQUE AU PLUS HAUT NIVEAU À L'ÉCHELLE INTERNATIONALE. ENSEMBLE, LES CHERCHEURS DE L'IQC TRAVAILLENT À MAÎTRISER LE MONDE QUANTIQUE, À RÉVOLUTIONNER LA TECHNOLOGIE ET À PROPULSER L'ÉCONOMIE DE L'AVENIR. ORDINATEURS ULTRAPUISSANTS, CRYPTOGRAPHIE INVIOLABLE, DISPOSITIFS QUANTIQUES, NOUVEAUX MATÉRIAUX, NANOTECHNOLOGIES D'UNE EFFICACITÉ SANS PRÉCÉDENT, VOILÀ QUELQUES-UNES DES PREMIÈRES RÉALISÉES À L'IQC. LA PROCHAINE RÉVOLUTION QUANTIQUE EST EN MARCHE ICI MÊME.

DES RECHERCHES ET DES SCIENTIFIQUES DE CLASSE MONDIALE

# À L'AVANT-GARDE DE LA PROCHAINE RÉVOLUTION QUANTIQUE

## [ PRINCIPAUX DOMAINES DE RECHERCHE ]

### Théorie de l'information quantique

Exploitation des phénomènes de la mécanique quantique pour le calcul et les communications, la réalisation de capteurs et d'autres technologies de traitement de l'information.

### Algorithmes quantiques

Mise au point d'instructions permettant aux processeurs d'information quantique d'effectuer des calculs.

### Complexité quantique

Détermination des problèmes que les processeurs quantiques peuvent – ou ne peuvent pas – traiter de manière efficace.

### Cryptographie quantique

Exploitation d'effets quantiques en vue de la sécurité de l'information.

### Correction d'erreurs quantiques et insensibilité aux défaillances

Maîtrise des systèmes quantiques en présence d'imperfections et de bruit.

### Traitement de l'information quantique fondé sur les spins

Mise au point de processeurs quantiques faisant appel aux spins de particules quantiques telles que les électrons et les noyaux atomiques.

### Traitement de l'information quantique fondé sur la nanoélectronique

Utilisation de nanotechnologies telles que des boîtes quantiques ou des circuits supraconducteurs pour la mise en œuvre du traitement de l'information quantique.

### Traitement optique de l'information quantique

Utilisation des propriétés des particules de lumière, ou photons, pour le transport et le traitement de l'information quantique.

## [ ATTIRER DES CHERCHEURS DE CLASSE MONDIALE ]

### RAFFI BUDAKIAN

**RAFFI BUDAKIAN** s'est joint à l'IQC en juillet 2014 comme titulaire de la chaire de nanotechnologie (WIN) financée par un fonds de dotation en supraconductivité, au Département de physique et d'astronomie de l'Université de Waterloo. Après avoir obtenu un baccalauréat, une maîtrise et un doctorat à l'Université de la Californie à Los Angeles, il a été scientifique invité au Centre de recherches Almaden d'IBM.

En 2005, le Réseau mondial de technologie lui a remis le prix *World Technology* pour ses travaux sur la détection de spins électroniques individuels. La même année, Raffi Budakian a été recruté par l'Université de l'Illinois à Urbana-Champaign.

À l'IQC, il poursuit ses recherches sur l'utilisation des spins, l'une des méthodes les plus prometteuses actuellement appliquées en traitement de l'information quantique.

### MICHAEL REIMER

Diplômé de l'Université de Waterloo, **MICHAEL REIMER** est revenu au Canada en février comme professeur adjoint au Département de génie électrique et d'informatique. Il a obtenu une maîtrise ès sciences en génie physique à l'Université technique de Munich, en Allemagne, puis un doctorat en physique à l'Université d'Ottawa et au Conseil national de recherches du Canada.

Plus récemment, il a été postdoctorant à l'Université de technologie de Delft, dans le laboratoire d'optique quantique du professeur Val Zwiller, où il a développé des appareils quantiques à semi-conducteurs. Au cours de cette période, M. Reimer a contribué à mettre au point des sources de photons individuels et de photons intriqués à partir d'hétérostructures formées de nanofils, des appareils formés de nanofils émettant des électrons individuels, ainsi que des photodiodes à avalanche efficaces formées de nanofils. En 2013, il a participé à *Single Quantum*, entreprise en démarrage qui utilise des nanofils supraconducteurs pour construire des détecteurs très efficaces de photons individuels.

Les recherches de Michael Reimer à l'IQC mettent l'accent sur la mise au point d'appareils de photonique quantique et l'élaboration de méthodes optiques nécessaires pour faire avancer la science et la technologie de l'information quantique et tester des questions fondamentales en photonique quantique.

### EDUARDO MARTÍN-MARTÍNEZ

Récipiendaire du prix John-Charles-Polanyi de physique 2014, **EDUARDO MARTÍN-MARTÍNEZ** s'est joint à l'IQC en octobre 2014 à titre de professeur-chercheur adjoint. Il a obtenu un doctorat en physique théorique à l'Université Complutense de Madrid, en Espagne. Il a été postdoctorant à l'IQC et à l'Institut Périmètre de physique théorique.

Ses travaux en information quantique relativiste, domaine de recherche nouveau et de plus en plus actif, se situent à la jonction de la relativité générale et de la théorie de l'information quantique. M. Martín-Martínez utilise des méthodes relativistes dans la recherche sur l'information quantique et fait appel à des théories quantiques pour étudier la relativité et la structure de l'espace-temps.

## [ 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 sept départements suivants dans trois 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**

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

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

**Adrian Lupascu**
**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**
*Cofondateur*
**Combinatoire et optimisation**
Membre de l'IQC depuis **2002**

**Ashwin Nayak**
*Directeur du programme d'études supérieures en informatique quantique*
**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**

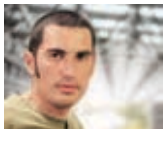
**John Watrous**
**École d'informatique**
Membre de l'IQC depuis **2006**

**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**

DE L'INFINIMENT GRAND AUX PLUS PETITS QUANTUMS DE PARTICULES, LES MATHÉMATIQUES DÉCRIVENT LE MONDE QUI NOUS ENTOURE ET NOUS AIDENT À LE COMPRENDRE. FASCINÉ PAR LE DÉFI QUE REPRÉSENTE L'ÉTUDE DES MATHÉMATIQUES DE L'INFORMATION QUANTIQUE, LE PROFESSEUR **JOHN WATROUS** S'INTÉRESSE À LA THÉORIE DE L'INFORMATION QUANTIQUE, À LA THÉORIE DE LA COMPLEXITÉ QUANTIQUE AINSI QU'AUX ALGORITHMES QUANTIQUES.

# MATHÉMATIQUES
## DE L'INFORMATION QUANTIQUE

C'est la découverte réalisée par Peter Shor en 1994 – l'algorithme quantique de factorisation – qui a d'abord attiré M. Watrous vers la théorie de l'information quantique. À l'époque, il étudiait la théorie des nombres en informatique classique, mais il a été si fasciné par l'algorithme de Shor qu'il s'intéresse depuis lors à la théorie de l'information quantique.

Dans de récents travaux avec l'ancien professeur-chercheur adjoint **MARCO PIANI** (maintenant chargé de cours à l'Université de Strathclyde), M. Watrous a analysé l'effet d'orientation quantique – propriété de la mécanique quantique liée à l'intrication et selon laquelle une mesure effectuée sur une particule peut affecter une autre particule à distance. Considérant un processus physique théorique tel que l'envoi d'un message entre deux parties, l'exécution d'un calcul quantique ou la mesure d'un système, MM. Watrous et Piani ont découvert que l'effet d'orientation procure un avantage pour savoir ce qui se passe dans ce genre de processus. Ils ont élaboré une méthode mathématique permettant de quantifier avec précision l'effet d'orientation et de le relier à la discrimination de processus physiques.

## [ LIENS INATTENDUS ]

Ces résultats pourraient être utiles dans des domaines comme la métrologie quantique et la cryptographie quantique, où l'on crée des clés secrètes entre deux parties afin qu'elles puissent envoyer des messages confidentiels. Cependant, John Watrous souligne que l'on ne sait pas bien où il pourrait y avoir d'autres applications potentielles. On constate souvent que les questions fondamentales en théorie de l'information quantique sous-tendent des liens entre divers domaines de recherche. Lorsque des idées élaborées pour résoudre un problème donné sont appliquées à un autre problème, il se crée des liens inattendus dont les résultats peuvent être étonnamment utiles dans d'autres domaines.

## [ PROGRÈS DE LA RECHERCHE DANS LE DOMAINE QUANTIQUE ]

Peu après la présentation de l'algorithme de Shor, on prédisait qu'il faudrait plusieurs décennies pour mettre au point le premier ordinateur quantique. Plus de 20 ans plus tard, les chercheurs s'efforcent toujours de réaliser un ordinateur quantique pratique, mais ils font des progrès constants. La grande puissance de l'informatique quantique par rapport à l'informatique classique est prouvée dans bien des cas, mais de nombreuses questions théoriques demeurent encore sans réponse. John Watrous espère continuer de contribuer aux progrès dans ce domaine. C'est pourquoi il a mis en chantier un ouvrage sur la théorie de l'information quantique. Issu de notes élaborées pour un cours que M. Watrous a donné sur ce sujet, l'ouvrage en est à l'étape de révision d'une première ébauche, en vue d'une publication à venir.

WEB

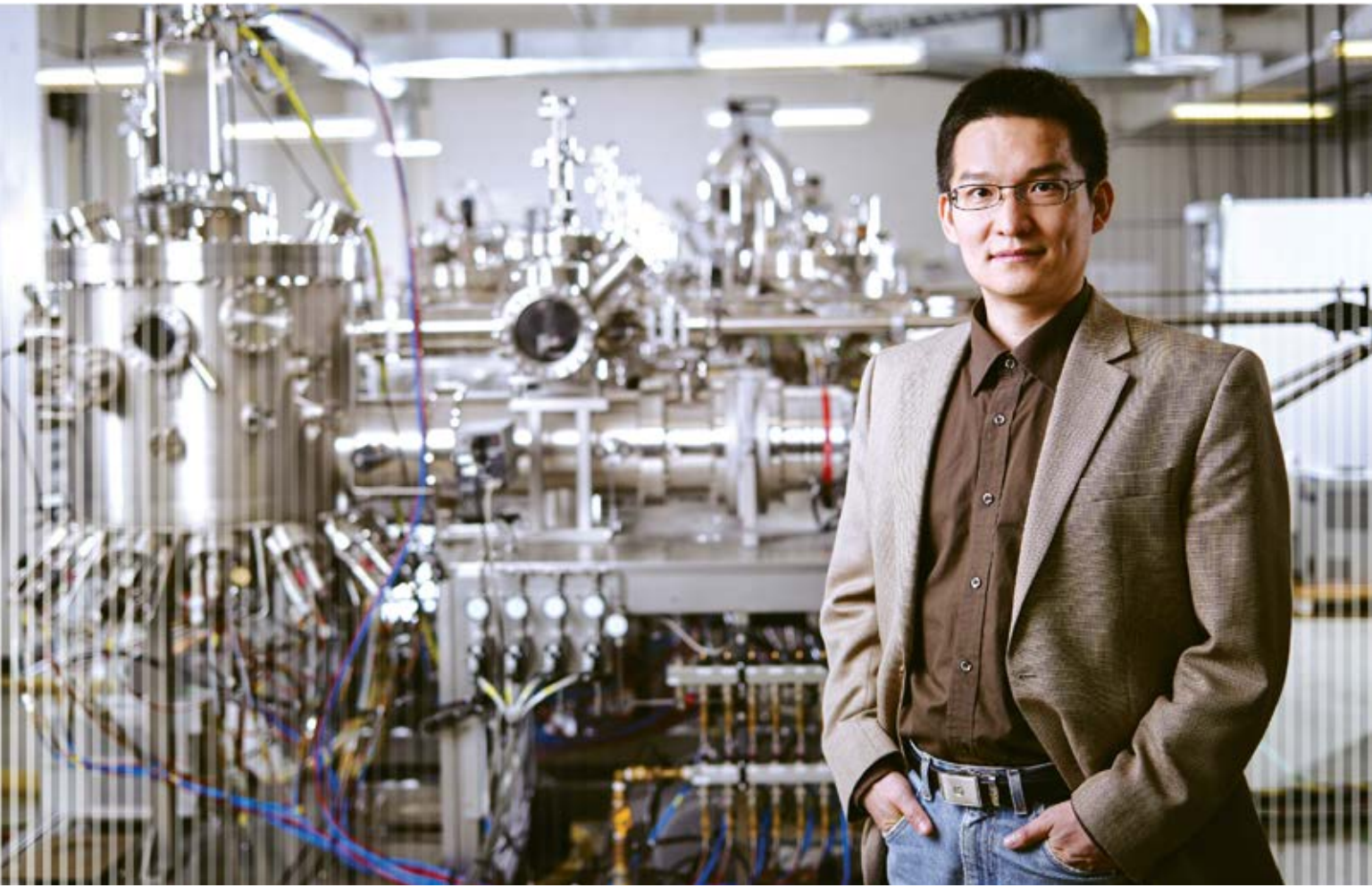
*Necessary and Sufficient Quantum Information Characterization of Einstein-Podolsky-Rosen Steering:*
**http://bit.ly/quantum-steering**

## JOUER À UN JEU QUANTIQUE

Dans ses moments libres, le doctorant **DANIEL PUZZUOLI** aime faire de l'escalade. Pour trouver la manière la plus efficace d'arriver au sommet, en faisant appel aux bonnes positions et aux bons mouvements, il doit résoudre des problèmes sur-le-champ – un peu comme dans ses recherches sur la méthode tout ou rien de résolution de problèmes.

Ses travaux les plus récents portent sur un problème de jeu de discrimination. Dans ce jeu théorique, deux processus quantiques connus peuvent se dérouler, mais on ne sait pas lequel survient effectivement. M. Puzzuoli explique que le jeu consiste à déterminer quel processus survient, sachant qu'il ne se déroule qu'une seule fois pour un intrant choisi. Comme le processus en est un de mécanique quantique, l'utilisation d'un intrant intriqué avec un autre système peut procurer un avantage au joueur. Dans ses recherches, Daniel Puzzuoli vise à trouver des paires de processus pour lesquelles la performance optimale dans le jeu est limitée par le degré possible d'intrication d'un système donné avec plusieurs autres systèmes.

Même s'il se concentre surtout sur les mathématiques de l'information quantique, M. Puzzuoli apprécie la possibilité de s'instruire sur d'autres sous-domaines de l'informatique quantique. Il échange des idées avec son directeur de thèse **JOHN WATROUS** et estime que l'environnement de collaboration de l'IQC est utile. Il assiste souvent à des exposés en dehors de son domaine. « On ne sait jamais quand pourrait surgir une idée ayant un lien avec ce sur quoi l'on travaille. » [traduction]



ON PRÉVOIT QUE L'ÉLECTRONIQUE CLASSIQUE ATTEINDRA SES LIMITES D'ICI UNE VINGTAINE D'ANNÉES. LA PUISSANCE DE TRAITEMENT DES ORDINATEURS ET LE NOMBRE DE TRANSISTORS PAR PUCE ÉLECTRONIQUE CONTINUE D'AUGMENTER SELON LA LOI DE MOORE. D'ICI RELATIVEMENT PEU DE TEMPS, LES TRANSISTORS AURONT ATTEINT LA TAILLE DE QUELQUES ATOMES, ET L'INFORMATIQUE TRADITIONNELLE POURRA BEAUCOUP PLUS DIFFICILEMENT CONTINUER DE PROGRESSER. QU'Y AURA-T-IL DONC ENSUITE? **GUO XING MIAO**, PROFESSEUR À L'IQC, EST À LA RECHERCHE D'UNE RÉPONSE.

# CRÉATION DE MATÉRIAUX QUANTIQUES

Ses recherches visent à mettre au point des matériaux utiles pour le traitement de l'information quantique, par exemple un isolant topologique capable de contenir des fermions de Majorana protégés par la structure topologique. La surface de ce matériau est polarisée et conductrice, alors que l'intérieur est isolant, ce qui crée un milieu insensible aux défaillances presque sans décohérence. Cette stabilité est avantageuse pour le traitement quantique topologique de l'information et peut contribuer à la mise au point d'un milieu semi-conducteur robuste pour l'exécution d'algorithmes quantiques – partie importante de la construction d'un ordinateur quantique.

## [ UNE COUCHE À LA FOIS ]

La fabrication de matériaux exige beaucoup de minutie et de technique. L'environnement de calcul quantique topologique sur lequel M. Miao travaille dans son laboratoire requiert l'intégration de 3 couches distinctes, dont chacune est créée séparément. L'une de ces couches est constituée de l'isolant magnétique responsable de la sélectivité des spins.

Les isolants magnétiques ont deux propriétés intéressantes. Premièrement, ils peuvent permettre le passage sélectif d'un courant constitué d'électrons d'un seul type de spin – c'est ce que l'on appelle l'*effet de filtrage de spin*. La seconde propriété – la capacité de produire un champ magnétique très intense – se manifeste lorsqu'un isolant magnétique est mis en interface avec un système électronique de petites dimensions. Le champ magnétique peut alors atteindre une intensité de dizaines de teslas, ce qui équivaut aux champs magnétiques artificiels continus les plus puissants.

Récemment, M. Miao et ses collaborateurs de l'Institut coréen des sciences et de la technologie (KIST), de l'Université Northeastern et de l'Institut de technologie du Massachusetts (MIT) ont fait la démonstration d'un champ magnétique effectif puissant induit par un isolant magnétique et en ont fait la détection expérimentale.

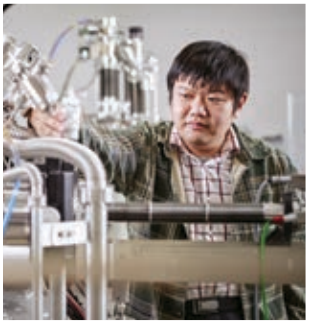
Ces résultats pourraient avoir des applications pratiques pour la régulation active des flux de spin dans des appareils électroniques – *électronique de spin* ou *spintronique* –, ce qui est utile pour le traitement classique aussi bien que quantique de l'information. La capacité prouvée de produire localement un fort champ magnétique effectif pourrait en outre être utile pour la conception pratique d'appareils, en remplaçant les gros aimants supraconducteurs généralement utilisés en laboratoire. « Malgré son intensité, dit M. Miao, ce champ magnétique est facile à manipuler. C'est un peu comme d'écrire un bit de données sur un disque rigide. » [traduction] Une couche nanométrique de matériau déposée sur un circuit peut créer un champ magnétique local autour d'une région précise, ce qui pourrait également être utile pour la fabrication d'un isolant topologique.

## [ CONSTRUCTION D'UN ORDINATEUR QUANTIQUE ]

Le but ultime est la construction d'un ordinateur quantique réel, tangible et à échelle variable – la prochaine génération de processeurs, une fois que la loi de Moore aura atteint sa limite. « Ce n'est qu'une étape en vue de la construction d'un ordinateur quantique topologique, dit M. Miao. Il faut aussi mettre au point d'autres matériaux. C'est la mission dans laquelle nous nous sommes engagés. »

WEB

*Spin regulation in composite spin-filter barrier devices:*
**http://bit.ly/spintronics**



## PERSPECTIVES D'AVENIR

Le postdoctorant **HUI ZHANG** étudie la physique et la chimie depuis le début du secondaire. Après avoir obtenu une maîtrise, puis un doctorat en physique de la matière condensée à l'Université de sciences et technologie de Chine, M. Zhang est venu au Canada pour faire des recherches postdoctorales à l'IQC sur les matériaux quantiques et l'information quantique. C'était son premier voyage au Canada. Passionné d'astronomie, il a été impressionné par le ciel nocturne au Canada, où l'on peut voir clairement les constellations.

M. Zhang travaille en collaboration avec le professeur **GUO-XING MIAO** à la mise au point de matériaux isolants topologiques pour le traitement d'information quantique. Il travaille sur une pellicule multicouche comportant un supraconducteur en diborure de magnésium, un isolant magnétique en chalcogénure d'une terre rare, ainsi qu'un isolant topologique fait de bismuth, d'antimoine et de tellurium. Ensemble, ces couches forment une structure hétéroépitaxiale qui servira à la construction d'un nouveau dispositif semiconducteur nanométrique quantique muni de jonctions triples, fabriqué dans la salle blanche du Centre Quantum-Nano Mike-et-Ophelia-Lazaridis. « Ce dispositif, explique M. Zhang, pourrait produire des fermions de Majorana, utiles pour le traitement quantique topologique de l'information, à l'interface d'un isolant topologique et d'un semiconducteur. Cela pourrait être considéré comme un milieu semi-conducteur robuste pour un traitement de l'information quantique sans décohérence et l'exécution de nouveaux algorithmes quantiques. » [traduction]

M. Zhang compte poursuivre ses recherches en physique de la matière condensée et sur les matériaux quantiques, et espère trouver d'autres applications de matériaux quantiques en informatique quantique. Il fait remarquer que les sulfures de métaux de transition sont d'autres matériaux qui ont un potentiel intéressant dans ce domaine. « C'est quelque chose que j'aimerais explorer plus à fond » [traduction], ajoute-t-il.

# DE LA SCIENCE FONDAMENTALE AUX APPLICATIONS

LA PHYSIQUE THÉORIQUE, LA RELATIVITÉ ET LA THÉORIE DE L'INFORMATION QUANTIQUE SEMBLAIENT CAPTIVANTES, ET MÊME MAGIQUES, POUR **EDUARDO MARTÍN-MARTÍNEZ** LORSQU'IL ÉTAIT ENFANT. DOTÉ D'UNE CURIOSITÉ INNÉE, IL ÉTAIT FASCINÉ PAR L'INCONNU.

Maintenant chercheur à l'IQC, M. Martín-Martínez s'intéresse à un secteur relativement nouveau de l'informatique quantique, qui étudie des questions fondamentales à propos de notre univers : l'informatique quantique relativiste (IQR). L'IQR est l'union de deux domaines : la théorie de la relativité, qui prédit que les mêmes lois de la lumière et de la gravité s'appliquent partout, et la théorie de l'information quantique, qui examine les flux d'information et s'efforce d'exploiter la physique quantique pour mettre au point des technologies de traitement de l'information. L'IQR fait appel aux connaissances et aux méthodes de l'informatique quantique pour étudier la gravité et la structure de l'espace-temps.

## [ APPEL QUANTIQUE À FRAIS VIRÉS ]

Dans un article récent, Eduardo Martín-Martínez, **ACHIM KEMPF** – professeur associé à l'IQC – et **ROBERT JONSSON** – doctorant au Département de mathématiques appliquées de l'Université de Waterloo – écrivent qu'ils ont découvert une voie de communication possible qui n'exige pas de transmission d'énergie entre l'émetteur et le récepteur, mais seulement une dépense d'énergie de la part du récepteur pour le fonctionnement de son mécanisme de détection, un peu comme dans le cas d'un appel à frais virés.

L'équipe de chercheurs a démontré que, longtemps après le passage d'un certain type de signal, par exemple un rayon lumineux, il reste de l'information sous forme d'une lueur – comme un écho. Cet écho peut être exploité, permettant la transmission d'information sans le support d'un flux d'énergie. Comme c'est le récepteur qui dépense l'énergie nécessaire pour lire l'information transportée par l'écho, ce type de communication sans échange d'énergie peut être qualifié d'« appel quantique à frais virés ». Ce nouveau type de voie de communication permet à l'émetteur de transmettre de l'information sans échange d'énergie, sans que le récepteur soit présent et sans dépense supplémentaire d'énergie pour diffuser l'information à de nombreux récepteurs.

WEB

*Information Without Energy Exchange:*
**http://bit.ly/info-transmission-wout-energy**

*Violation of the Strong Huygen's Principle and Timelike Signals from the Early Universe:*
**http://bit.ly/timelike-signals-early-universe**

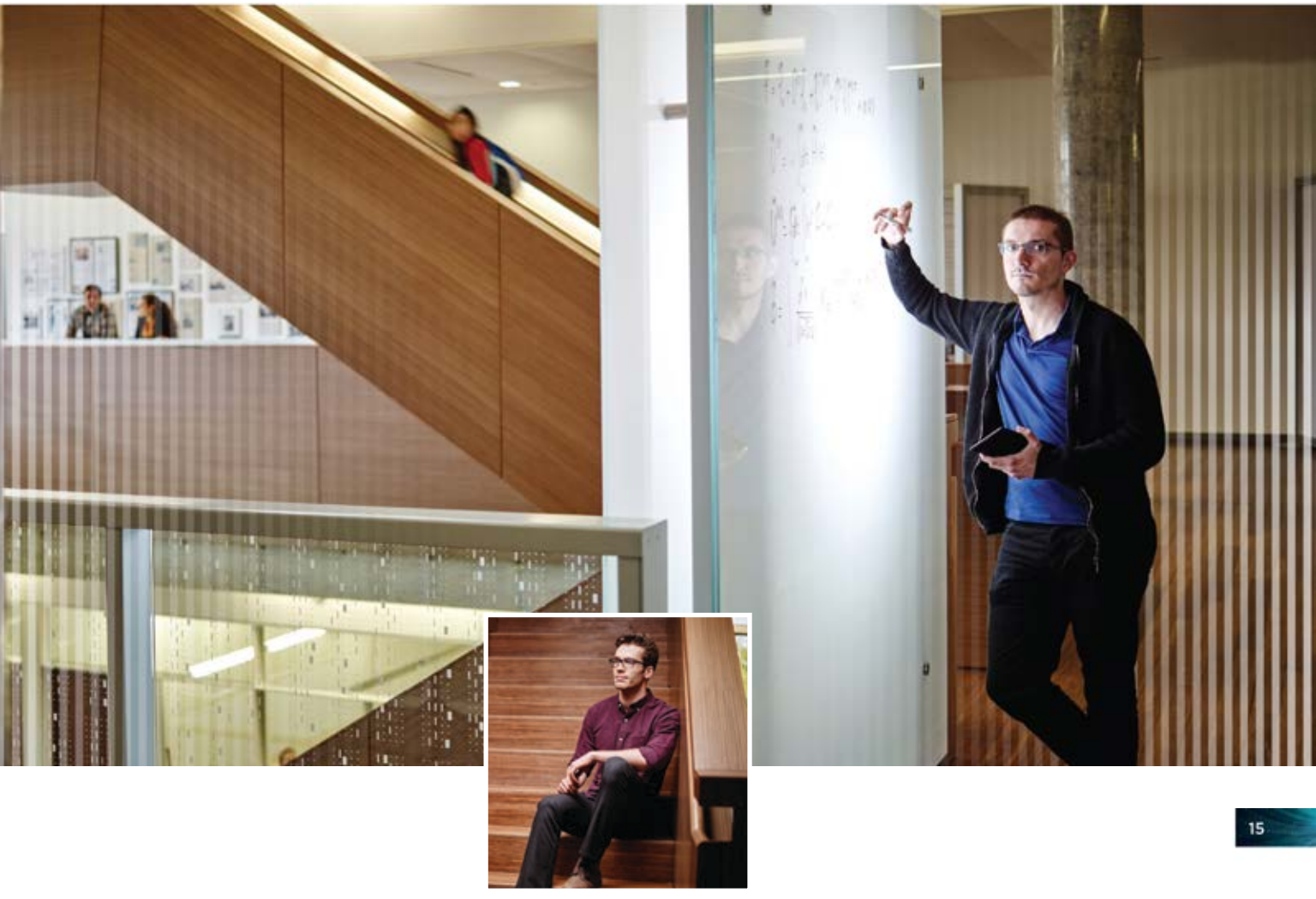
## [ UN APERÇU DE L'UNIVERS NAISSANT ]

À partir de ces résultats, M. Martín-Martínez et un groupe de chercheurs d'Espagne et des Pays-Bas ont étudié cette nouvelle voie de communication pour voir si elle permettrait d'accéder à de l'information auparavant inaccessible sur l'univers naissant. Dans cette démonstration de principe, les chercheurs ont prouvé que l'information transmise par ces échos résiste mieux que la lumière, ne montrant des signes de dégradation qu'avec le temps, et non avec la distance séparant l'émetteur dans le passé et le récepteur actuel. Des échos voyageant depuis le tout début de l'univers pourraient jeter un certain éclairage sur cet événement et fournir des éléments utiles aux cosmologistes.

M. Martín-Martínez fait remarquer que ces résultats sont fondamentaux. Les lois de la physique montrent que la chose est possible et comment, en principe, cette information sur l'univers naissant peut être récupérée. La mise au point d'une expérience pour explorer cela plus à fond, et notamment construire des récepteurs capables de détecter ces échos, constitue le prochain défi en même temps qu'une occasion de collaboration avec des expérimentateurs.

## [ UN DOMAINE DE RECHERCHE FASCINANT ]

M. Martín-Martínez est l'auteur de l'une des toutes premières thèses sur l'IQR et a vu le nombre de chercheurs dans ce domaine augmenter de manière exponentielle depuis une décennie. Ce qui est intéressant d'après lui, c'est que les résultats de recherches fondamentales ont souvent des applications directes et concrètes en technologie et en traitement de l'information quantique. « Cette portée étendue, dit-il, est l'aspect le plus passionnant de l'IQR. C'est un domaine fascinant, promis à de nombreuses découvertes. » [traduction]





## CONTRÔLE QUANTIQUE

**DAVID LAYDEN** a découvert l'IQC à titre d'étudiant du programme coopératif, travaillant comme stagiaire en laboratoire avec le professeur **ADRIAN LUPASCU** sur la caractérisation de la décohérence dans des qubits supraconducteurs. Maintenant étudiant à la maîtrise en mathématiques appliquées (information quantique), M. Layden travaille surtout sur des concepts théoriques en informatique quantique, mais il garde à l'esprit l'idée de mettre en œuvre ses recherches dans un laboratoire.

L'effet Zénon quantique est une notion que M. Layden a abordée avec son maître de stage, **ACHIM KEMPF**, membre associé de l'IQC et professeur au Département de mathématiques de l'Université de Waterloo, ainsi qu'avec **EDUARDO MARTÍN-MARTÍNEZ**, professeur-chercheur adjoint à l'IQC. La conservation de l'information quantique est fondamentale pour la réalisation d'un ordinateur quantique. Or la décohérence nuit à cette conservation. Elle entraîne la détérioration de l'information quantique avant même qu'elle soit utile pour une tâche quelconque de calcul ou de traitement. Par contre, l'effet Zénon quantique survient lorsque des mesures fréquentes et parfaites d'un système empêchent effectivement celui-ci d'évoluer, et en particulier de perdre sa cohérence. Une manière de conserver parfaitement un système et d'empêcher la décohérence consisterait à mesurer ce système à une fréquence infinie – ce qui est toutefois irréalisable en pratique.

MM. Layden, Kempf et Martín-Martínez ont trouvé un moyen d'obtenir le même effet, mais dans un contexte plus réaliste, à l'aide de mesures imparfaites effectuées à une fréquence finie. Cela pourrait conduire à des applications pratiques en informatique quantique, où le combat contre la décohérence des systèmes quantiques demeure l'un des principaux défis.

M. Layden se concentre maintenant sur le contrôle quantique, qui consiste à forcer un système quantique à évoluer d'une manière souhaitée. Cela constitue un défi puisque la plupart des systèmes réels sont complexes et comportent du bruit. « Je prévois poursuivre des recherches dans ce domaine, dit M. Layden. La science et la technologie de l'information quantique forment un domaine de recherche passionnant et exigeant, qui évolue rapidement. » [traduction]

PROPRE À L'UNIVERSITÉ DE WATERLOO, LE PROGRAMME D'ÉTUDES SUPÉRIEURES EN INFORMATIQUE QUANTIQUE REFLÈTE LA RECHERCHE ET LA COLLABORATION INTERDISCIPLINAIRES ENTRE INFORMATICIENS, INGÉNIEURS, CHIMISTES, MATHÉMATICIENS ET PHYSICIENS DE PREMIER PLAN À L'IQC.

ATTIRER LES MEILLEURS AU MONDE

# PRÉPARER LES MENEURS DE LA PROCHAINE RÉVOLUTION QUANTIQUE

Les étudiants inscrits à ce programme explorent les aspects théoriques et expérimentaux de l'informatique quantique, grâce à une vaste gamme de cours avancés et de projets de recherche. Les chercheurs de trois facultés – génie, mathématiques et sciences – unissent leurs efforts pour fournir les ressources et la formation voulues en vue de préparer les futurs chefs de file dans le domaine de l'information quantique.

Je constate avec satisfaction les résultats de ce programme en 2014-2015. Le programme d'études supérieures a continué de croître et d'attirer des étudiants exceptionnels. Le nombre de candidatures a augmenté de 9,6 %, et le nombre d'étudiants de 13,5 %. Environ un tiers des étudiants admissibles avaient une bourse du CRSNG. Trois étudiants ont reçu des bourses d'excellence de l'IQC pour leur contribution à la recherche en informatique quantique. Nous avons poursuivi les échanges internationaux d'étudiants avec des universités européennes et asiatiques de fort calibre, et nous avons obtenu une importante subvention, d'une durée de trois ans, pour financer des échanges avec le Centre de technologies quantiques de l'Université nationale de Singapour. Nos diplômés de maîtrise et de doctorat ont été recrutés par des institutions universitaires et des entreprises privées de premier plan.

Je suis fier de nos étudiants et de ce qu'ils ont accompli en informatique quantique. Ils sont bien placés pour repousser les limites de ce domaine, mettre au point des technologies quantiques concrètes et contribuer à des progrès fondamentaux qui bénéficieront à notre société.

Ce fut un honneur de coordonner le programme d'études supérieures au cours des deux dernières années. Arrivé à la fin de mon mandat, je souhaite bon succès à mon successeur, le professeur **JOHN WATROUS**. Nul ne doute qu'il fera avancer le programme sur la voie de l'excellence.

**Ashwin Nayak**

*Directeur du programme d'études supérieures en informatique quantique de 2013 à 2015*

## 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 en informatique quantique, grâce à une vaste gamme de projets de recherche et cours avancés sur les fondements, les applications et la mise en œuvre du traitement de l'information quantique.

### AUTOMNE 2014

**QIC 710**
Traitement de l'information quantique

**QIC 890**
Mises en œuvre fondées sur les spins

**QIC 890**
Mesure de Haar en théorie de l'information quantique

**QIC 890**
Optique quantique moderne et nanophotonique

**QIC 891**
Cryptographie à l'épreuve des attaques quantiques

### HIVER 2015

**QIC 750**
Mises en œuvre du traitement de l'information quantique

**QIC 885**
Électronique et photonique quantiques

**QIC 890**
Mises en œuvre de la communication quantique

**QIC 845**
Systèmes quantiques ouverts

**QIC 823**
Algorithmes quantiques

### PRINTEMPS 2015

**PHYS 777**
Conférences Sir-Anthony-Leggett : La théorie de la matière condensée du point de vue de l'information quantique

**QIC 890/891**
Sujets avancés choisis en informatique quantique

**QIC 891**
Cryptographie à l'épreuve des attaques quantiques

**QIC 895**
Théorie de l'optique quantique

## ASSOCIATION DES ÉTUDIANTS DIPLÔMÉS DE L'IQC

CE FUT UNE ANNÉE CHARGÉE POUR L'ASSOCIATION DES ÉTUDIANTS DIPLÔMÉS DE L'IQC. ELLE A COMMENCÉ PAR LA PROJECTION DU FILM OSCARISÉ *GRAVITY* (GRAVITÉ), EN PRÉSENCE DE **STEVE MACLEAN**, ANCIEN ASTRONAUTE, PRÉSIDENT DE L'AGENCE SPATIALE CANADIENNE ET MEMBRE ASSOCIÉ DE L'IQC. EN PLUS D'ACTIVITÉS SOCIALES, COMME UN JEU DE POURSUITE LASER, UN VOYAGE AU PARC D'ATTRACTIONS *CANADA'S WONDERLAND*, DES PARTIES DE PAINTBALL ET DE QUILLES, DES SOIRÉES DE JEUX DE SOCIÉTÉ, UN REPAS-PARTAGE INTERNATIONAL ET UN REPAS DE CHILI POUR TOUT L'INSTITUT, L'ASSOCIATION A ÉGALEMENT ORGANISÉ POUR SES MEMBRES UNE SÉRIE DE CONFÉRENCES DONNÉES PAR DES REPRÉSENTANTS DE L'INDUSTRIE QUANTIQUE. **JONATHAN HODGES**, **PHIL KAYE** ET **NATHAN WIEBE**, ANCIENS DE L'IQC, SONT REVENUS FAIRE PART DE LEUR EXPÉRIENCE EN RECHERCHE, ENCOURAGER LES ÉTUDIANTS À EXPLORER LES POSSIBILITÉS QUI S'OFFRENT À EUX, AUSSI BIEN DANS L'INDUSTRIE QUE DANS LE MILIEU UNIVERSITAIRE.

## [ DIPLÔMÉS ]

### FÉLICITATIONS À NOS DIPLÔMÉS DE 2014

**Megan Agnew**
M.Sc. en physique (information quantique)

**Shima Bab Hadiashar**
M.Math. en combinatoire et optimisation (information quantique)

**Jason Boisselle**
M.Math. en mathématiques appliquées (information quantique)

**Steven Casagrande**
M.Sc. en physique

**Grant Cleary**
M.Sc. en physique

**Ben Criger**
Ph.D. en physique

**Aimee Gunther**
M.Sc. en physique (information quantique)

**Deny Hamel**
Ph.D. en physique

**Amir Jafari Salim**
Ph.D. en génie électrique et informatique (information quantique)

**Stacey Jeffery**
Ph.D. en informatique

**Robin Kothari**
Ph.D. en informatique

**Stéphane Labruyère**
M.Sc. en génie électrique et informatique (information quantique)

**Om Patange**
M.Sc. en physique

**Ansis Rosmanis**
Ph.D. en informatique

**William Stacey**
M.Sc. en physique (information quantique)

**Lydia Vermeyden**
M.Sc. en physique (information quantique)

**Srinivasan Arunachalam**
M.Math. en combinatoire et optimisation (information quantique)

**Vadym Kliuchnikov**
Ph.D. en informatique (information quantique)

**Adam Paetznick**
Ph.D. en informatique (information quantique)

**Daniel Puzzuoli**
M.Math. en mathématiques appliquées (information quantique)

**Kyle Willick**
M.Sc. en physique (information quantique)

**Amin Eftekharian**
Ph.D. en génie électrique et informatique

**Milad Khoshnegar**
Ph.D. en génie électrique et informatique

## [ ÉTUDIANTS À LA MAÎTRISE OU AU DOCTORAT ] EN 2014-2015

Sascha Agne
Megan Agnew
Rubayet Al Maruf
Thomas Alexander
Omar Alshehri
Vadiraj Ananthapadmanabha Rao
Elena Anisimova
Razieh Annabestani
Juan Miguel Arrazola
Srinivasan Arunachalam
Shima Bab Hadiashar
Golam Bappi
Marie Barnhill
Ryan Barrage
Jeremy Bejanin
Marian Berek
Jason Boisselle
Arnaud Carignan-Dugas
Steven Casagrande
Poompong Chaiwongkhot
Chung Wai Sandbo Chang
Paulina Corona Ugalde
Alessandro Cosentino
Hillary Dawkins
Chunqing Deng
Rahul Deshpande
Olivia Di Matteo
John Donohue
Carolyn Earnest
Kent Fisher
Jeremy Flannery
Honghao Fu
Zhiwei Gao
Naimeh Ghafarian
Kaveh Gharavi
Mirmojtaba Gharibi
Nicolas Gonzalez
Christopher Granade
Matthew Graydon
Peter Groszkowski
Aimee Gunther
Vibhu Gupta
Holger Haas
Minyang Han
Fatin Haque
Ian Hincks
Catherine Holloway
Gregory Holloway
Darryl Hoving
Anqi Huang
Vinay Iyer
Amir Jafari Salim
Stacey Jeffery
Yuantao Ji
Tomas Jochym-O'Connor
Oleg Kabernik
Sarah Kaiser
Shitikanth Kashyap
Hemant Katiyar
Sumeet Khatri
Maria Kieferova
Feyruz Kitapli
Vadym Kliuchnikov
Robin Kothari
Anirudh Krishna
Meenu Kumari
Stéphane Labruyère
David Layden
Han Le
Lin Li
Madelaine Liddy
Piers Lillystone
Kevin Liu
Li Liu
David Lou
David Luong
Xian Ma
Jean-Philippe MacLean
Michael Mazurek
Thomas McConkey
Corey Rae McRae
Evan Meyer-Scott
Maryam Mirkamali
Hamidreza Nafissi
Takafumi Nakano
Tyler Nighswander
Mohamad Niknam
Matthew Novenstern
Joachim Nsofini
Jean-Luc Orgiazzi
Martin Otto
Alex Parent
Kyungdeock Park
Jihyun Park
Christopher Pugh
Daniel Puzzuoli
Hammam Qassim
Sadegh Raeisi
John Rinehart
Nayeli Azucena Rodriguez Briones
Ansis Rosmanis
Vincent Russo
Shihan Sajeed
Jeff Salvail
Yuval Sanders
Dusan Sarenac
John Schanck
Behrooz Semnani
Ala Shayeghi
Feiruo Shen
Sumit Sijher
William Stacey
Nigar Sultana
Yongchao Tang
Alexander Valtchev
Guillaume Verdon-Akzam
Lydia Vermeyden
Sean Walker
Zimeng Wang
Chunhao Wang
Zak Webb
Kyle Willick
Christopher Wood
Yihang Yang
Joshua Young
Muhammet Yurtalan



## [ POSTDOCTORANTS ] AU 31 MARS 2015

Jean-François Biasse
Troy Borneman
Jean-Philippe Bourgoin
Aharon Brodutch
Patrick Coles
Joshua Combes
Electra Eleftheriadou
Guanru Feng
Pol Forn-Diaz
Denis Gagnon
Vlad Gheorghiu
Patryk Gumann
Gus Gutoski
Christopher Haapamaki
Christopher Herdman
Brendon Higgins
Rolf Horn
Mark Howard
Zhengfeng Ji
Jeongwan Jin
Nathaniel Johnston
Kassem Kalach
Milad Khoshnegar
Sangil Kwon
Ying Liu
Chang Liu
Dawei Lu
Filippo Miatto
Taisiya Mineeva
Osama Moussa
Ryo Namiki
George Nichols
Robabeh Rahimi Darabad
Daryoush Shiri
Fang Song
Rainer Stohr
Toeno van der Sar
Joel Wallman
Guoming Wang
Huan Yang
Taehyun Yoon
Nengkun Yu
Yanbao Zhang
Hui Zhang

# ANCIENS DE L'IQC

## ANNE BROADBENT

### POSTDOCTORANTE, 2013

Les progrès technologiques exigeront partout une meilleure compréhension théorique de l'information quantique, selon **ANNE BROADBENT**, professeure adjointe et titulaire de la chaire de recherche de l'Université d'Ottawa en traitement de l'information quantique. Mme Broadbent a été postdoctorante à l'IQC jusqu'en 2013. Elle avait une bourse postdoctorale du CRSNG, de même qu'une bourse mondiale de l'ICRA. Elle travaille surtout sur la cryptographie quantique et cherche à mettre au point des méthodes de délégation de calculs quantiques privés et des programmes quantiques à exécution unique.

Mme Broadbent est heureuse d'avoir été exposée à une vaste gamme de sujets de recherche et d'avoir acquis l'expérience de la formation d'étudiants pendant son séjour à l'IQC. Maintenant à la tête de son propre groupe de recherche à l'Université d'Ottawa, Mme Broadbent continue de repousser les limites de nos connaissances sur les avantages que procure l'information quantique dans tous les aspects de la cryptographie. Elle a aussi fait progresser les techniques de sous-traitance de calculs quantiques en ce qui concerne le chiffrement homomorphe quantique et la vérification de calculs quantiques effectués à distance.

## NATHAN WIEBE

### POSTDOCTORANT, 2013

**NATHAN WIEBE**, actuellement chercheur associé au sein du groupe d'architecture et de calcul quantiques de Microsoft Research, a terminé son stage postdoctoral à l'IQC en 2013. Depuis lors, il a poursuivi ses recherches sur les algorithmes de simulation quantique et les fondements de la thermodynamique quantique, et s'est aventuré dans les domaines des algorithmes d'apprentissage machine ainsi que de la synthèse de circuits quantiques.

M. Wiebe affirme que le temps qu'il a passé à l'IQC lui a permis d'établir des liens avec des chercheurs de renommée mondiale qui l'ont exposé à de nouvelles idées, ce qui a contribué à son choix d'une carrière en recherche industrielle. L'Association des étudiants diplômés de l'IQC a invité Nathan Wiebe à revenir à l'IQC en octobre pour faire part aux étudiants diplômés actuels de son expérience en recherche industrielle, dans le cadre de la série de conférences données par des représentants de l'industrie quantique. M. Wiebe prédit que le milieu et la portée de la recherche en informatique quantique continuera d'évoluer, à mesure que davantage de partenaires industriels investiront dans ce domaine.

## URBASI SINHA

### POSTDOCTORANTE, 2012

**URBASI SINHA**, ancienne postdoctorante à l'IQC, travaille principalement sur les outils optiques quantiques utilisés pour des tests fondamentaux de mécanique quantique. Pendant son séjour à l'IQC, Mme Sinha a élaboré une approche holistique de ses recherches qu'elle trouve utile dans ses fonctions actuelles de professeure adjointe à l'Institut de recherches Raman, en Inde. « À l'IQC, dit-elle, j'ai appris à accepter aussi bien les échecs que les succès, et à poursuivre mes travaux avec enthousiasme, que les résultats soient petits ou grands. » [traduction].

Un aspect important de ses recherches actuelles consiste à obtenir et à utiliser des photons individuels et des photons intriqués, produits par abaissement paramétré de fréquence, pour des expériences sur l'information et le calcul quantiques. L'un de ses projets expérimentaux porte sur l'utilisation de multiples fentes comme qudits (états quantiques à *d* dimensions) et sur l'étude des corrélations quantiques à plusieurs dimensions à partir de phénomènes fondés sur l'intrication.

Mme Sinha s'attend à voir des progrès exceptionnels dans les expériences, les théories et les simulations en informatique quantique au cours des 5 à 10 prochaines années. Elle prédit que les chercheurs sur les qubits à l'état solide feront des avancées dans la correction d'erreurs, et que de nouveaux types de qubits feront leur apparition en nombre croissant dans le traitement de l'information quantique et nous rapprocheront de la réalisation d'un ordinateur quantique.

# PRIX ET DISTINCTIONS

DU 1er AVRIL 2014 AU 31 MARS 2015

## DISTINCTIONS ET SUBVENTIONS OBTENUES PAR DES PROFESSEURS

**MATTEO MARIANTONI**
Bourse de nouveau chercheur
(avril 2014)

**EDUARDO MARTÍN-MARTÍNEZ**
Prix John-Charles-Polanyi
(novembre 2014)

**ASHWIN NAYAK**
Bourse du jubilé de diamant de la reine Elizabeth II
(mars 2015)

**JOHN WATROUS**
Supplément d'accélération à la découverte du CRSNG
(juillet 2014)

**CHRISTOPHER WILSON**
Bourse de nouveau chercheur
(avril 2014)

## BOURSES ET DISTINCTIONS À DES ÉTUDIANTS

### OBTENUES PAR DES ÉTUDIANTS À LA MAÎTRISE ET AU DOCTORAT AU COURS DE L'EXERCICE 2014-2015

**BOURSE D'ÉTUDES SUPÉRIEURES DAVID-R.-CHERITON**

Juan Miguel Arrazola

**BOURSE D'EXCELLENCE DE L'IQC**

Vadiraj Ananthapadmanabha Rao
Juan Miguel Arrazola
John Donohue
Tomas Jochym-O'Connor
Robin Kothari

**BOURSE DAVID-JOHNSTON DE L'IQC POUR LE RAYONNEMENT SCIENTIFIQUE**

John Donohue
Aimee Gunther
Corey Rae McRae

**BOURSE D'ADMISSION DE L'IQC**

Alessandro Cosentino
Hillary Dawkins
Honghao Fu
Vinay Iyer
Sumeet Khatri
Daniel Puzzuoli
Jeff Salvail
Kyle Willick

**BOURSE MIKE-ET-OPHELIA-LAZARIDIS**

Maria Kieferova
Hammam Qassim

**BOURSE D'ÉTUDES SUPÉRIEURES ALEXANDER-GRAHAM-BELL DU CRSNG – DOCTORAT**

John Donohue
Jeff Salvail
Kyle Willick

**BOURSE D'ÉTUDES SUPÉRIEURES ALEXANDER-GRAHAM-BELL DU CRSNG – MAÎTRISE**

Hillary Dawkins
Vinay Iyer
David Layden

**BOURSE D'ÉTUDES SUPÉRIEURES DU CRSNG – DOCTORAT**

Gregory Holloway

**BOURSE D'ÉTUDES SUPÉRIEURES DU CANADA VANIER DU CRSNG**

Tomas Jochym-O'Connor
Jean-Philippe MacLean

**BOURSE D'ÉTUDES SUPÉRIEURES DE L'ONTARIO**

Matthew Graydon
Aimee Gunther
Xingliang (David) Lou
Sean Walker
Chunhao Wang

**BOURSE D'ÉTUDES SUPÉRIEURES DU RECTEUR**

Hillary Dawkins
John Donohue
Matthew Graydon
Aimee Gunther
Gregory Holloway
Vinay Iyer
David Layden
Xingliang (David) Lou
Jeff Salvail
Sean Walker
Chunhao Wang
Kyle Willick

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

Jihyun Park

COMME LES ÉTUDIANTS EN INFORMATIQUE QUANTIQUE À L'IQC, **LAURA DE DECKER** TRAVAILLE SUR DES ÉQUATIONS ET DES PROBLÈMES DE MÉCANIQUE QUANTIQUE. CEPENDANT, COMME ARTISTE EN RÉSIDENCE À L'IQC, ELLE A UN OBJECTIF BIEN PARTICULIER. ELLE CRÉE DES IMAGES QUI INTERPRÈTENT OU UTILISENT DE MANIÈRE ARTISTIQUE DES PHÉNOMÈNES QUANTIQUES TELS QUE L'INTRICATION, LA SUPERPOSITION ET LE CARACTÈRE ALÉATOIRE.

# ÉQUATIONS QUANTIQUES ET ART

**L'ARTISTE EN RÉSIDENCE LAURA DE DECKER S'INSPIRE DU MONDE QUANTIQUE**

« JE TRADUIS EN COULEURS ET EN FORMES LE LANGAGE MATHÉMATIQUE DE LA MÉCANIQUE QUANTIQUE. »

LAURA DE DECKER,
**IQC, ARTISTE EN RÉSIDENCE**

## [ DE L'ART INSPIRÉ DU MONDE QUANTIQUE ]

Laura De Decker aime créer des œuvres d'art depuis son enfance. Influencée par la passion de son grand-père pour la peinture, elle a développé un amour de l'art à Tillsonburg, en Ontario, où elle a grandi dans une maison pleine de livres et de tableaux noirs. Au début, elle utilisait des supports traditionnels, faisant surtout de la peinture et de la sculpture. Mais elle a trouvé rapidement ce qui l'intéressait vraiment : explorer les couleurs et les formes.

Mme De Decker s'est rendu compte que la programmation informatique était le moyen parfait d'exprimer ses idées. Elle a appris toute seule le langage *Visual Basic*, tout en complétant sa maîtrise ès beaux-arts en arts visuels à l'Université de Victoria, puis elle s'est perfectionnée en faisant un certificat d'études supérieures en multimédias interactifs au Collège Sheridan, où elle a ensuite enseigné dans le programme de communication, culture, information et technologie. Depuis lors, elle a continué de se servir des mathématiques, de la programmation informatique et de la technologie comme moyens d'expression artistique.

Son père, diplômé du Département de physique et d'astronomie de l'Université de Waterloo, maintenant à la retraite après avoir enseigné les mathématiques et les sciences au secondaire, a stimulé la curiosité naturelle et le goût de l'exploration de sa fille. Elle s'est mise à adorer les sciences et à s'intéresser au fonctionnement du monde qui nous entoure.

L'an dernier, Laura De Decker a eu une occasion de combiner ses passions pour l'art et la science lorsqu'elle a obtenu une Bourse Chalmers du Conseil des arts de l'Ontario pour travailler à Waterloo avec **RAYMOND LAFLAMME**, directeur général de l'IQC. Le but de cette subvention est d'explorer des idées qui bénéficieront à sa carrière au-delà de ses créations artistiques actuelles. Son objectif : jeter les bases de la création de représentations artistiques de phénomènes quantiques sous forme de grandes affiches et d'animations.

Avec seulement une brève introduction à la mécanique quantique dans le cadre d'un cours de chimie à l'université, Mme De Decker connaît peu le monde quantique. Elle rencontre M. Laflamme chaque semaine et lit des ouvrages sur le sujet.

« L'IQC est un milieu intéressant pour moi, dit elle. J'ai des contacts avec de nombreux chercheurs, étudiants et membres du personnel. J'ai beaucoup d'aide à portée de la main si je bute sur un problème. » [traduction]

Elle travaille vraiment sur des équations mathématiques, mais dans le but de créer des œuvres d'art. « Je traduis en couleurs et en formes le langage mathématique de la mécanique quantique, explique-t-elle. Je n'ai pas de difficulté en programmation. Mon défi est de comprendre le langage mathématique et ce qu'il représente, puis de le traduire en code informatique. » [traduction] Avec un peu de code informatique et par un processus de distillation à l'aide de schémas, de calculs et de processus intuitifs qu'elle a élaborés au cours des 15 dernières années, elle transforme les variables mathématiques pour créer et réaliser des images.

Même si elle est novice en sciences, Mme De Decker voit des similitudes entre l'art et le monde quantique. « Ma curiosité envers les phénomènes quantiques découle naturellement de mon intérêt pour la couleur et la géométrie, dit-elle. Mes travaux participent d'une tradition minimaliste, très terre à terre et théorique, à la recherche de l'essence des choses. J'aime comprendre ce qui est fondamental, afin de pouvoir créer des formes complexes, et la mécanique quantique est également fondamentale. » [traduction]

Mme De Decker visualise l'aspect final de son travail. Elle crée des œuvres d'art destinées à être exposées. « J'espère que mon enthousiasme envers la mécanique quantique ressort dans les œuvres d'art que je crée, poursuit-elle. Être artiste en résidence à l'IQC est pour moi une occasion merveilleuse. J'ai beaucoup de chance de travailler avec le professeur Laflamme. Il est vraiment intéressant, et j'apprends beaucoup à son contact. Je suis également reconnaissante envers le programme de bourses Chalmers du Conseil des arts de l'Ontario. » [traduction]

Les travaux actuels de Mme De Decker, qui explorent le mélange optique de couleurs, sont exposés jusqu'au printemps dans le cadre de l'exposition *LIGHT Illuminated* à *THEMUSEUM*, et de nouvelles œuvres feront partie d'une exposition présentée au Musée d'art de Kitchener-Waterloo pendant l'été 2016.



LAURA DE DECKER

Des œuvres de Laura De Decker ont été exposées d'un bout à l'autre du pays, notamment à l'Institut des nouveaux médias de Banff, au musée Red Head de Toronto, au centre d'arts médiatiques Ed Video de Guelph, au centre de médias Factory de Hamilton, ainsi que lors du concert du quatuor à cordes Penderecki, dans le cadre du festival *Du quantum au cosmos*, à l'Institut Périmètre de physique théorique, à Waterloo. En 2012, elle a été la première artiste en résidence Christie Digital/CAFKA (*Contemporary Art Forum, Kitchener + Area*). L'an dernier, elle a présenté une animation vidéo et une communication au 20e symposium international sur l'art électronique (ISEA 2014), organisé par l'Université Zayed à Dubaï. Ses œuvres sont conservées dans la collection du campus de Stratford de l'Université de Waterloo, ainsi que dans des collections privées au Canada et en Europe.

# RAYONNEMENT SCIENTIFIQUE

PARTAGER, INSTRUIRE, INSPIRER, RELIER. L'IQC MET LA SCIENCE ET LA TECHNOLOGIE DE L'INFORMATION QUANTIQUE À LA PORTÉE DES ESPRITS CURIEUX, GRÂCE À DES ACTIVITÉS ORIGINALES DE DIFFUSION DES CONNAISSANCES, CONÇUES POUR FAIRE CONNAÎTRE LES RECHERCHES FASCINANTES QUI CHANGENT NOTRE MANIÈRE DE VIVRE, DE TRAVAILLER ET DE JOUER.

## [ RAYONNEMENT ET ENGAGEMENT DANS LA COMMUNAUTÉ ]

Félicitations à **JOHN DONOHUE**, **AIMEE GUNTHER** et **COREY RAE McRAE**, récipiendaires des bourses David-Johnston de l'IQC pour le rayonnement scientifique en 2014. Ces bourses ont été créées en l'honneur de son Excellence **DAVID JOHNSTON**, gouverneur général du Canada, pour sa passion, son action marquante et son enthousiasme en faveur de l'apprentissage, de l'innovation et de la réussite. David Johnston a été recteur de l'Université de Waterloo de 1999 à 2010. Jusqu'à 3 bourses de 2 500 $ chacune, financées par Industrie Canada, sont remises chaque année à des diplômés actuellement étudiants à l'IQC qui ont fait preuve d'un engagement exceptionnel dans le rayonnement scientifique et l'action communautaire.

JOHN DONOHUE

Depuis plus de trois ans, le doctorant **JOHN DONOHUE** s'implique dans l'organisme Parlons Sciences à l'Université de Waterloo. Il agit comme bénévole lors d'opérations portes ouvertes de l'IQC et de visites dans des écoles secondaires. Il collabore aussi à l'USEQIP (École de 1er cycle sur le traitement quantique expérimental de l'information) et à la QCSYS (École de cryptographie quantique pour jeunes étudiants).

M. Donohue fait des recherches dans le domaine de la photonique ultrarapide, utilisant de puissants lasers à impulsions pour manipuler le paquet d'ondes de photons intriqués. Il aime aussi partager avec d'autres sa passion pour les sciences : « L'enseignement et le travail auprès des jeunes en sciences posent des défis différents de ceux du travail en laboratoire, dit-il. En décomposant de grandes notions en morceaux assimilables, nous mettons l'accent sur ce qui motive nos travaux. » [traduction]

AIMEE GUNTHER

**AIMEE GUNTHER** se souvient d'une visite d'un observatoire qu'elle avait faite au début du secondaire. Elle y avait vu un télescope à micro-ondes et écouté les explications données par un postdoctorant sur la physique et l'astronomie. Maintenant doctorante, elle travaille sur l'optique quantique et l'optique non linéaire, étudiant des applications de l'intrication en énergie-temps dans les domaines de l'imagerie médicale et de la détection.

Elle participe à des activités de sensibilisation aux sciences pour des gens de tous âges, entre autres pour la CAGIS (*Canadian Association of Girls in Science* – Association canadienne des filles en sciences) et dans des expos-sciences locales et régionales pour écoles primaires. À l'IQC, elle collabore à la QCSYS, au programme d'été *Catalyst*, à des visites guidées pour élèves du secondaire et à des opérations portes ouvertes de l'IQC. En 2013, elle a participé à l'activité *Femmes en sciences* organisée pour la collectivité lors de la Journée internationale de la femme.

Mme Gunther apprécie les compétences qu'elle a acquises en faisant du bénévolat et elle s'est inscrite à un cours de certificat en enseignement universitaire. Elle a même planifié ses propres activités de rayonnement scientifique, par exemple la conférence canado-américano-mexicaine 2013 des étudiants diplômés. Plus récemment, elle a dirigé une équipe d'étudiants diplômés pour le financement et l'organisation d'une exposition sur la lumière et les technologies photoniques.

COREY RAE McRAE

Les programmes de sensibilisation aux sciences tels que *Go Eng Girl* et la CAGIS ont éveillé chez **COREY RAE McRAE** un intérêt pour la science qui l'a amenée à poursuivre ses études dans ce domaine. Maintenant doctorante à l'IQC, Mme McRae fait des recherches sur les techniques de nanofabrication employées pour réaliser des circuits quantiques supraconducteurs. Au cours de son mandat de deux ans à la présidence de l'Association des étudiants diplômés de l'IQC, Corey McRae a mis sur pied la série de conférences données par des représentants de l'industrie quantique ainsi que le groupe d'entrepreneuriat étudiant à l'IQC.

Mme McRae reconnaît l'importance de la sensibilisation aux sciences et offre de son temps pour encourager les jeunes, en particulier les filles, à découvrir la science. Elle a organisé des visites de l'IQC pour la CAGIS, agi comme bénévole à des opérations portes ouvertes de l'IQC, participé à une table ronde lors d'une conférence canadienne pour les étudiantes de 1er cycle en physique et été bénévole à une conférence internationale pour les femmes en physique.

## [ ENCOURAGER LES JEUNES À EXPLORER L'INFORMATIQUE QUANTIQUE ]

L'IQC CONTINUE D'INSTRUIRE ET D'INTÉRESSER LES ÉLÈVES AUX SCIENCES ET TECHNOLOGIES DE L'INFORMATION QUANTIQUE (STIQ), AU MOYEN D'ATELIERS PRATIQUES, DE VISITES DE LABORATOIRES ET D'EXPOSÉS. CETTE ANNÉE :

**46**

**ACTIVITÉS DE SENSIBILISATION** ONT PORTÉ SUR L'INFORMATIQUE QUANTIQUE

PLUS DE **2 500**

**ÉLÈVES ET MEMBRES DU GRAND PUBLIC** ONT EU UNE INTRODUCTION AUX STIQ

PLUS DE **1 600**

**JEUNES** ONT BÉNÉFICIÉ D'UN ATELIER PRATIQUE, D'UNE VISITE DE LABORATOIRE OU D'UN EXPOSÉ

**165**

**ENSEIGNANTS** ONT REÇU DES OUTILS POUR PARLER D'INFORMATION QUANTIQUE À LEURS ÉLÈVES EN CLASSE

**SAVIEZ-VOUS**
*que des pellicules polarisées, semblables à celles utilisées dans les lunettes 3D, sont communément utilisées dans des expériences d'optique quantique?*

## USEQIP (ÉCOLE DE 1er CYCLE SUR LE TRAITEMENT QUANTIQUE EXPÉRIMENTAL DE L'INFORMATION)

### DU 26 MAI AU 2 JUIN 2014

Pendant deux semaines, 21 étudiants de 1er cycle provenant de neuf pays ont exploré des aspects théoriques et expérimentaux de l'informatique quantique à l'USEQIP. Les étudiants ont travaillé en laboratoire sur des expériences avec des membres de l'IQC et ont pu assister à des conférences données par les professeurs **RAYMOND LAFLAMME**, **DAVID CORY**, **MICHELE MOSCA**, **MICHAL BAJCSY**, **JONATHAN BAUGH**, **ANDREW CHILDS**, **THOMAS JENNEWEIN**, **KEVIN RESCH** et **CHRISTOPHER WILSON** de l'IQC. Douze des participants ont passé le reste de l'été à l'IQC pour effectuer des recherches.

## QCSYS (ÉCOLE DE CRYPTOGRAPHIE QUANTIQUE POUR JEUNES ÉTUDIANTS)

### DU 11 AU 15 AOÛT 2014

Quelque 42 élèves de 11e et de 12e années, venant de six provinces canadiennes et de quatre pays étrangers, sont venus passer 1 semaine à l'IQC pour participer à la QCSYS. Sous la direction de **MARTIN LAFOREST**, gestionnaire principal, diffusion des connaissances scientifiques, les élèves ont exploré la physique et les mathématiques de la mécanique quantique et de la cryptographie. Ils ont appris comment les deux convergent dans l'un des sujets les plus passionnants de la science contemporaine – la cryptographie quantique.

## CAGIS (ASSOCIATION CANADIENNE DES FILLES EN SCIENCES) PERMET AUX FILLES DE DÉCOUVRIR LE MONDE QUANTIQUE

Deux groupes de filles intéressées par les sciences, âgées de 8 à 12 ans et membres des sections de Guelph-Kitchener-Waterloo de la CAGIS, sont venues à l'IQC en mai et en janvier pour en savoir plus sur la science et la technologie de l'information quantique. **OLIVIA DI MATTEO**, étudiante à la maîtrise, de même que les doctorants **RAZIEH ANNABESTANI**, **CAROLYN EARNEST**, **AIMEE GUNTHER**, **SARAH KAISER**, **JOEL KLASSEN** et **COREY RAE McRAE**, ont amené les jeunes passionnées de science à s'instruire sur la cryptographie quantique à l'aide de lasers, et à découvrir les qubits supraconducteurs en jouant avec le train supraconducteur à lévitation. Les participantes ont aussi eu droit à des démonstrations interactives sur les algorithmes, sur l'efficacité d'algorithmes de recherche et sur l'optique. Les deux groupes ont particulièrement aimé faire de la crème glacée à l'azote liquide!

## [ CONFÉRENCES, ATELIERS ET SÉMINAIRES – POINTS SAILLANTS ]

### 6e ÉCOLE D'ÉTÉ INTERNATIONALE ET CONFÉRENCE SUR LA CRYPTOGRAPHIE POSTQUANTIQUE

**ÉCOLE D'ÉTÉ LES 29 ET 30 SEPTEMBRE 2014 | CONFÉRENCE DU 1er AU 3 OCTOBRE 2014**

L'École d'été de l'IQC sur la cryptographie postquantique a porté sur la cryptographie à l'ère quantique et présenté des méthodes de conception d'outils cryptographiques qui peuvent résister à des attaques d'algorithmes quantiques. Après l'école d'été, la conférence PQCrypto a permis à des chercheurs de différentes institutions et couvrant tous les domaines de l'informatique quantique de discuter du besoin de normaliser la cryptographie résistante aux attaques quantiques.

### 2e ATELIER DE L'ETSI SUR LA CRYPTOGRAPHIE RÉSISTANTE AUX ATTAQUES QUANTIQUES

**LES 6 ET 7 OCTOBRE 2014**

L'IQC et l'Institut européen des normes de télécommunications (ETSI) ont uni leurs efforts pour présenter à Ottawa le 2e atelier annuel de l'ETSI sur la cryptographie résistante aux attaques quantiques. Cet atelier a réuni 92 représentants de divers milieux industriels, gouvernementaux et universitaires, venus discuter de la normalisation et du déploiement de la prochaine génération d'infrastructures cryptographiques – plus précisément celles qui assureront la sécurité contre les nouvelles technologies d'informatique quantique. **MARK PECEN**, membre du conseil d'administration de l'IQC et PDG d'Approach Infinity inc., a présenté le livre blanc de l'ETSI sur la cryptographie résistante aux attaques quantiques. **CORINNE CHARETTE**, dirigeante principale de l'information au gouvernement du Canada, faisait partie des orateurs invités.

### *QUANTUM INNOVATORS* (INNOVATEURS DANS LE DOMAINE QUANTIQUE)

**DU 6 AU 8 OCTOBRE 2014**

Quinze jeunes chercheurs prometteurs en physique quantique et en génie se sont réunis à l'IQC dans le cadre du 3e atelier *Quantum Innovators*, pour faire part de leurs recherches et établir de nouveaux liens. **TERRY McMAHON** (doyen de la Faculté des sciences de l'Université de Waterloo) et **PEARL SULLIVAN** (doyenne de la Faculté de génie de l'Université de Waterloo) ont parlé aux participants de l'excellence en recherche à Waterloo. Plusieurs postdoctorants, dont **TROY BORNEMAN**, **AHARON BRODUTCH**, **ROBABEH RAHIMI DARABAD**, **CHRISTOPHER HAAPAMAKI**, **ROLF HORN**, **TOENO VAN DER SAR** et **ANDREAS FOGNINI** (de l'Université de technologie de Delft, aux Pays-Bas), ont également fait des exposés.

## CONFÉRENCES ÉMINENTES *QUANTUM FRONTIERS* (FRONTIÈRES QUANTIQUES)

**La série de conférences éminentes *Quantum Frontiers* amène des têtes d'affiche de la recherche mondiale à partager leurs connaissances avec des étudiants et des professeurs de l'IQC et de l'Université de Waterloo.**

### QUEL EST LE RÔLE DE LA MÉCANIQUE QUANTIQUE EN BIOLOGIE?

En septembre, **K. BIRGITTA WHALEY**, de l'Université de la Californie à Berkeley et du Laboratoire national Lawrence-Berkeley, a expliqué comment le développement de la mécanique quantique au début du XXe siècle a transformé la physique et la chimie en fournissant une nouvelle compréhension du comportement des atomes et molécules à l'échelle microscopique. La réalisation de nouvelles études sur les cellules vivantes et le rôle possible de la mécanique quantique dans des phénomènes biologiques tels que la photosynthèse découlent de progrès réalisés dans les domaines de la physique quantique et des nanotechnologies.

WEB *Visionner la conférence :*
**https://bit.ly/BirgittaWhaley**

### D'EINSTEIN À WHEELER : LA DUALITÉ ONDE-PARTICULE D'UN PHOTON

En octobre, **ALAIN ASPECT**, de l'Institut d'optique et de l'École Polytechnique, scientifique éminent du CNRS, en France, a présenté les expériences qu'il a réalisées avec son équipe à l'aide d'une véritable source de photons individuels. Ces expériences ont démontré que les photons se comportent à la fois comme des ondes et comme des particules. De telles sources de photons individuels constituent maintenant des outils importants dans le domaine de l'information quantique.

WEB *Visionner la conférence :*
**https://bit.ly/AlainAspect**

## CYBERSÉCURITÉ DANS UN MONDE QUANTIQUE : SERONS-NOUS PRÊTS?

### LE 10 MARS 2015

**MICHELE MOSCA**, professeur à l'IQC, a prononcé une conférence publique devant 150 personnes qui voulaient en savoir davantage sur la cybersécurité dans un monde quantique. M. Mosca a prédit qu'avec la réalisation possible d'un ordinateur quantique d'ici 10 à 15 ans, notre infrastructure actuelle de cybersécurité ne sera pas à la hauteur. Il a conseillé aux entreprises de commencer à planifier des options de sécurité contre les attaques quantiques et à élaborer des normes relatives aux outils à l'épreuve des attaques quantiques. Sur le plan individuel, M. Mosca nous a conseillé de faire part de nos préoccupations en matière de sécurité aux organismes qui conservent nos données, et de poser des questions sur ce qui est fait pour assurer la sécurité de nos informations – maintenant et dans l'avenir.

WEB *Visionner la conférence :*
**http://bit.ly/cybersecurity-in-a-quantum-world-lecture**

## [ L'IQC EN LIGNE ]

### BLOGUE DE L'IQC : *OUR QUANTUM WORLD* (NOTRE MONDE QUANTIQUE)

**uwaterloo.ca/iqc/blog**

Ce blogue est rédigé par des chercheurs dans le domaine quantique pour leurs collègues et pour toute personne intéressée par leurs travaux.

### BIBLIOTHÈQUE QUANTIQUE

**pubs.iqc.uwaterloo.ca**

La base de données des publications de l'IQC contient des centaines d'articles examinés par des pairs, des actes de congrès, des commentaires et d'autres textes publiés par des chercheurs de l'IQC. Indexé par auteur, publication, sujet, mots-clés et autres critères, ce site est un référentiel en ligne des principales contributions de l'IQC en informatique quantique.

### YOUTUBE

**youtube.com/quantumiqc**

Le canal YouTube de l'IQC donne accès à plus de 650 exposés scientifiques, conférences éminentes et entrevues avec des scientifiques de calibre mondial. Visionnez notre série *Quantum Researchers*, qui met en vedette des chercheurs renommés en informatique quantique comme **ALAIN ASPECT**, **SERGE HAROCHE**, **SIR ANTHONY LEGGETT**, **NICOLAS GISIN**, **JANE E. NORHOLDT**, **JOHN PRESKILL** et **DAVID WINELAND**.

### SITE WEB DE L'IQC

**uwaterloo.ca/iqc**

Le site Web de l'IQC contient toute l'information et toutes les ressources pertinentes pour les publics visés par l'Institut – recrues potentielles comme étudiants ou professeurs, partenaires gouvernementaux, grand public. Ce site est une source de nouvelles, un outil de recrutement, une ressource d'apprentissage et un portail vers les médias sociaux de l'IQC.

**@QUANTUMIQC**

**QUANTUMIQC**

# DES COLLABORATIONS D'ENVERGURE MONDIALE

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

## [ ENTENTES NATIONALES ET INTERNATIONALES ]

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

**QUÉBEC** | **Institut national de la recherche scientifique**

**QUÉBEC** | **Institut transdisciplinaire d'information quantique**

**CHINE** | **Université Tsinghua**

**CHINE** | **Université de sciences et technologie de Chine**

**INDE** | **Institut de recherches Raman**

**ISRAËL** | **Technion – Institut israélien de technologie**

**CORÉE** | **Institut coréen des sciences et de la technologie**

**SINGAPOUR** | **Centre de technologies quantiques**

## [ 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 :

**ALLEMAGNE** | **Université Friedrich-Alexander d'Erlangen-Nuremberg**

**ALLEMAGNE** | **Université de la Sarre**

**AUTRICHE** | **Université d'Innsbruck**

**FRANCE** | **École normale supérieure de Lyon**

**FRANCE** | **Université Paris-Diderot (Paris 7)**

**LETTONIE** | **Université de Lettonie**

**SINGAPOUR** | **Université nationale de Singapour**

## [ RENCONTRES SCIENTIFIQUES ]

### RENCONTRE SUR LES PROGRAMMES D'INFORMATIQUE QUANTIQUE

**DU 23 AU 26 NOVEMBRE 2014**

L'IQC, en collaboration avec l'Institut canadien de recherches avancées (ICRA), a organisé au Centre Lazaridis une rencontre de quatre jours avec d'éminents scientifiques de Chine, pour des échanges d'idées en informatique quantique. Plus de 50 délégués des institutions suivantes ont participé à cette réunion : le Laboratoire national du Centre de recherches en informatique de Beijing (CSRC); l'Institut interdisciplinaire de sciences de l'information (IIIS) de l'Université Tsinghua (également située à Beijing); l'Université de sciences et technologie de Chine (USTC), située à Hefei, dans la province d'Anhui.

### CONGRÈS ANNUEL DE L'ASSOCIATION AMÉRICAINE POUR L'AVANCEMENT DE LA SCIENCE (AAAS)

**DU 12 AU 16 FÉVRIER 2015**

Des milliers de scientifiques, ingénieurs, décideurs politiques, éducateurs et journalistes se sont rassemblés à San Jose, en Californie, pour le congrès annuel de l'AAAS. L'Université de Waterloo a invité les participants à visiter son stand sur l'innovation, où l'IQC a fait connaître ses recherches.

Les chercheurs de l'IQC ont de plus participé à deux séances. **RAYMOND LAFLAMME**, directeur général de l'IQC, a participé à une table ronde sur le thème des possibilités révolutionnaires des technologies de l'information quantique, avec les directeurs d'autres instituts de recherche de premier plan : **ANDREW BRIGGS**, de la Collaboration de recherches interdisciplinaires sur le traitement de l'information quantique, en Angleterre; **ARTUR EKERT**, du Centre de technologies quantiques (CQT) de l'Université nationale de Singapour.

**DMITRY PUSHIN**, professeur-chercheur adjoint à l'IQC, a participé à un symposium sur la dualité onde-particule des neutrons, des atomes et des molécules. Il y a présenté ses travaux sur le comportement quantique unique d'un interféromètre neutronique.

WEB http://bit.ly/AAAS2015_QIT

**EN 2014-2015, LES CHERCHEURS DE L'IQC :**

ONT COLLABORÉ AVEC **229** CHERCHEURS DE **109** INSTITUTIONS DANS **24** PAYS

ONT PARTICIPÉ À **84** CONFÉRENCES

ONT ACCUEILLI **155** VISITEURS DE **108** INSTITUTIONS DE PREMIER PLAN POUR ÉCHANGER DES

IDÉES ET FAIRE DES RECHERCHES EN INFORMATIQUE QUANTIQUE

# SCIENTIFIQUES INVITÉS

## RONALD RIVEST, CO-INVENTEUR DE RSA | LE 13 JUIN 2014

**RONALD RIVEST**, co-inventeur en 1977 des systèmes Rivest-Shamir-Adleman (RSA) de chiffrement à clé publique et de signature numérique, a reçu un doctorat honorifique en mathématiques de l'Université de Waterloo. Pendant son séjour à Waterloo, il a visité les installations de l'IQC avec **MICHELE MOSCA**, professeur à l'IQC, **MARTIN LAFOREST**, gestionnaire principal, diffusion des connaissances scientifiques, à l'IQC, ainsi que le professeur **DOUG STINSON**, de l'École d'informatique David-R.-Cheriton et du Centre de recherche appliquée en cryptographie.

## DÉLÉGATION DE TECHNION – INSTITUT ISRAÉLIEN DE TECHNOLOGIE LE 18 SEPTEMBRE 2014

Pour la première fois depuis la signature en mars 2014 d'un accord de collaboration avec Technion – Institut israélien de technologie –, une délégation de cet institut a rendu visite à l'IQC. Le partenariat entre l'IQC et Technion vise à faciliter les transferts technologiques, mettre des professeurs et des étudiants en contact avec des partenaires industriels, et accroître les occasions d'échanges internationaux en recherche pour étudiants de 1er cycle, étudiants diplômés et postdoctorants.

## ALAIN ASPECT, SCIENTIFIQUE ÉMINENT DU CNRS LE 23 OCTOBRE 2014

**ALAIN ASPECT**, scientifique éminent du Centre national de la recherche scientifique (CNRS), a reçu un doctorat honorifique de la Faculté des sciences. À cette occasion, l'IQC et la Faculté des sciences ont organisé un dîner auquel ont participé : **FERIDUN HAMDULLAHPUR**, recteur de l'Université de Waterloo; **TERRY McMAHON**, doyen de la Faculté des sciences; **ROBERT HILL**, vice-doyen aux études supérieures, Faculté des Sciences; **KEVIN RESCH**, professeur à l'IQC; **MARTIN LAFOREST**, gestionnaire principal, diffusion des connaissances scientifiques. **MIKE LAZARIDIS** était présent comme invité spécial, de même que **AINSLIE WATT**, veuve du professeur **LYNN WATT,** qui avait présenté un article de M. Aspect dans un cours auquel assistait M. Lazaridis. Ce cours est à l'origine de la passion de M. Lazaridis pour la mécanique quantique.

## DÉLÉGATION DE LA FRANCE | LE 13 NOVEMBRE 2014

Une importante délégation de la France a visité la salle blanche NanoFab et d'autres laboratoires de l'IQC. Cette délégation comprenait les députés **CATHERINE COUTELLE**, **CLAUDE GREFF**, **MARIE-NOËLLE BATTISTEL**, **MICHÈLE BONNETON**, **JOËLLE HUILLIER** et **EMMANUELLE LAVIE**, ainsi que les sénateurs **PIERRE-YVES COLLOMBAT**, **JEAN-MARC TODESCHINI**, **JACKIE PIERRE** et **DELPHINE BERT**.

## DÉLÉGATION DE LA RÉPUBLIQUE DE CORÉE | LE 21 NOVEMBRE 2014

L'**AMBASSADEUR CHO HEE-YONG** de la République de Corée a visité les laboratoires de l'IQC pendant un séjour à Waterloo faisant suite à la signature en septembre d'une entente avec l'Institut coréen des sciences et de la technologie (KIST). Cette entente réunit deux institutions de renommée internationale pour faire progresser la physique quantique, en vue d'accélérer le développement de technologies quantiques pour le bénéfice des deux pays.

## [ UNIVERSITAIRES ET SCIENTIFIQUES INVITÉS ]

### DU 1er AVRIL 2014 AU 31 MARS 2015

**Raja Ahmad**, Université McGill

**Erika Andersson**, Université Heriot-Watt

**Anthony Ardizzi**, Université de Toronto

**Sahel Ashhab**, Fondation du Qatar

**Koji Azuma**, Laboratoires NTT de recherche fondamentale

**Thomas Babinec**, Université Stanford

**Shrobona Bagchi**, Institut de recherche Harish-Chandra

**Som Bandyopadhyay**, Institut Bose

**Stephen Bartlett**, Université de Sydney

**Julien Bernu**, Université nationale australienne

**Bhashyam Balaji**, Recherche et développement pour la défense Canada

**Joshua C. Bienfang**, Institut national des normes et de la technologie des États-Unis

**Sergey Bravyi**, IBM Research

**Mitchell Brickson**, Université Goshen College

**Andrew Briggs**, Université d'Oxford

**Paola Cappellaro**, Institut de technologie du Massachusetts

**Christopher Chamberland**, Université McGill

**Darrick Chang**, Institut de sciences photoniques

**Joon-Yeon Chang**, Institut coréen des sciences et de la technologie

**Franklin Cho**, Université de la Californie du Sud

**Kai-Min Chung**, Institut des sciences de l'information, Académie chinoise

**Christopher Chunnilall**, Laboratoire national de physique du Royaume-Uni

**JC Séamus Davis**, Université Cornell

**Niel de Beaudrap**, Centre néerlandais pour les mathématiques et l'informatique

**Nathalie de Leon**, Université Harvard

**Franklin de Lima Marquezino**, Université fédérale de Rio de Janeiro

**Viatcheslav Dobrovitski,** Université d'État de l'Iowa

**Shuanping Du**, Université de Guelph

**Ramy El-Ganainy**, Université technologique du Michigan

**Electra Eleftheriadou**, Université de Strathclyde

**David Elkouss**, Université Complutense de Madrid

**Manuel Endres**, Institut Max-Planck d'optique quantique à Garching

**Jingyun Fan**, Institut national des normes et de la technologie des États-Unis

**Omar Fawzi**, Institut de physique théorique de l'ETH Zurich

**Robert Fickler,** Université de Vienne

**Austin Fowler**, Université de la Californie à Santa Barbara

**Ivette Fuentes**, Université de Nottingham

**Marko Gacesa**, Université du Connecticut

**Vinzenz Gangl**, UCP Plasma Technologies

**Raul Garcia-Patron**, Université libre de Bruxelles

**Sevag Gharibian**, Université de la Californie à Berkeley

**Genda Gu**, Laboratoire national de Brookhaven

**Sean Hallgren**, Université d'État de Pennsylvanie

**Deny Hamel**, Université de Vienne

**Angelica Harris**, Gouvernement du Canada

**Michael Hilke**, Université McGill

**Jonathan Hodges**, Diamond Nanotechnologies

**Layla Hormozi**, Université nationale d'Irlande

**Masahiro Hotta**, Université du Tohoku

**Peter Hoyer**, Université de Calgary

**Hannes Hübel**, Université de Stockholm

**Takashi Imai**, Université McMaster

**Stacey Jeffery**, Institut de technologie de la Californie

**Jeongwan Jin**, Université de Calgary

**Dilara Karakozak**, Université technique du Moyen-Orient

**Maciej Karcz**, Université de l'Indiana

**Phil Kaye**, Gouvernement du Canada

**Viv Kendon**, Centre quantique conjoint de Durham et Newcastle

**Jens Koch**, Université Northwestern

**Piotr Kolenderski**, Université Nicolas-Copernic

**Robin Kothari**, Institut de technologie du Massachusetts

**Katanya Kuntz**, Université de Nouvelles-Galles du Sud

**Sun Kyung Lee**, Institut supérieur coréen des sciences et technologies

**Thijs Laarhoven**, Université technique d'Eindhoven

**Konstantinos Lagoudakis**, Université Stanford

**Tom Lai**, Université McGill

**Cedric Lin**, Institut de technologie du Massachusetts

**Chang Liu**, Université des sciences et technologies de Hong Kong

**Jorma Louko**, Université de Nottingham

**Frédéric Magniez**, Université Paris-Diderot (Paris 7)

**David McKay**, Université de Chicago

**Nicolas C. Menicucci**, Université de Sydney

**Carl A. Miller**, Université du Michigan

**John Morton**, Collège universitaire de Londres

**Özgür E. Müstecaplioglu**, Université Koç

**Casey Myers**, Université du Queensland

**Matthieu Nannini**, Université McGill

**Kae Nemoto**, Institut national d'informatique du Japon

**Valentin Nguyen**, Université de Montréal

**Masayuki Okano**, Université de Kyoto

**David P. Pappas**, Institut national des normes et de la technologie des États-Unis

**Fernando Pastawski**, Institut de technologie de la Californie

**Vern Paulsen**, Université de Houston

**Leon Pintsov**, SignitSure Inc.

**Xiaofei Qi**, Université du Shanxi

**Robert Raussendorf**, Université de la Colombie-Britannique

**Martin Roetteler**, NEC Laboratories America Inc.

**Jérémie Roland**, Université libre de Bruxelles

**Terry Rudolph**, Collège impérial de Londres

**Romain Ruhlmann**, Université McGill

**Mary Beth Ruskai**, Université Tufts

**Or Sattath**, Université de la Californie à Berkeley

**Torsten Scholak**, Université de Toronto

**Volkher Scholz**, Institut de physique théorique de l'ETH Zurich

**Yaoyun Shi**, Université du Michigan

**Pragya Shukla**, Institut indien de technologie de Kharagpur

**Swati Singh**, Université Harvard

**Rolando Somma**, Laboratoire national de Los Alamos

**Douglas Stebila**, Université de technologie du Queensland

**Dieter Suter**, Université technique de Dortmund

**Krysta Svore**, Microsoft Research

**Alexander Szameit**, Université Friedrich-Schiller d'Iéna

**Tae Hee Kim**, Université pour femmes Ewha

**Kiyoshi Tamaki**, Laboratoires NTT de recherche fondamentale

**Jeff Thompson**, Université Harvard

**Joseph Thywissen**, Université de Toronto

**Dave Touchette**, Université McGill

**Joseph F. Traub**, Université Columbia

**Adam Tsen**, Université Columbia

**Dominique Unruh**, Université de Tartu

**Joop van de Pol**, Université de Bristol

**Prasanna Venkatesh**, Université scientifique et technologique de Pohang

**Ty Volkoff**, Université de la Californie à Berkeley

**Petros Wallden**, Université Heriot-Watt

**Jia Wang**, Université du Connecticut

**Kejin Wei**, Université des postes et télécommunications de Beijing

**K. Birgitta Whaley**, Université de la Californie à Berkeley

**Nathan Wiebe**, Université de Calgary

**Lianao Wu**, Université du Pays basque

**Xiaodi Wu**, Institut de technologie du Massachusetts

**Feihu Xu**, Université de Toronto

**Xiaodong Xu**, Université de l'État de Washington

**Beni Yoshida**, Institut de technologie de la Californie

**Na Young Kim**, Université Stanford

**Jingfu Zhang**, Université technique de Dortmund

**Peter Zoller**, Université d'Innsbruck

**Val Zwiller**, Université de technologie de Delft

**Karol Życzkowski**, Université Jagellonne

## [ SCIENTIFIQUES INVITÉS À LONG TERME ]

### DU 1er AVRIL 2014 AU 31 MARS 2015

**Zhaofang Bai**, Université Jiaotong de Xi'an

**Eyal Buks**, Technion – Institut israélien de technologie

**Mehmet Canturk**, Université technique d'Istamboul

**Rui Chao,** Université Tsinghua

**Aixi Chen**, Université Jiao-Tong de Shanghai

**Kai-Min Chung**, Institut des sciences de l'information, Académie chinoise

**Ben Criger**, Institut d'information quantique, Université RWTH à Aix-la-Chapelle

**Callum Croal**, Université de St Andrews

**Hyeran Kong**, Université scientifique et technologique de Pohang

**Krtin Kumar**, Institut indien de technologie

**Katanya Kuntz**, Université de Nouvelles-Galles du Sud

**Yury Kurochkin**, Centre quantique russe de Skolkovo

**Anthony Leggett**, Université de l'Illinois à Urbana-Champaign

**Laura Mancinska**, Centre de technologies quantiques de l'Université nationale de Singapour

**Marta Palucka**, Université Nicolas-Copernic

**Xinhua Peng**, Université de sciences et technologie de Chine

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

**Moshen Razavi**, Université de Leeds

**Kyung Soo Choi**, Institut coréen des sciences et de la technologie

**Koon Tong Goh**, Centre de technologies quantiques de l'Université nationale de Singapour

**Paulo Vinícius Pereira Pinheiro**, Université fédérale du Ceará

**Gregor Weihs**, Université d'Innsbruck

**Tao Xin**, Université Tsinghua

# QUELQUES STATISTIQUES

DU 1er AVRIL 2014
AU 31 MARS 2015

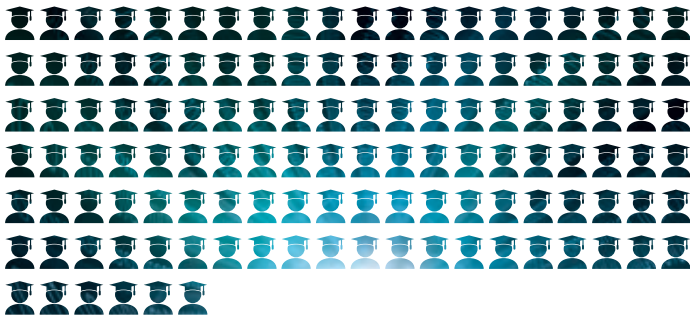
## [ L'IQC COMPTE : ]

22 PROFESSEURS

3 PROFESSEURS-CHERCHEURS ADJOINTS

46 POSTDOCTORANTS

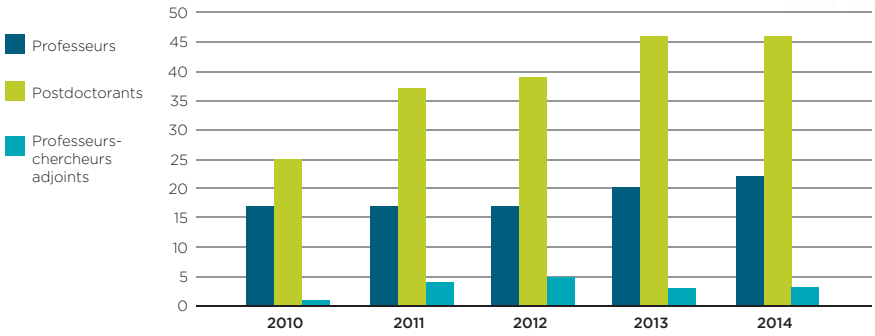
126 ÉTUDIANTS DIPLÔMÉS



23 SCIENTIFIQUES INVITÉS À LONG TERME

7 SPÉCIALISTES TECHNIQUES

## [ CORPS PROFESSORAL ET POSTDOCTORANTS ]




## [ PUBLICATIONS ]

PUBLICATIONS DIGNES DE MENTION

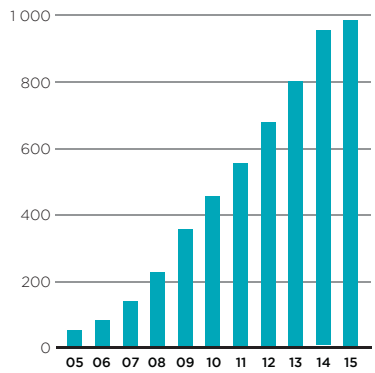
Des publications dignes de mention dans les revues *Nature*, *Nature Photonics*, *Nature Physics*, *Nature Communications*, *Physical Review Letters*, *Science*, *STOC*, *FOCS* et *Journal of Mathematical Physics* témoignent de découvertes importantes, examinées par des pairs, effectuées par les chercheurs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

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

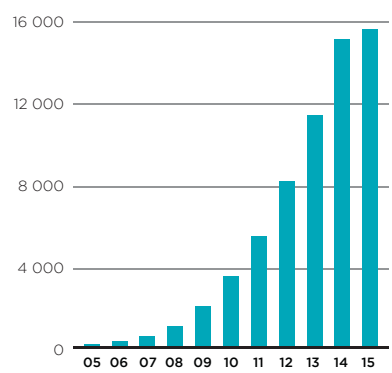
| PUBLICATION | 2010-2011 | 2011-2012 | 2012-2013 | 2013-2014 | 2014-2015 |
|---|---|---|---|---|---|
| *Nature* | 1 | 1 | 1 | | 2 |
| *Nature Photonics* | 1 | 1 | | 3 | 2 |
| *Nature Physics* | 5 | 3 | 2 | 3 | |
| *Nature Communications* | | 1 | 1 | 1 | 5 |
| *Physical Review Letters* | 14 | 17 | 14 | 14 | 16 |
| *Science* | 1 | 2 | 1 | 1 | 3 |
| *STOC* | 2 | | | | |
| *FOCS* | | 1 | 1 | | |
| *Journal of Mathematical Physics* | 2 | 4 | 6 | 4 | 4 |

*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




NOMBRE CUMULATIF DE CITATIONS DE PUBLICATIONS DE L'IQC




**152** PUBLICATIONS PAR DES CHERCHEURS DE L'IQC EN 2014

**981** PUBLICATIONS PAR DES CHERCHEURS DE L'IQC DEPUIS 2002

TOTAL CUMULATIF DE **15 435** CITATIONS DE PUBLICATIONS DE L'IQC DEPUIS 2003

** Source des statistiques sur les publications et les citations :* Web of Science, *de Thomson Reuters, le 2 avril 2015. Les données ont été compilées en faisant une recherche d'adresse sur l'IQC (inst* quant* comp*). Les statistiques de citations sont cumulatives pour l'ensemble des publications de l'IQC depuis sa fondation.*

# UNE INFRASTRUCTURE DE RECHERCHE DE CLASSE MONDIALE

**VITO LOGIUDICE,**
**DIRECTEUR DES OPÉRATIONS,**
**SALLE BLANCHE QUANTUM**
**NANOFAB**

**VITO LOGIUDICE**, DIRECTEUR DES OPÉRATIONS, SALLE BLANCHE QUANTUM NANOFAB, EST UN EXPERT AGUERRI DE TOUTES LES ÉTAPES DE LA MISE SUR PIED D'UNE SALLE BLANCHE. FORMÉ EN GÉNIE ÉLECTRIQUE, M. LOGIUDICE RÉDIGEAIT SA THÈSE DE MAÎTRISE SUR LES PILES SOLAIRES À L'UNIVERSITÉ CONCORDIA LORSQUE LA SALLE BLANCHE DANS LAQUELLE IL TRAVAILLAIT A EU BESOIN D'IMPORTANTES RÉNOVATIONS. GRÂCE À SA PARTICIPATION ACTIVE AU PROCESSUS DE RÉNOVATION, ET AUX ANNÉES D'EXPÉRIENCE ACCUMULÉES DANS L'INDUSTRIE APRÈS L'OBTENTION DE SON DIPLÔME, VITO LOGIUDICE CONNAÎT L'IMPORTANCE DES INFRASTRUCTURES AINSI QUE D'UNE SALLE BLANCHE FONCTIONNELLE ET BIEN ENTRETENUE POUR LA RÉUSSITE DE LA RECHERCHE. UNE INFRASTRUCTURE DE CLASSE MONDIALE PERMET DE FAIRE DES RECHERCHES DE CLASSE MONDIALE.

Maintenant à la tête de l'équipe de la salle blanche Quantum NanoFab, il se concentre sur l'atteinte de l'excellence opérationnelle, afin de fournir aux chercheurs un milieu contrôlé pour leurs expériences. Située dans le Centre Quantum-Nano Mike-et-Ophelia-Lazaridis, que se partagent l'IQC et l'Institut de nanotechnologie de Waterloo (WIN), la salle blanche Quantum NanoFab est à la fine pointe du progrès en matière de salle blanche et d'installations de fabrication. Elle comprend des installations de classe 100 et de classe 1000. Dans les installations de classe 100, un pied cube d'air contient moins de 100 particules de plus de 500 nanomètres, ce qui donne un milieu ultrapropre convenant parfaitement aux recherches expérimentales et à la conception de dispositifs.

« La nanofabrication peut être complexe et poser de nombreux défis, déclare M. Logiudice. Un entretien rigoureux est nécessaire pour que l'équipement fonctionne toujours de la manière la plus optimale possible, afin que les utilisateurs du laboratoire puissent y mener à bien des processus toujours reproductibles. Notre contribution à la recherche consiste à viser l'excellence en ce qui concerne l'équipement, la stabilité et les processus. Nous permettons aux utilisateurs du laboratoire de construire les dispositifs dont ils ont besoin pour leurs recherches. » [traduction]

Il faut un travail d'équipe pour assurer un fonctionnement harmonieux des installations de nanofabrication. Vito Logiudice reconnaît le travail de toute l'équipe de la salle blanche Quantum NanoFab, qui voit au bon fonctionnement des machines, forme les utilisateurs, maintient les certifications de classe 100 et de classe 1000, respecte le budget et rend compte de l'utilisation des fonds. Le service d'exploitation des installations de l'Université de Waterloo joue également un rôle important, en fournissant des services essentiels tels que des systèmes de ventilation stables et bien entretenus, de l'air comprimé, une eau d'une grande pureté et de l'eau de refroidissement. « Ce n'est pas l'affaire d'une seule personne, affirme M. Logiudice. J'ai le privilège de diriger une excellente équipe. » [traduction]

Pour l'avenir, la recherche de l'excellence en vue d'appuyer des recherches de classe mondiale dicte les prochains objectifs pour la salle blanche Quantum NanoFab :

**Construire d'autres installations de fabrication.** Mentionnons par exemple l'appareil de lithographie par faisceau d'électrons de 100 kV, dont la mise en place est prévue début 2016. Cette machine permettra aux chercheurs de construire de manière fiable des structures n'ayant que 8 nanomètres de largeur – l'équivalent d'environ 80 atomes.

**Offrir davantage de services de soutien et de fabrication.** Le nombre d'utilisateurs du laboratoire va augmenter avec les capacités de la salle blanche, et il faudra donc davantage de formation. Il y a aussi la possibilité d'offrir des services de fabrication à des clients de l'extérieur et à entreprises en démarrage, pour qui la rapidité de commercialisation est essentielle..

Cette possibilité enthousiasme énormément Vito Logiudice. **SIMARJEET SAINI**, du WIN et professeur au Département de génie électrique et d'informatique de l'Université de Waterloo, a réalisé dans la salle blanche Quantum NanoFab un dispositif nanotechnologique économique capable de détecter une contamination de l'eau potable. « C'est motivant de voir ce que l'accès à ces installations permet de réaliser, dit M. Logiudice. Nous fournissons l'infrastructure, mais c'est exceptionnellement gratifiant de voir qu'elle est utilisée de manière créative et fructueuse. » [traduction]

› L'équipe de la salle blanche Quantum NanoFab

# DIRECTION
## DE L'IQC

DU 1er AVRIL 2014 AU 31 MARS 2015

### 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

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

**David Fransen**
Ancien consul général du Canada à Los Angeles

**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, Université de Waterloo

**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

**Pearl Sullivan**
Doyenne, 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*

**Michele Mosca**
*directeur général adjoint*

**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*

**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 1*

**Matthew Fries**
*coordonnateur, séjours scientifiques*

**Chin Lee**
*assistante du directeur général adjoint*

**Jessica Miranda**
*coordonnatrice administrative, recrutement des postdoctorants, membres associés et membres affiliés*

**Mary Lyn Payerl**
*agente financière*

**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*

# MERCI

**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.**

UNIVERSITY OF WATERLOO | IQC Institute for Quantum Computing | Ontario | Canada