RAPPORT ANNUEL 2022-2023

INSTITUT QUANTIQUE UdS

ACCÉLÉRER LA RÉVOLUTION QUANTIQUE

TABLE DES MATIÈRES

MOT DU DIRECTEUR 6

À PROPOS DE L'INSTITUT 8

FAITS SAILLANTS 9

Inauguration du nouveau pavillon de l'Institut quantique à l'Université de Sherbrooke 9

Semaine des projets porteurs 12

Grande Conférence UdeS - Donna Strickland, Nobel de physique fait la lumière… sur la lumière 13

Rencontre éthique et quantique: notre société est-elle prête? 15

Nouveau baccalauréat en sciences de l'information quantique à la Faculté des sciences 18

Science et technologie 19

Explorer le potentiel des memristors pour l'ordinateur quantique et l'intelligence artificielle 19

Des outils mathématiques pour relier les qubits 21

Deux scientifiques de l'IQ font une percée dans la compréhension de la propriété fascinante de l'intrication quantique 23

Un code de surface testé expérimentalement 25

Percer les mystères des matériaux quantiques avec les champs magnétiques les plus intenses 27

Fonds des leaders John-R.-Evans de la FCI 29

Prix et distinctions 30

La professeure Anne MacKay récompensée 30

Prix de la recherche et de la création - Déjouer les pièges de la quantique - Stefanos Kourtis 31

Collaborations et partenariats 32

Nouvelle collaboration entre l'Université de Sherbrooke et la France 32

Pr Paul G. Charette nommé directeur du 3IT 34

Sensibilisation et formation 35

Atelier *Quantum Cavities* 5e édition 35

L'Institut quantique accueille les enseignants et enseignantes des cégeps 36

Atelier de simulation gouvernemental : Cybersécurité quantique 37

Atelier IRL 38

École d'été internationale sur les méthodes de calcul pour les matériaux quantiques 39

Atelier Matériaux Quantiques Canada 40
Rassemblement cifar en matériaux quantiques 40
Troisièmes portes ouvertes annuelles de l'AlgoLab de l'IQ 41
Atelier Silicon Quantum Electronic 42
Hackaton Québec Quantique 43
PERSONNES 44
Nouveaux membres de l'IQ 44
Armand Soldera 44
Mathieu Massicotte 46
Maxence Mayrand 47
Programme de bourses postdoctorales de l'IQ 48
Nicolas Bourlet 48
Benjamin Bacq-Labreuil 50
IQ en chiffres 52
Visiteurs de l'IQ 54
Membres – Axes et objectifs de recherche 56
Personnel 63
Gouvernance 65
Collaborateurs et partenaires de l'IQ 66
Prix et Mentions 69
Finances 70
PUBLICATIONS DE 2022 71

NOTRE VISION

Les sciences quantiques produiront des technologies qui transformeront notre société. L'Institut quantique de l'Université de Sherbrooke est au cœur d'un écosystème dynamique qui accélère cette révolution quantique.

NOTRE MISSION

Placer les étudiantes et étudiants au centre de la recherche dans un environnement ouvert et collaboratif pour accélérer le passage de la science aux technologies quantiques. Nous formons des leaders possédant les compétences et la pensée critique essentielles à la création de connaissances pertinentes pour une société en transformation.

MOT DU DIRECTEUR

Alexandre Blais, directeur scientifique.

Cette année, nous avons célébré une étape importante de notre histoire avec l'inauguration du nouveau bâtiment de l'Institut quantique. Ce fut un plaisir de voir les membres de notre communauté se rassembler en grand nombre pour souligner ce nouveau pavillon dont nous sommes toutes et tous fiers. Enfin, nous avons notre milieu de vie unique et inspirant, qui nous permet maintenant d'être réunis sous un même toit!

Cette année marque aussi le départ de Michel Pioro-Ladrière, professeur au département de physique et directeur adjoint de l'Institut quantique. Il nous quittera à la fin de l'été 2023 pour poursuivre de nouvelles opportunités, la bonne nouvelle est qu'il demeure dans cet écosystème. Michel s'est impliqué dans la création et le développement de l'Institut quantique depuis ses tout débuts. On retrouve sa vision dans plusieurs des grands projets de l'Institut quantique, dont la subvention Apogée, le nouveau bâtiment inauguré cette année et la zone d'innovation en science quantique. Au nom de la communauté, on te remercie Michel.

De nouveaux membres ajouteront leur expertise à notre institut augmentant d'autant les possibilités de collaborations interdisciplinaires. Arrivé en 2019 à l'IQ comme stagiaire postdoctoral pour étudier des matériaux 2D comme le graphène et explorer leur potentiel, Mathieu Massicotte poursuivra ses travaux de recherche à l'IQ, lui

qui est maintenant professeur au Département de génie électrique et génie informatique de l'UdeS. Le professeur Maxence Maryand du Département de Mathématique de la Faculté des Sciences se joint aussi à l'IQ, l'enrichissant de son expertise en géométrie différentielle, sa spécialité : tisser des liens entre mathématiques et physique. Finalement, notre allié dans le dossier de la mise sur pied du baccalauréat en science de l'information quantique, le professeur au Département de chimie de l'Université de Sherbrooke, Armand Soldera joint l'équipe de l'IQ. Nos membres sont également récompensés, ainsi, Anne MacKay a mérité le Doob Best Paper Prize tandis que Stefanos Kourtis s'est vu remettre un prix institutionnel de la recherche et de la création.

Parmi les nombreux évènements qui ont animé la vie à l'Institut quantique cette année, soulignons la semaine des projets porteurs qui s'est tenue en décembre. En plus de séminaires sur les découvertes réalisées dans le cadre de ces projets, une session d'affiches a généré un vif enthousiasme et a créé une belle occasion de rencontres entre les membres de la communauté.

Dans l'optique de consolider le positionnement de l'Université de Sherbrooke en science quantique et de contribuer à la formation des futurs scientifiques, nous sommes très fiers du nouveau programme de baccalauréat en physique quantique qui a vu le jour à l'automne 2022. Ce programme a permis cette année aux étudiants d'amorcer l'acquisition de bases solides en quantique et les préparera, tout comme ceux des cohortes à venir, à des carrières passionnantes dans ce domaine en constante évolution et éventuellement à des études graduées dans le domaine. Cette nouvelle offre de formation bonifie l'éventail des options déjà disponibles en quantique à Sherbrooke.

Après maintenant bientôt près de huit années d'existence, il est maintenant temps pour l'Institut quantique de faire une évaluation de ses activités de recherche ainsi qu'une planification stratégique. Les résultats de cet exercice, entrepris avec tous les membres, guideront le développement de notre institut au cours des prochaines années.

Pour conclure, je tiens à souligner le travail réalisé au niveau national pour l'élaboration de la stratégie quantique pour le Canada maintenant financé à hauteur de 360M$ pour sept ans. Les efforts sont déjà en cours afin d'élaborer la prochaine mouture de cette stratégie afin qu'elle soit plus ambitieuse et ainsi avoir plus d'impact pour notre communauté et pour la recherche en quantique au pays.

Photo : Cœur des sciences/Pierre-Luc Dao

À PROPOS DE L'INSTITUT

L'Institut quantique (IQ) de l'Université de Sherbrooke rassemble des chefs de file mondiaux de la recherche et de la formation interdisciplinaire en science et technologies quantiques. L'IQ est un milieu collaboratif à l'interface de l'informatique quantique, des matériaux quantiques et de l'ingénierie quantique qui offre des perspectives scientifiques et professionnelles exceptionnelles à la communauté étudiante, à ses membres et à ses partenaires.

NOS ACTIONS

- Développer des projets à l'interface de nos axes de recherche.
- Former le personnel hautement qualifié qui sera le moteur de l'économie de demain.
- Accélérer le développement des technologies quantiques, l'entrepreneuriat et la mise en marché de ces technologies.
- Susciter l'intérêt des joueurs clés dans le développement des technologies quantiques.
- Sensibiliser la société aux enjeux technologiques émanant des sciences quantiques.

SUBVENTION MAJEURE APOGÉE

Les chercheurs de l'IQ ont reçu un financement de 33,5 M$ pour les sept prochaines années par le Fonds d'excellence à la recherche Apogée Canada (CFREF), dans le cadre du projet « De la science quantique aux technologies quantiques », une stratégie ambitieuse comptant répondre aux besoins de l'ère numérique du 21e siècle.

APOGÉE CANADA
FONDS D'EXCELLENCE EN RECHERCHE

FONDS DE RECHERCHE DU QUÉBEC

Regroupés sous l'appellation « Fonds de recherche du Québec », les trois Fonds – Nature et technologies, Santé, Société et culture – ont pour mission de promouvoir et de soutenir financièrement la recherche, la mobilisation des connaissances et la formation des chercheurs au Québec et d'établir les partenariats nécessaires à l'accomplissement de leur mission.

Québec
Fonds de recherche – Nature et technologies
Fonds de recherche – Santé
Fonds de recherche – Société et culture

FAITS SAILLANTS

INAUGURATION DU NOUVEAU PAVILLON DE L'INSTITUT QUANTIQUE À L'UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE

Un lieu unique d'effervescence pour les sciences et les technologies quantiques

Doté d'équipements scientifiques et de laboratoires à la fine pointe de la technologie ainsi que d'espaces originaux et conviviaux d'échanges et de rencontres créatives, le nouveau pavillon qui abrite l'Institut quantique de l'Université de Sherbrooke sera manifestement le creuset de révolutions technologiques futures.

En plus de contribuer à la formation de personnel hautement spécialisé dont la société a déjà besoin, le pavillon permettra également d'accueillir des conférences internationales et des écoles d'été ainsi que des ateliers spécialisés. Il contribue déjà au rayonnement de l'IQ et de l'UdeS à l'international et permettra de recruter davantage de personnes de talents en recherche quantique et d'attirer de nouveaux partenaires.

Une cérémonie d'inauguration a rassemblé quelque 150 personnes, dont la députée de Sherbrooke, Élisabeth Brière; la mairesse de Sherbrooke, Évelyne Beaudin, le recteur de l'Université de Sherbrooke, Pr Pierre Cossette, le directeur scientifique de l'IQ, Pr Alexandre Blais, et le directeur adjoint, Pr Michel Pioro-Ladrière.

Les invités ont pu découvrir les nouvelles installations dont l'architecture, toute en courbes et en spirales, est inspirée d'un réfrigérateur à dilution, l'instrument au cœur des recherches quantiques. Représentant un investissement de plus de 13 M$, le nouveau pavillon a bénéficié de financement provenant du gouvernement du Canada, par l'entremise de la Fondation canadienne pour l'innovation, du ministère de l'Économie et de l'Innovation du Québec ainsi que de l'Université de Sherbrooke et ses partenaires.

Pour le recteur, ce nouvel ajout sur le campus illustre le dynamisme de la communauté qui gravite autour de l'Institut quantique : «Les activités de recherche qu'on retrouve ici sont de calibre international et placent Sherbrooke au cœur des efforts quantiques au Québec et au Canada. Après la désignation de la Zone d'innovation, l'ajout de ce bâtiment signature sur le campus constitue une preuve de plus de l'importance de ce domaine de recherche pour l'Université de Sherbrooke.»

«L'excellence scientifique de l'Institut quantique et la qualité des installations que nous avons réussi à lui fournir sont les deux fondements d'une attractivité que nous souhaitons mondiale, ajoute le recteur Cossette. Les recherches, échanges scientifiques, applications transférées et activités de formation qui auront lieu ici sont une contribution de l'UdeS pour changer le monde tout en gardant en perspective que ces technologies sont au service des personnes et de la société.»

« La science quantique transforme notre façon de concevoir et de mettre au point tout ce qui nous entoure. Elle est source de recherche et d'innovation et c'est pourquoi notre gouvernement appuie les chercheurs et scientifiques dans la poursuite de leurs travaux dans cette discipline émergente et révolutionnaire. Au moment même où le gouvernement élabore la Stratégie quantique nationale du Canada, les contributions de l'Institut quantique de l'Université de Sherbrooke montrent le chemin à suivre afin de consolider notre rôle de chef de file dans les technologies de l'avenir. »– Le ministre de l'Innovation, des Sciences et de l'Industrie, l'honorable François-Philippe Champagne

La secrétaire parlementaire de la ministre de la Santé mentale et des Dépendances et ministre associée de la Santé, et députée de Sherbrooke, Élisabeth Brière ajoute pour sa part : « Le pavillon de l'Institut quantique de l'Université de Sherbrooke, véritable carrefour du savoir et de la technologie quantique au pays, est le résultat d'une vision audacieuse, ambitieuse et inclusive. Le quantique est en plein essor, ici à Sherbrooke, en raison notamment de nos dynamiques chercheurs et du financement offert par le gouvernement du Canada. Cette technologie de pointe permet d'accroître notre capacité en matière de cybersécurité, de communication et de sciences informatiques de façon telle qu'on n'aurait pu l'imaginer il y a dix ans. L'IQ accélère cette révolution en jetant des ponts entre la science et les technologies du futur. Félicitations pour cette étape déterminante. »

«Le Québec développe une expertise de calibre mondial dans les technologies quantiques, un domaine que je suis fier d'avoir appuyé avec la création de la zone d'innovation de Sherbrooke. Tout cela est possible grâce à nos chercheurs, qui pourront maintenant se réunir dans un nouveau pavillon à la hauteur de leurs ambitions», soutient le ministre de l'Économie et de l'Innovation et ministre responsable du Développement économique régional, Pierre Fitzgibbon.

«La région de l'Estrie, et en particulier la Ville de Sherbrooke, est désormais une référence dans le quantique. On y trouve un écosystème de recherche et d'innovation solide et diversifié, qui rayonne ici et ailleurs dans le monde. L'Institut quantique canalise les connaissances et les efforts de tous les intervenants du milieu avec l'objectif

de faire du Québec un pôle incontournable dans ce domaine de pointe», affirme la députée de Saint-François, Geneviève Hébert.

«L'Université de Sherbrooke illustre à nouveau son caractère innovant avec la création de ce pavillon. C'est une immense richesse pour notre ville d'avoir une institution qui affiche autant de vision et de leadership dans le monde universitaire. Grâce à l'Université de Sherbrooke, le futur passera par chez nous», ajoute pour sa part la mairesse de la Ville de Sherbrooke, Évelyne Beaudin.

Pour le directeur scientifique de l'IQ, Pr Alexandre Blais, on ne fait que commencer à voir poindre le potentiel des sciences et technologies quantiques : «Les découvertes dans le domaine des sciences quantiques s'accélèrent et les retombées potentielles sont vastes. La réalisation de ces idées nécessite de la recherche fondamentale et appliquée, des infrastructures de pointe et l'intersection de plusieurs expertises. Nous retrouvons maintenant chacun de ces ingrédients, tous réunis dans ce nouveau pavillon de l'Institut quantique de l'Université de Sherbrooke.»

INTERACTIONS ENTRE LES MEMBRES, FAVORISER LES ESPACES D'ÉCHANGE

Grâce à ce bâtiment, les experts reconnus internationalement en matériaux quantiques, en informatique et en génie quantique pourront être rassemblés sous un même toit. «La recherche se fait dans les laboratoires, la science se produit dans les corridors.» C'est ainsi que le directeur adjoint, Pr Michel Pioro-Ladrière, a résumé l'esprit qui a animé ceux et celles qui ont participé à la conception : «Favoriser les interactions entre les membres de l'IQ; de cette façon, le bâtiment lui-même devient un équipement de recherche. C'est en favorisant la collision d'idées qu'on pense vraiment créer une synergie pour en faire un lieu où il y a de meilleures réflexions, plus de créativité, et c'est ainsi qu'on va réaliser de plus grandes découvertes scientifiques.» Le professeur a profité de l'occasion pour remercier les nombreux partenaires, et surtout, la communauté de l'IQ qui s'est mobilisée pour que ce projet devienne réalité.

DISTINCTIONS

Ordre des architectes du Québec - Prix d'excellence

En avril 2023, l'Ordre des architectes du Québec a remis un Prix d'excellence en architecture pour le projet de l'IQ piloté par Saucier+Perrotte Architectes. Comme l'ont noté les membres du jury : « Les architectes ont ici osé s'éloigner de leur style habituel en concevant un bâtiment singulier, au parti architectural limpide, qui offre de généreux lieux de rencontre et dont la structure de bois se déploie autour d'un noyau de béton.»

Photo: Jonathan Avenel
Conseil de l'industrie forestière du Québec

CECOBOIS

Lors de l'événement Perspectives CEO 2023 du Conseil de l'industrie forestière du Québec, Cecobois, le Centre d'expertise sur la construction commerciale en bois a remis une plaque commémorative à l'Université de Sherbrooke.

Cette distinction souligne le carbone évité et le carbone séquestré dans les bâtiments qui ont eu recours au bois pour leur structure et s'inscrit dans le cadre de la Politique d'intégration du bois dans la construction par le gouvernement du Québec

Le pavillon de l'Institut quantique est conçu avec une structure hybride innovante qui marie le bois lamellé-croisé (CLT), des poutres en bois lamellé-collé, des poutres Peikko et des poutres d'acier. Cette structure novatrice s'est d'ailleurs vu attribuer une subvention exceptionnelle de 1M$ dans le cadre du programme de vitrine technologique pour les bâtiments en bois. Dans le cadre de la subvention, la firme d'ingénierie structurale Latéral a travaillé étroitement avec l'Université Laval afin de développer un système de tiges encollées dans le CLT – une première mondiale.

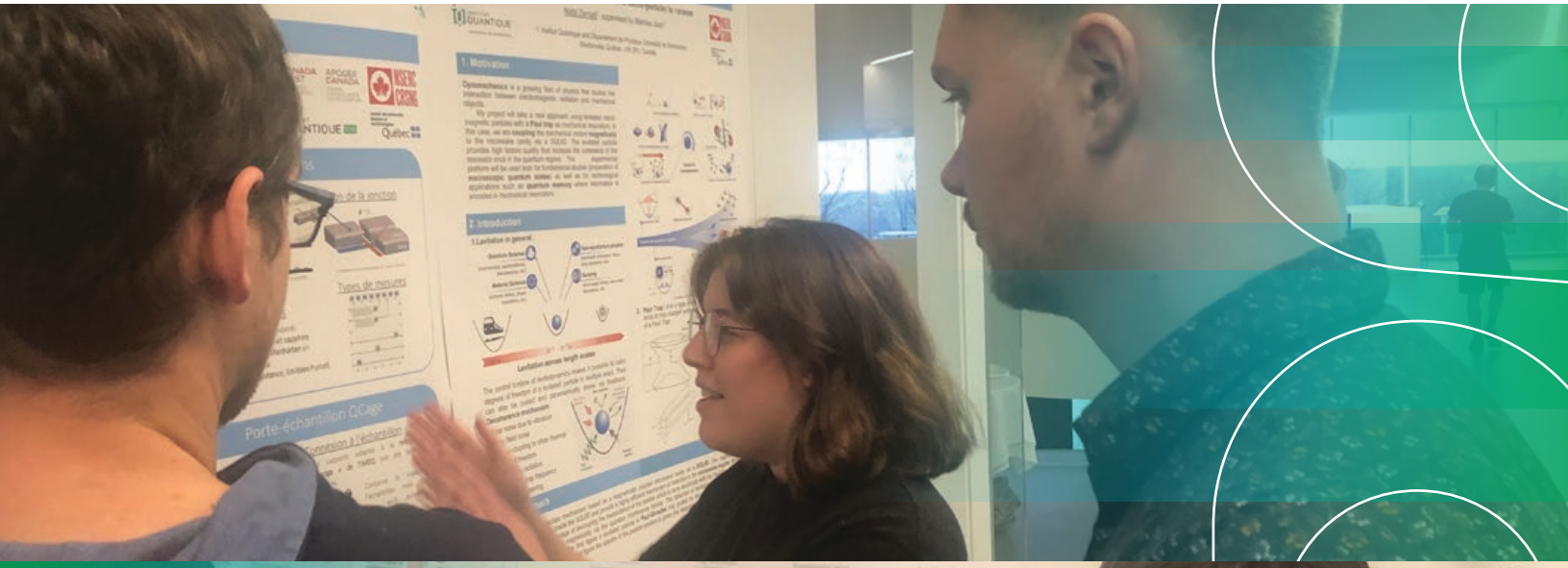
SEMAINE DES PROJETS PORTEURS

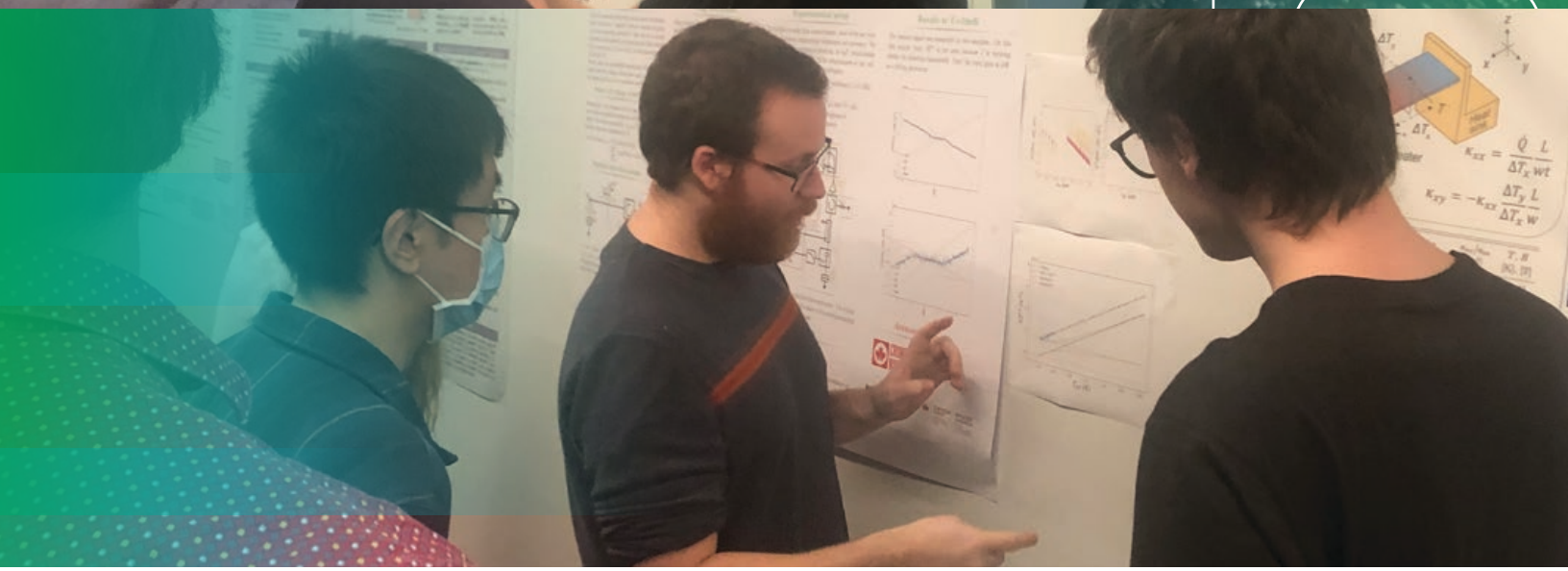
Les projets porteurs de l'Institut quantique visent à décloisonner les silos et mobiliser les expertises de toute la communauté dans le but d'obtenir des retombées scientifiques majeures.

La semaine du 5 décembre 2022 dernier fut consacrée à nous réunir pour suivre l'avancement des travaux de recherche au sein de ces projets porteurs. Cet événement a permis de rassembler la communauté de l'IQ autour du progrès scientifique de ces projets dans une ambiance festive avant les vacances hivernales.

Chaque journée se concentrait sur un seul projet porteur, avec des présentations par des membres de l'équipe du projet suivi d'une période de discussion ouverte. La semaine s'est clôturée par une session d'affiches dans les corridors de l'IQ combinée au dernier 4à6 de l'année.

Félicitations à tous nos membres qui participent à nos projets porteurs pour votre audace. Nous avons bien hâte de voir où vous mèneront ces projets rassembleurs !





GRANDE CONFÉRENCE UDES - DONNA STRICKLAND, NOBEL DE PHYSIQUE FAIT LA LUMIÈRE... SUR LA LUMIÈRE

L'IQ a eu l'honneur de recevoir, le 11 janvier, la première Canadienne à remporter le prix Nobel de physique, la professeure Donna Strickland.

Première Canadienne et troisième femme à remporter le prix Nobel de physique, notre invitée, la professeure à l'Université de Waterloo, Donna Strickland inscrit ses travaux de recherche directement dans la lignée scientifique qui se consacre à la compréhension et à l'utilisation de la lumière.

En effet, la publication à l'origine du prix Nobel de physique 2018 est le résultat de travaux de doctorat effectués sous la direction du Pr Gérard Mourou à l'Université Rochester en 1985, également lauréat du prix Nobel. Ensemble, ils sont les instigateurs de l'amplification d'impulsions pulsées (*chirped pulse amplification*), une méthode qui permet de créer des impulsions laser ultracourtes et de très haute énergie.

Lorsque l'on cherche à amplifier une impulsion ultrabrève dans un milieu non linéaire, la puissance crête de cette impulsion laser est limitée par le seuil de dommage du cristal amplificateur. La technique mise au point par Strickland et Mourou en 1985 a permis de contourner cette limitation physique, par une astuce de répartition judicieuse de l'énergie lumineuse dans le temps. Dans une première étape, les impulsions laser sont étirées temporellement, à l'aide de technologies classiques de dispersion en fréquence. Les impulsions peuvent alors être amplifiées dans le milieu de gain (sans causer de dommage à celui-ci), puis recomprimées à la sortie du cristal amplificateur avec les mêmes technologies matures de dispersion en fréquence.

UNE INFLUENCE JUSQUE DANS LES LABOS DE L'UDES

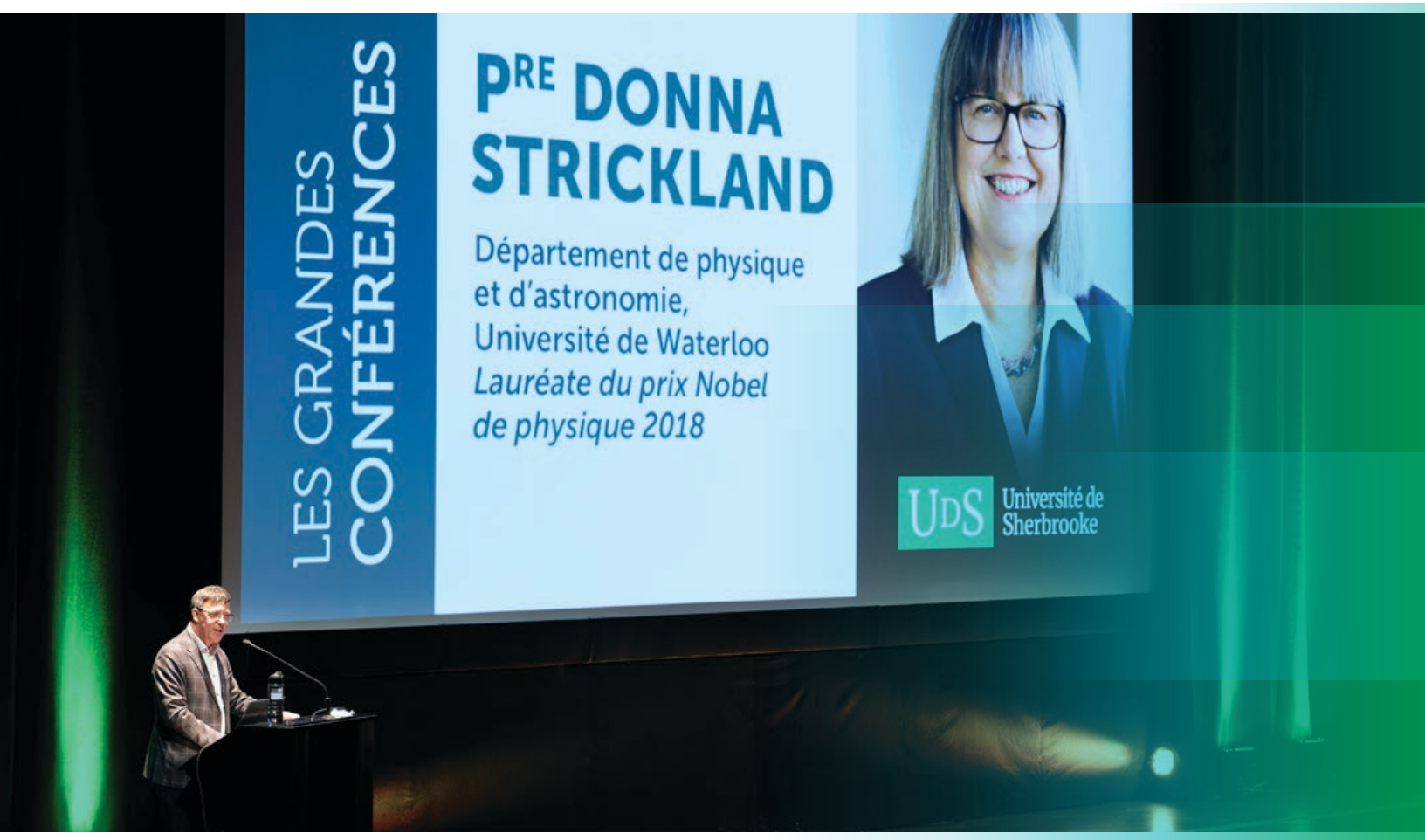
Plusieurs groupes de recherche à l'Université de Sherbrooke utilisent des technologies laser tirant profit de cette technique « d'amplification d'impulsions sources mises en forme par dérive en fréquence ». À la Faculté des sciences et à la Faculté de génie, ces technologies laser sont couramment utilisées pour produire par effet non linéaire des impulsions ultrabrèves pouvant couvrir une large gamme de fréquences, de l'infrarouge lointain à l'ultraviolet. Mentionnons que le professeur émérite André Bandrauk, du Département de chimie, est l'un des pionniers du domaine de la photonique moléculaire utilisée pour l'étude du mouvement des électrons au sein des molécules et pour la production d'impulsions

attosecondes, de très grandes énergies. Denis Morris, professeur au Département de physique et membre de l'Institut quantique, explique que les travaux de la Pre Strickland ont eu une influence déterminante sur le domaine et sur le développement des systèmes laser compacts (dits « *table-top* » en anglais).

« J'utilise ces systèmes laser couramment pour la réalisation de mes expériences de type pompe-sonde visant à étudier les propriétés optiques et électroniques de matériaux avancés, ainsi que pour l'étude des phénomènes ultrarapides dans les solides (relaxation de l'énergie des porteurs chauds dans des nanostructures, conversion spin-charge, couplage électron-phonon, etc.)» explique le Pr Morris

De son côté, Paul-Ludovic Karsenti, coordonnateur des laboratoires de photonique au Département de chimie, utilise un dérivé des travaux de la Pre Strickland. « Deux semaines après avoir débuté ma maîtrise à l'Université de Montréal, mon directeur de recherche Carlos Silva me mandatait déjà de préparer une courte présentation sur le *chirped pulse amplification*. L'idée était de nous faire comprendre non seulement comment obtenir les intenses impulsions femtosecondes que nous employions, mais aussi d'apprécier avec quelle élégance il était possible de manipuler spectralement et temporellement des impulsions laser. Ça fait maintenant plus de 15 ans que j'utilise quasi quotidiennement des lasers femtosecondes amplifiés pour mettre sur pieds différents montages expérimentaux afin de sonder les dynamiques électroniques ultrarapides dans tous types de matériaux.»

La méthode présentée par la Pre Strickland basée sur une compréhension encore plus fine des interactions entre la matière et le laser a permis un bond prodigieux pour le laser. Les avancées techniques utilisées pour la chirurgie de la cornée au laser ou le micro-usinage du verre utilisé dans les téléphones cellulaires ne sont que quelques exemples de l'influence certaine sur notre quotidien des travaux de recherche sur la lumière.



RENCONTRE ÉTHIQUE ET QUANTIQUE: NOTRE SOCIÉTÉ EST-ELLE PRÊTE?

Les avancées technologiques en quantique représentent un changement de paradigme tant leur potentiel est grand. Comment déployer ces technologies de rupture sans créer un déséquilibre social et économique?

À l'Institut quantique de l'Université de Sherbrooke, comme ailleurs sur la planète, cette préparation passe par un dialogue constructif entre, notamment, les disciplines.

Rencontre mariant éthique et quantique avec Isabelle Lacroix, vice-doyenne au développement et à l'international à la Faculté des lettres et sciences humaines et professeure à l'École de politique appliquée, et Christian Sarra-Bournet, directeur administratif de l'Institut quantique de l'Université de Sherbrooke.

La science quantique va changer le monde. Cette révolution sera-t-elle aussi importante que l'arrivée des téléphones intelligents dans vos vies?

[M. Sarra-Bournet] Je crois que le potentiel est plus grand, mais il ne sera pas apparent dans la vie de tous les jours.

Les technologies quantiques sont vraiment des outils incroyables pour pouvoir continuer notre poursuite de l'avancement des connaissances. Comprendre l'univers, le monde dans lequel on vit, la nature…

Mais, si la science quantique nous permet de faire avancer les connaissances, ce sont les technologies qui en découleront qui changeront véritablement notre quotidien.

Par exemple, à l'aide d'un ordinateur quantique ayant un nombre considérable de qubits tolérants aux fautes, on pourra envisager un développement plus rapide de nouveaux médicaments. Est-ce que c'est le nouveau médicament qui aura un impact sur nos vies, ou l'arrivée de l'ordinateur quantique? En soi, la science quantique n'aura pas de répercussions directes sur la vie de tous les jours.

On peut faire un parallèle avec l'intelligence artificielle : une personne qui voit son parcours d'autobus optimisé ne dira pas que l'intelligence artificielle a amélioré son quotidien. Elle se dira simplement que c'est agréable d'avoir accès à cette technologie!

Parmi toutes les technologies quantiques qui seront développées, l'ordinateur quantique est celle dont le déploiement représente un plus grand enjeu éthique. Pourquoi?

[Pre Lacroix] Le potentiel de l'ordinateur quantique tel qu'on nous l'explique à nous, gens qui ne relèvent pas de ce domaine, c'est qu'il nous permettra d'accomplir des choses qu'on est incapables de faire présentement, et que cela va rendre obsolètes les autres technologies qui pourraient partager le marché économique ou social.

[M. Sarra-Bournet] Oui, c'est la technologie quantique qui aura le plus gros impact quand on réfléchit à ce qu'il nous permettra de réaliser. Le problème, c'est qu'on n'a pas de point de comparaison pour s'y préparer.

[Pre Lacroix] Mais il ne s'agit pas de dire que les technologies quantiques, c'est un danger imminent, et que notre monde risque de s'écrouler. Bien sûr, il faut se préoccuper des effets négatifs, mais il y a surtout une potentialité de retombées positives sur nos sociétés.

Qu'est-ce qu'on peut faire dès maintenant pour nous assurer que ces technologies, dont l'ordinateur quantique, seront utilisées à bon escient?

[Pre Lacroix] Il faut s'assurer que la technologie soit placée entre les mains des bonnes personnes, soit un nombre critique de personnes qui ont l'objectif d'améliorer véritablement le bien commun.

Ce qu'on ne voudrait pas, c'est que l'ordinateur quantique soit contrôlé par une poignée de grandes entreprises ayant une mainmise sur l'ensemble du marché économique, voire une mainmise sur la sécurité de nos États. L'idéal, c'est que l'accès à cette technologie soit réparti entre de nombreuses entreprises qui peuvent se mettre au service du bien commun.

Prenons l'exemple des nouveaux médicaments donné par Christian. S'il y a trois entreprises qui réussissent à offrir ce service et que seules 14 personnes riches sur la planète sont en mesure de se payer ce traitement, on n'aura pas atteint l'objectif d'améliorer la vie de milliers de personnes avec cette technologie.

Pour éviter ce scénario, il faut dès maintenant établir un dialogue, d'abord entre disciplines. Par exemple, l'Institut quantique de l'UdeS m'a invitée en octobre dernier pour animer un webinaire sur les enjeux éthiques et politiques des sciences quantiques, parce que les gens de cet institut s'intéressent à ce que font les décideurs dans cet écosystème-là.

L'institut quantique de l'UdeS a bien compris l'importance d'agir en amont. Quelles sont ses initiatives?

[M. Sarra-Bournet] Ce qu'on fait à l'Institut quantique et que d'autres essaient aussi de faire, c'est justement de démarrer ce dialogue-là. On participe notamment au *Canadian Science Policy Conference*. On a aussi organisé des activités avec l'Acfas, l'I*nternational Government Science Advice (INGSA)* et le Fonds de recherche du Québec (FRQ) dans le but d'amener ce sujet sur la scène publique. De plus, au niveau du gouvernement fédéral, je participe à un panel d'experts qui se penche sur ce type de considérations.

Parmi les initiatives plus récentes, l'institut GESDA à Genève a lancé il y a quelques mois *The Open Quantum Institute*, une entité sans but lucratif ouverte à cette discussion à l'échelle internationale. Sa mission est de faire en sorte que les technologies quantiques soient développées pour le bien commun et non seulement pour des intérêts personnels, commerciaux ou nationalistes. C'est une initiative qui a lieu actuellement, et l'Institut quantique y participe.

Les pays travaillent donc déjà ensemble pour contrer ces enjeux potentiels?

[Pre Lacroix] À vrai dire, cette conversation entre les disciplines est tout à fait réaliste dans un environnement démocratique comme le Canada, les États-Unis, l'Allemagne et la Grande-Bretagne. Mais cette course internationale pour la maîtrise des technologies quantiques se fait aussi avec des États qui ne sont pas dans cet esprit démocratique, et cette réalité doit être prise en considération. Pensons à la Chine, qui veut être une force en cette matière, mais qui ne joue pas selon les mêmes règles que nous.

Maintenant que ce dialogue est ouvert entre les disciplines, quelle est la prochaine étape?

[Pre Lacroix] Quand on dit à des citoyens, à des groupes de la société civile ou à des décideurs « Ça va être gros, mais je n'ai aucune idée de ce que ça va être », les gens se disent « Parfait, on s'en reparle quand tu le sauras ». C'est normal, vous savez, la création de politiques publiques, il faut toujours bien avoir quelque chose à régler pour les créer.

Toutefois, pour la question des technologies quantiques, il faut amener les groupes, la société civile et les décideurs à construire immédiatement des balises sur lesquelles on va tabler pour cadrer ce qui va devenir concret. Autrement dit, il faut les amener à se dire « Attendez, minute! Moi, je ne vais pas juste enrichir Google, il faut que ces technologies servent à autre chose! ».

Les appareils politiques sont censés être le gardien de l'équité. L'équité entre les individus, entre les entreprises, entre les nations, entre les êtres humains. Il faut dès maintenant, en même temps qu'on fait avancer les connaissances, qu'on fasse avancer cette réflexion.

Si nous n'avons encore rien vu des possibilités de la science quantique, nous pouvons affirmer sans réserve qu'elle a la propriété de rapprocher toutes sortes de sciences!

INFORMATIONS COMPLÉMENTAIRES

Visionnez le webinaire Les enjeux politiques et éthiques de la quantique

NOUVEAU BACCALAURÉAT EN SCIENCES DE L'INFORMATION QUANTIQUE À LA FACULTÉ DES SCIENCES

La Faculté des sciences de l'UdeS a développé un baccalauréat en sciences de l'information quantique, le tout premier du genre au monde, afin de contribuer à combler le manque de main-d'œuvre spécialisée dans ce domaine.

Une première cohorte d'une vingtaine de personnes étudiantes ont amorcé en septembre 2022 leur parcours dans ce programme qui s'appuie en partie sur l'expertise développée par la communauté scientifique de l'Institut quantique.

Le dossier mené par le Pr Armand Soldera, vice-doyen aux développements et partenariats à la Faculté des sciences et par le directeur adjoint de l'IQ, le Pr Michel Pioro-Ladrière, mise sur l'interdisciplinarité pour offrir à la communauté étudiante qui s'engage dans ce nouveau baccalauréat une formation professionnalisante : Tout au long de leur parcours, les personnes étudiantes réaliseront des projets intégrateurs favorisant l'acquisition de connaissances pratiques et théoriques, auront accès à des technologies à la fine pointe et mettront en pratique leur propre plan de développement personnel et professionnel. L'interdisciplinarité de ce nouveau programme s'appuie sur l'expertise de plusieurs départements : informatique, mathématiques et physique, le premier baccalauréat facultaire à la Faculté des sciences. De plus, afin d'avoir un contact significatif avec le marché du travail avec le milieu du travail, le programme est offert dans la formule coopérative caractéristique à l'UdeS, permettant ainsi aux personnes étudiantes d'effectuer des stages en entreprise, que ce soit parmi des entreprises déjà présentes en Estrie dans la zone d'innovation comme 1Qbit ou Nord Quantique ou toute autre entreprise ailleurs au monde.

De la simulation quantique pour le développement de nouveaux matériaux ou la découverte de nouvelles molécules, la cybersécurité, la cryptographie l'éventail des possibilités de domaines dans lesquels pourront travailler les futures personnes diplômées est vaste. À cet effet, la dernière session de cours est composée de quatre cours à option, permettant à chaque personne étudiante de parfaire ses connaissances dont elle a spécifiquement besoin pour mener à bon port sa formation individuelle. Félicitations aux personnes impliquées dans la création de ce nouveau programme audacieux.

EXPLORER LE POTENTIEL DES MEMRISTORS POUR L'ORDINATEUR QUANTIQUE ET L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE

Même si le terme «biomimétisme» n'a fait son entrée dans Le Robert qu'en 1975, le processus est utilisé depuis beaucoup plus longtemps. « Apprenez de la nature, vous y trouverez le futur » disait Léonard de Vinci.

Le futur, pour bien des chercheurs et chercheuses de l'IQ, c'est l'ordinateur quantique. En plus de son architecture, des algorithmes et de la correction d'erreurs, cet outil de recherche au potentiel formidable nécessitera également la participation d'ingénieurs et d'ingénieures qui en assureront le contrôle. Il s'agit là d'un défi colossal, et il reste encore beaucoup de travail à faire, puisque maintenir des états quantiques requiert des températures cryogéniques. Il faut donc développer de l'électronique qui pourra fonctionner à ces températures inhospitalières.

Et, pour ce faire, une équipe de recherche de l'IQ et de l'Institut Interdisciplinaire d'Innovation Technologique (3IT) s'intéresse aux memristors (contraction de memory et de resistor). Ce composant électronique, prédit théoriquement par le professeur Leon Chua de Berkeley en 1971, n'a été réalisé qu'une quarantaine d'années plus tard. Il s'agit d'un composant électronique nanoscopique dont la résistance peut être modifiée à volonté. Cette propriété fait des memristors des candidats très prometteurs pour la réalisation de synapses artificielles dans le cadre de circuits optimisés pour l'intelligence artificielle (IA).

Ce qu'on essaie de faire nécessite le mariage des expertises que l'on retrouve au 3IT et à l'IQ. Nous orientons nos projets de recherche à l'interface de l'intelligence artificielle, de la nanoélectronique émergente et de la science quantique; il faut les trois en même temps. Yann Beilliard, professeur en génie et membre de l'IQ.

« Au 3IT, nous développons des mémoires résistives, aussi appelées "memristors", poursuit le chercheur. Il s'agit de nouveaux nanocomposants rendant possible le développement de circuits électroniques à haute performance pour l'IA spécifiquement. Puis, il y a trois ans, l'idée a émergé : pourquoi ne pas appliquer ces

technologies à la mise à l'échelle de l'ordinateur quantique? Concrètement, il s'agit de contribuer au contrôle automatique des qubits à l'aide d'IA et ce, que l'on choisisse les boîtes quantiques sur silicium ou encore les circuits supraconducteurs. L'électronique classique est nécessaire au contrôle des puces quantiques dans le cryostat. Si on veut mettre à l'échelle de la technologie quantique avec des milliers, voire des millions de qubits, nous devrons automatiser les procédés grâce à l'IA et recourir à de l'électronique classique de contrôle qui est très robuste ».

L'équipe de recherche identifie l'IA comme une avenue prometteuse pour l'automatisation de certaines procédures de contrôle de systèmes quantiques, allant de la lecture de qubits à la tomographie en passant par l'état des qubits et le contrôle des dispositifs quantiques sur silicium.

Il faut du matériel informatique très performant pour faire fonctionner l'intelligence artificielle, pour éviter de réchauffer le cryostat. Il faut également de l'électronique optimisée pour que tout fonctionne de façon performante.

« Notre équipe collabore avec Roger Melko, professeur à l'Université de Waterloo et chercheur au Perimeter Institute, et Stefanie Czischek, titulaire d'un Ph. D. en physique, chercheuse post-doctorale dans son groupe, qui se spécialisent dans l'application de l'IA à la quantique, explique Dominique Drouin, professeur à la Faculté de génie. Ce projet de recherche est financé, entre autres, par l'appel à projets de l'IQ. Et, puisque nous avions besoin de données expérimentales pour entraîner des réseaux de neurones pour des boîtes quantiques sur silicium, nous nous sommes basés sur des travaux de recherche de Sophie Rochette et de Julien Camirand Lemyre alors qu'ils étaient au doctorat dans le groupe du professeur Michel Pioro-Ladrière. En plus de travailler à l'interface de plusieurs disciplines et de mettre à profit les ressources du 3IT et de l'IQ, nous avons misé sur une approche collaborative. En réunissant tous ces éléments, nous en sommes arrivés à faire la démonstration d'auto-calibration de boîte quantique par apprentissage automatique, ce qui constitue un pas de plus vers l'automatisation de certaines procédures ».

LES PROCHAINS TRAVAUX

Yann Beilliard nous rappelle le défi de la température : « Nous avons besoin de mémoires résistives cryogéniques, spécifiquement adaptées aux contraintes de fonctionnement des systèmes quantiques pour pouvoir implémenter directement dans le cryostat des méthodes de contrôle basées sur l'IA à haute performance. Par contre, toutes les mémoires développées jusqu'à maintenant sont faites pour être opérées à température ambiante. La prochaine étape consiste donc à concevoir des memristors spécifiquement adaptées aux conditions cryogéniques pour débloquer toutes les applications. Il faudra donc travailler à la fois sur les matériaux et l'architecture des composants, en utilisant notamment des matériaux supraconducteurs, une première dans le domaine des memristors. »

C'est ici que la nature a peut-être ses limites et que les ressources du 3IT, de l'IQ et des collaborateurs prendront tout leur sens.

Photos : Université de Sherbrooke - Michel Caron

Le professeur Jean-Pascal Lemelin, vice-recteur adjoint à la recherche et aux études supérieures en compagnie de Maxime Tremblay.

DES OUTILS MATHÉMATIQUES POUR RELIER LES QUBITS

Élaborer des codes de correction d'erreur

Résistant aux erreurs ou tolérant aux fautes, ces expressions sont employées indistinctement pour illustrer l'un des défis qui ralentissent l'arrivée de l'ordinateur quantique.

De nombreux scientifiques s'affairent à identifier des algorithmes de correction d'erreurs, Maxime Tremblay étudiant au doctorat en physique est l'un de ceux-là.

L'étude *Constant-overhead quantum error correction with thin planar connectivity* publiée dans *Physical Review Letters* est le résultat d'une recherche effectuée lors d'un stage chez Microsoft en compagnie des chercheurs Nicolas Delfosse et Michael E. Beverland, co-auteurs de l'article.

« Les gens qui élaborent et réalisent les qubits sont très bons dans ce qu'ils font, sauf qu'un qubit parfait n'existe pas. Alors disons qu'une opération est un peu déviée en raison du bruit, imagine que cette opération est répétée des milliers de fois, une petite erreur qui s'accumule peut faire rater considérablement la cible. »

Lors de sa participation au concours *Ma thèse en 180 secondes*, il utilisait l'image d'un réseau de chemins de fers. « Si, par exemple ce réseau, reliait toutes les grandes villes du Québec à Montréal. Qu'arriverait-il si une tempête de neige interrompait le service entre Sherbrooke et Montréal? Sherbrooke serait alors coupée du reste du Québec. Il faut éviter que de petites perturbations du réseau aient un impact significatif sur l'ensemble. »

Concevoir des plans pour relier les composantes de l'ordinateur quantique.

L'idée est d'éviter la multiplication d'erreurs à mesure que des composantes supplémentaires s'ajoutent à l'ordinateur quantique pour en maximiser la fiabilité tout en minimisant également les ressources. Pour reprendre l'analogie du chemin de fer, il est possible de construire des voies ferrées qui relieraient toutes les villes entre elles, ce qui finit par engendrer des coûts exorbitants compte tenu de la multiplicité des réseaux.

Maxime Tremblay nous résume en ces termes la publication. « Pour réaliser cet équilibre, nous avons utilisé des méthodes qui fournissent d'excellents patrons de connexion. Elles nous permettent de relier les qubits sans trop de connexions entre eux, tout en restreignant la quantité d'erreurs. »

Élaborer des modèles mathématiques pour relier les qubits entre eux est la première étape, mais le travail n'est pas terminé. Maxime Tremblay explique la prochaine étape : « il faut ensuite mesurer le système et mesurer un système quantique est une tâche complexe, il y a plusieurs règles à observer. La question que nous nous sommes ensuite posée c'est : maintenant qu'on sait que ces patrons de connectivité sont très robustes et à faible coût, peut-on les mesurer efficacement? »

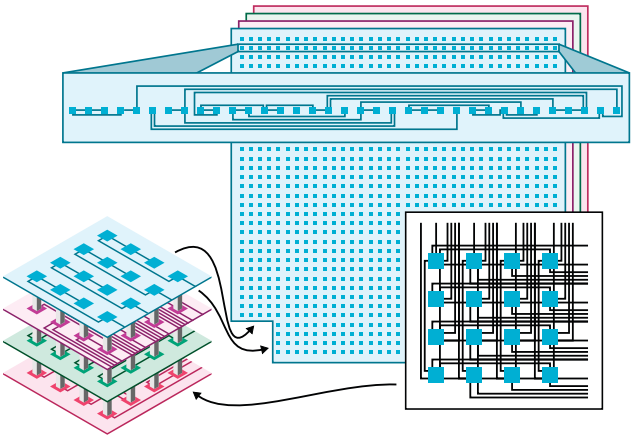
Mesurer l'état du système assure la fiabilité des opérations ou, le cas échéant, apporter certains ajustements pour retrouver cette fiabilité. Cette mesure doit aussi se faire rapidement pour conserver l'efficacité et profiter ainsi du plein potentiel du calcul quantique.

« Nous avons trouvé un algorithme qui est optimal en termes de temps et de ressources pour extraire l'état du système. Nous avons élaboré l'algorithme et fait la démonstration à l'aide de résultats mathématiques qu'il était optimal, qu'il n'est pas possible de faire mieux. »

Et cet algorithme peut s'appliquer à n'importe quelle architecture de qubits.

Pour le co-auteur de l'article Nicholas Delfosse, chercheur principal chez Microsoft, et ancien stagiaire postdoctoral dans le groupe de David Poulin, le travail de Maxime est remarquable.

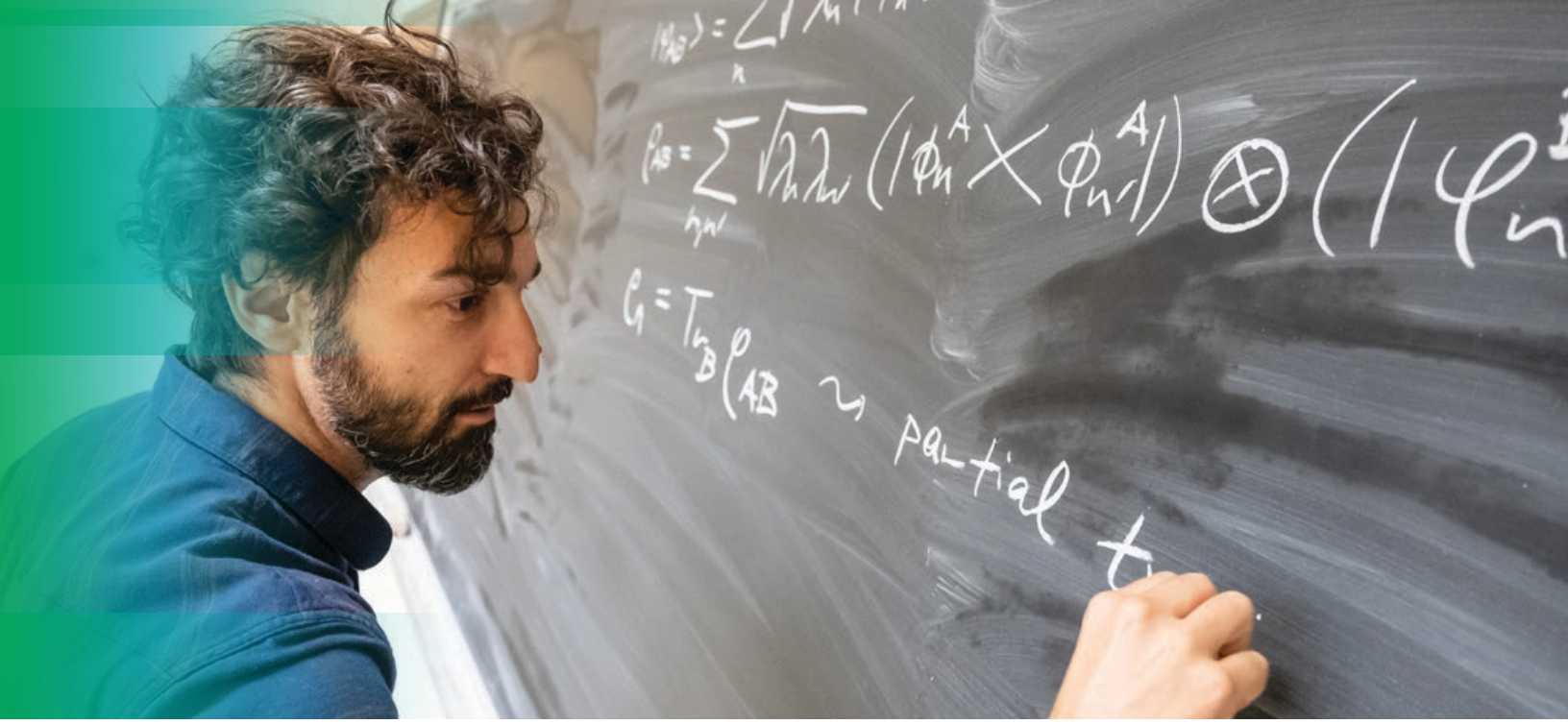
« L'un des principaux obstacles à la conception d'un ordinateur quantique de grande d'envergure est le coût très élevé de la correction des erreurs quantiques. La plupart des opérations d'un ordinateur quantique consistent à corriger les erreurs pour garantir que le résultat du calcul est juste. Maxime a fait un travail fantastique pendant son stage dans notre équipe chez Microsoft. Il ouvre la voie à un nouveau type d'architecture d'ordinateur quantique qui peut réduire considérablement le coût de la correction d'erreurs quantiques.»



Ce qui distingue la recherche de Maxime Tremblay et ses collègues, c'est le choix de la méthode qu'il décrit. « Nous avons utilisé des méthodes qui viennent de la théorie des graphes pour la connectivité, les patrons pour designer les circuits et les puces. Nous nous sommes largement inspirés de méthodes utilisées en informatique classique qui fonctionne grâce à des millions de processeurs qui sont placés sur de minuscules puces. Impossible de superposer deux processeurs. Pour reprendre l'analogie du train, on ne peut pas installer de rails à travers les bâtiments ou encore les placer l'un sur l'autre. Nous avons employé des théories mathématiques propres à l'informatique classique pour les appliquer à l'informatique quantique. »

INFORMATIONS COMPLÉMENTAIRES

Constant-overhead quantum error correction with thin planar connectivity

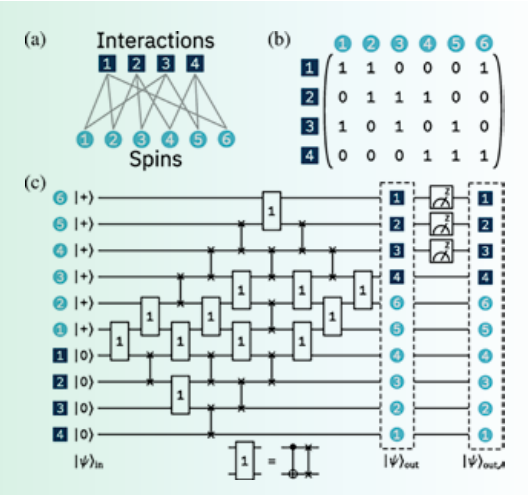


DEUX SCIENTIFIQUES DE L'IQ FONT UNE PERCÉE DANS LA COMPRÉHENSION DE LA PROPRIÉTÉ FASCINANTE DE L'INTRICATION QUANTIQUE

Une théorie vérifiée expérimentalement grâce à l'accès aux ordinateurs quantiques fournis par AlgoLab

Lauréat du prix Nobel de physique 2022 pour l'intrication quantique, Alain Aspect et son équipe ont démontré que cette propriété quantique existe bel et bien! Ce n'est pas la fin de l'histoire, d'autres mystères autour de l'intrication quantique attendent d'être dévoilés avec un potentiel varié d'applications incluant la cryptographie et la communication quantiques. Sur cette voie, Jeremy Coté et son directeur de thèse le Pr Stefanos Kourtis partagent avec nous leur récente aventure, alimentée autant par la passion que par la patience, qui a mené à la publication dans la revue « *Physical Review Letters* » de l'article en recherche théorique intitulé « *Entanglement phase transition with spin glass criticality* ». Un article expérimental intitulé « Qubit vitrification and entanglement criticality on a quantum simulator » dans le journal multidisciplinaire de recherche avancée «Nature Communications» émane également des mêmes travaux, tout juste six mois après.

Doctorant en physique et membre du comité de vulgarisation scientifique de l'IQ, Jeremy Côté a été récompensé par le Regroupement des étudiants-chercheurs en sciences de l'Université de Sherbrooke pour son engagement par le biais de son compte Twitter @HandwavingComic, qui explique avec humour la réalité des scientifiques. Avec enthousiasme, Jeremy raconte: « Au même titre qu'on peut pleinement bénéficier émotivement d'une pièce de musique sans nécessairement connaitre les subtilités de la création ni les détails de la composition, on peut savourer la science sans être un expert ».



Directeur de l'AlgoLab quantique de l'IQ, le Pr Stefanos Kourtis explique fièrement la particularité de leur projet : « Grâce à l'accès aux systèmes quantiques fournis par l'AlgoLab, Jeremy a été en mesure, une fois la théorie formulée, de faire les expériences nécessaires pour prouver lui-même notre théorie. La vérification expérimentale de notre théorie est donc venue très rapidement. Avoir un accès si direct au monde quantique nous permet de faire de la recherche qui était inimaginable jusqu'à tout récemment ».

Les technologies quantiques sont au cœur de la deuxième révolution quantique qui conduira à de nouvelles applications originales. L'étude et la compréhension des interactions entre les bits d'un ordinateur quantique, appelées « qubits », en particulier lors de la prise de mesure, sont cruciales pour exploiter pleinement le potentiel de l'informatique quantique. En général, les scientifiques essaient d'isoler un système quantique et de minimiser son interaction avec son environnement avant la mesure finale. Mais l'isolement n'est pas parfait, et on peut modeler cette interaction par un simulateur quantique. Dans ce contexte, les mesures préliminaires servent de mécanisme d'interaction entre le système quantique et son environnement. Effectuer ces mesures affaiblit les liens d'intrication entre les qubits du simulateur. En d'autres mots, ça rend leurs états quantiques moins corrélés, et peut même causer une grave perte d'informations allant jusqu'à la décohérence complète. Les études déjà faites autour de cette problématique en informatique quantique utilisent des mesures et des outils de programmation quantique, appelés des portes logiques, totalement aléatoires. Jusqu'à tout récemment, l'évolution du taux d'intrication d'une classe d'états quantiques donnée lors de la prise de mesure n'était pas assez étudiée et surtout pas quantifiée.

L'originalité des travaux de Jeremy et Stefanos est dans la précision de la structure. Dans leur premier projet, ils utilisent une théorie de la mécanique statistique – la théorie des verres de spin, reconnue par le prix Nobel en physique 2021 – pour établir une description exacte d'une transition de phase dans l'intrication des qubits. Alors qu'au cœur de leur deuxième projet on retrouve le design d'une expérience structurée basée sur la théorie choisie précédemment. Le défi de cette expérience était de trouver l'équilibre parfait entre la théorie et les contraintes des simulateurs quantiques actuels. Les mesures sont alors optimisées de façon à avoir le plus de résultats avec le moindre taux d'erreurs. Pour leur étude, l'algorithme consiste en un circuit de portes logiques appliquées sur des qubits et en retour, à la sortie on obtient un système intriqué de qubits dans un état en superposition. Ce circuit peut être représenté par un objet mathématique appelé une « matrice ». Cette dernière consiste en un tableau d'entrées 0 et 1, ou chaque colonne représente un spin, une propriété interne des particules, et chaque ligne représente une interaction entre 3 spins. Dans l'algorithme de la figure ci-contre, les portes logiques avec un «1» correspondent à un 1 dans la matrice, et l'autre porte correspond à un 0.

Jeremy et Stefanos utilisent cette matrice aussi pour assurer l'exactitude de leurs expériences et pour détecter et éliminer les erreurs commises par l'ordinateur quantique pendant ces calculs. Durant l'expérience, Jeremy mesure progressivement jusqu'à 48 qubits. Après un nombre précis de qubits mesurés, les qubits commencent à adopter un comportement différent et une transition dans l'intrication des qubits apparait. Ils découvrent ainsi une nouvelle transition de phase, localisent le point de transition et évaluent son exposant critique pour mieux identifier et comprendre cette transition. L'expérience prouve que ce taux d'intrication décroit de façon discontinue au cours des mesures.

Les travaux de Jeremy et Stefanos représentent un grand pas en avant vers une meilleure compréhension et manipulation de cette propriété fascinante qu'est l'intrication quantique. Et ce ne sont sans doute pas les derniers secrets quantiques que ces deux chercheurs auront à nous dévoiler.

INFORMATIONS COMPLÉMENTAIRES

Entanglement phase transition with spin glass criticality

Qubit vitrification and entanglement criticality on a quantum simulator

Pour en savoir davantage sur l'Algolab quantique

UN CODE DE SURFACE TESTÉ EXPÉRIMENTALEMENT

Quarante ans après la conférence de Richard Feynman *Simulating Physics with Computers*, la course vers l'ordinateur quantique est bien entamée.

Alexandre Blais, directeur scientifique de l'IQ et professeur au Département de physique de l'Université de Sherbrooke, et son groupe ont pour objectif d'améliorer chacune des composantes de cette technologie majeure basée sur des circuits supraconducteurs. En 2004, le Pr Blais, Steven Girvin, Rob Schoelkopf et Andreas Wallraff ont proposé une architecture permettant d'envisager la réalisation d'un ordinateur quantique. Cette approche est aujourd'hui développée par un nombre toujours grandissant de groupes de recherche universitaire et de compagnies dont Google, IBM, Amazon et l'IQ.

Malgré les avancées accomplies jusqu'à maintenant, un défi de taille se dresse : en raison de la fragilité des effets quantiques, les ordinateurs quantiques ont tendance à faire beaucoup plus d'erreurs que nos ordinateurs actuels. Ceux et celles qui œuvrent dans le domaine conviennent que les codes de correction d'erreur sont le prochain obstacle à surmonter pour assurer la fiabilité de ces nouveaux ordinateurs. Avec leurs collègues de l'ETH Zürich dirigé par le Pr Andreas Wallraff, le groupe du Pr Blais, incluant Élie Genois, Catherine Leroux et Agustin Di Paolo, s'est attaqué au problème, et les résultats de leurs travaux sont consignés dans un article intitulé *Realizing Repeated Quantum Error Correction in a Distance-Three Surface Code*, texte d'abord publié en ligne, puis dans Nature.

Une étape significative vers la réalisation de l'ordinateur quantique

«Des premiers pas avaient été faits par la communauté, l'étape que nous franchissons maintenant est significative, soit la réalisation de plusieurs rondes de correction d'un code de surface qui est considéré comme étant le plus prometteur des codes correcteurs. d'erreurs. C'est la première fois qu'on réussit à implémenter au laboratoire ces principes théoriques sur un ordinateur quantique basé sur les supraconducteurs», explique le Pr Blais.

Le code de surface est un code de correction d'erreur qui utilise des caractéristiques topologiques d'un réseau de qubits pour protéger des erreurs. Utilisant un circuit supraconducteur composé de 17 qubits physiques, l'équipe a encodé de l'information quantique sur le dispositif et appliqué jusqu'à 16 rondes de correction d'erreurs.

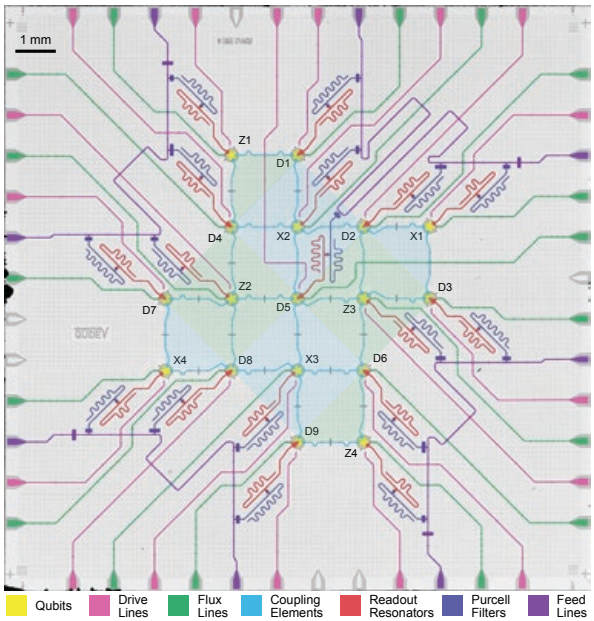


Photo en fausses couleurs du dispositif réalisant le code de surface avec 17 qubits supraconducteurs (en jaune).

L'équipe du Pr Blais a travaillé de concert avec le groupe d'Andreas Wallraff de l'ETH Zürich pour atteindre ces résultats. Le groupe suisse a réalisé l'expérience tandis que le groupe de théoriciens de l'IQ a validé les résultats expérimentaux à l'aide de simulations numériques détaillées de l'expérience.

Élie Genois, doctorant dans le groupe du Pr Blais, explique les défis de leur approche : «Simuler un système quantique de cette taille est un défi majeur. Il a donc fallu construire un modèle qui est en mesure de donner des résultats raisonnables en utilisant des ressources numériques de calcul qui sont elles aussi raisonnables. Pour modéliser les qubits, on a mis en place un modèle numérique qui nous permet de les simuler efficacement. Cette méthode fournit beaucoup d'information sur comment le code correcteur devrait se comporter et nous permet de vérifier si l'on est en mesure de comprendre ce qui se passe dans l'expérience.»

L'excellent accord entre la simulation numérique du code de surface et l'expérience permet d'utiliser ces simulations afin d'identifier les éléments qui peuvent être raffinés : «On cherche maintenant à améliorer les opérations et obtenir une meilleure mesure et un contrôle plus précis des qubits, puisque ça mènera à une correction d'erreur encore plus performante, ce qui est déterminant puisqu'un ordinateur quantique fiable dépend de la qualité des qubits physiques», ajoute le doctorant.

LES PROCHAINES ÉTAPES

Maintenant que les modèles théoriques et expérimentaux sont validés, un chemin plus clair se dessine pour les prochaines étapes : «Nous ne sommes pas encore rendus au point où on peut simplement mettre à l'échelle cette architecture, il reste encore de la recherche à faire. Toutefois, ce modèle nous guide vers les prochaines décisions expérimentales et permet de voir où il faut investir pour obtenir le gain le plus important», conclut le Pr Blais.

Des décennies de développement ont été nécessaires pour la commercialisation de l'ordinateur classique. Le Pr Blais rappelle que les résultats présentés dans cette étude constituent une étape de plus menant vers l'ordinateur quantique : «L'ordinateur quantique n'est pas pour demain et il reste encore beaucoup de travail à faire, et chaque étape franchie nous rapproche de l'objectif. La réalisation de ce code de surface était un passage obligé pour le domaine».

Ce développement s'inscrit dans une ligne du temps tout à fait naturelle : des défis en recherche fondamentale doivent être résolus, l'ensemble des composantes doivent être améliorées, puis il faut savoir les opérer. Voilà autant de défis à relever pour les scientifiques de l'IQ.

INFORMATIONS COMPLÉMENTAIRES

Realizing repeated quantum error correction in a distance-three surface code

Page personnelle d'Alexandre Blais

Alexandre Blais - Institut quantique

PERCER LES MYSTÈRES DES MATÉRIAUX QUANTIQUES AVEC LES CHAMPS MAGNÉTIQUES LES PLUS INTENSES

Prédire et observer de nouveaux phénomènes, et élucider de nouvelles propriétés des matériaux figurent parmi les grands défis de la physique. C'est aussi le fondement du projet « matière ultra-quantique », un des quatre grands projets porteurs de l'Institut quantique, auquel participe le Pr Louis Taillefer. La publication *Electrons with Planckian scattering obey standard orbital motion in a magnetic field*, réalisée grâce à Amirreza Ataei, étudiant au doctorat, et Cyril Proust, directeur de recherche au CNRS en France, approfondit notre compréhension du comportement des électrons dans les matériaux que l'on qualifie de « métaux étranges », comme les cuprates supraconducteurs.

Dans ces matériaux, les électrons sont en collision entre eux à un rythme qui semble dicté par la constante de Planck, suggérant qu'on touche ici à une nouvelle loi fondamentale de la physique quantique. Ce qui est observé en laboratoire, c'est une dépendance linéaire de la résistivité électrique avec la température – alors que la théorie standard prédit une dépendance quadratique. Dans une publication précédente, les scientifiques du groupe du Pr Taillefer ont démontré que le temps de collision entre électrons est bel et bien « planckien » – une découverte qui a été choisie par Québec Science comme l'une des 10 découvertes de l'année 2021.

Dans la présente publication, l'équipe de scientifiques explore comment la dynamique des électrons dans les métaux étranges est affectée par un champ magnétique. Pour répondre à cette question, il faut mesurer la résistivité en fonction du champ magnétique.

Réunir les expertises

La réussite de telles mesures repose tout d'abord sur la qualité des échantillons utilisés. Les matériaux choisis étaient des cuprates supraconducteurs à haute température à base de lanthane et de strontium – $Nd_{0.4}La_{1.6-x}Sr_xCuO_4$ et $La_{2-x}Sr_xCuO_4$. Ces matériaux quantiques, pour ce projet de recherche hautement collaboratif, ont été synthétisés dans les laboratoires de recherche de collaborateurs aux États-Unis, au Japon et en Allemagne.

En plus de collaborer avec trois groupes de recherche chevronnés qui ont synthétisé les monocristaux, Amirreza Ataei a eu recours à l'expertise de collègues en France. « Nous devons

appliquer les champs magnétiques les plus élevés possibles pour vraiment tester le comportement des électrons. C'est ici que la collaboration avec Cyril Proust du LNCMI (Laboratoire national des champs magnétiques intenses) à Toulouse en France prend tout son sens. Dans ce laboratoire, il est possible de soumettre nos échantillons à des champs allant jusqu'à 85 teslas, un champ parmi les plus intenses au monde. » Cette collaboration Sherbrooke-France s'inscrit dans les activités du Laboratoire "Frontières Quantiques", un *International Research Lab* (IRL) du CNRS basé à Sherbrooke.

Mesures et simulations

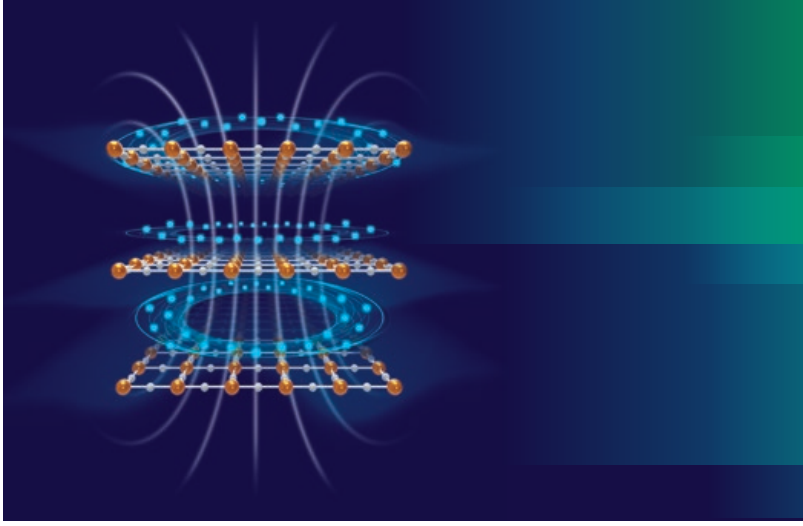
Amirreza nous offre quelques explications : « Dans nos mesures, nous avons appliqué le champ magnétique de diverses façons, que ce soit perpendiculairement à la direction du courant, ou encore parallèlement à la direction du courant. Nous avons constaté qu'on peut calculer et simuler quantitativement la magnétorésistance sur la base de la théorie existante des solides et des paramètres extraits des mesures précédentes sur des échantillons similaires. Si une phrase devait résumer l'article, c'est le fait que le temps de collision des électrons ne dépend pas du champ magnétique appliqué dans ces matériaux – alors qu'il dépend très fortement de la température, d'une façon encore incomprise qui fascine les scientifiques. »

Choisir Sherbrooke

La possibilité d'avoir accès à un réseau de chercheurs et de chercheuses et des expertises variées est ce qui a motivé Amirreza à choisir l'Université de Sherbrooke après des études de premier cycle à l'Université de technologie d'Ispahan en Iran.

« J'étais attiré par la combinaison de spécialistes des matériaux quantiques, de l'information quantique, et du génie quantique. Dans le domaine des matériaux quantiques, en particulier, nous avons à Sherbrooke des chercheurs reconnus de calibre mondial tant du côté théorique qu'expérimental, avec des laboratoires et des installations de pointe. Ce qui fait de l'Institut quantique un endroit unique.»

L'étudiant dans le groupe du Pr Taillefer a la chance de concevoir et de développer différentes techniques de mesure dans des conditions extrêmes et de faire diverses collaborations



académiques qui peuvent collectivement faire progresser la compréhension des différentes phases mystérieuses des matériaux quantiques.

Parcours diversifié

Amirreza explore l'entrepreneuriat et il profite de son expérience. « En 2021, j'ai fondé Chemia Discovery Inc., une entreprise pour la découverte des matériaux avancés, y compris les matériaux quantiques. » Avec une équipe interdisciplinaire de huit autres étudiants et étudiantes de l'Université de Sherbrooke en plus d'Amirreza, Chemia développe un réseau intelligent et intégré de microfours et de microanalyseurs pour accélérer la découverte de matériaux avec une vitesse sans précédent. Ils ont récemment terminé avec succès le prototypage d'un microfour et effectuent actuellement des tests de fonctionnement. « La possibilité d'améliorer la recherche de nouveaux matériaux m'a motivé à travailler sur la startup en parallèle de mon doctorat. »

« À Chemia, nous visons à découvrir des matériaux quantiques qui dans certains cas auront les performances aux limites physiques possibles. Notre approche est alimentée par l'expérimentation, mais guidée par des simulations physiques, similaire à mes travaux de recherche doctorale, mais à une échelle totalement différente. »

Amirreza apprécie également la culture conviviale, collaborative et confiante du groupe de recherche du professeur Louis Taillefer qui a joué un rôle positif clé dans des travaux de recherche créatifs et originaux.

INFORMATIONS COMPLÉMENTAIRES

Electrons with Planckian scattering obey standard orbital motion in a magnetic field

FONDS DES LEADERS JOHN-R.-EVANS DE LA FCI - SUCCÈS POUR LES MEMBRES DE L'IQ

Max Hofheinz, professeur au Département de génie électrique et de génie informatique à la Faculté de génie, et membre de l'Institut quantique de l'UdeS

Couvrir la tache aveugle des détecteurs quantiques

Les détecteurs quantiques permettent désormais de voir des photons uniques dans une large portion du spectre électromagnétique, soit avec les circuits basés sur des jonctions Josephson dans les micro-ondes, et avec les dispositifs semi-conducteurs dans l'infrarouge et à des énergies plus élevées. Or, entre ces plages, dans le domaine des ondes millimétriques et térahertz (THz), aucun détecteur ne permet pour l'instant de voir des signaux très faibles.

L'équipe du professeur Max Hofheinz veut s'attaquer à cette tache aveugle des détecteurs quantiques avec un nouveau type de circuits quantiques, appelé photonique Josephson, utilisant la jonction Josephson de manière semblable à une photodiode.

Avec le montant obtenu, il fera l'achat d'appareils qui lui permettront d'opérer et de caractériser ces dispositifs quantiques millimétriques. Ceux-ci pourraient avoir des applications dans des domaines variés comme l'identification de la matière noire et la compréhension de processus biochimiques.

Marc-André Tétrault, professeur au Département de génie électrique et de génie informatique à la Faculté de génie, et membre de l'Institut quantique de l'UdeS ainsi que de l'Institut interdisciplinaire d'innovation technologique de l'UdeS

Un bond pour l'imagerie médicale nucléaire

Le professeur Marc-André Tétrault conçoit des prototypes de systèmes très prometteurs pour l'avancement de la tomographie par émission de positron (TEP), une technologie d'imagerie nucléaire utile notamment pour le diagnostic du cancer et pour la recherche sur l'Alzheimer.

Ces systèmes exploitent de nouveaux capteurs loin en avance sur les versions commerciales disponibles. Or, les environnements d'assemblage et de production industrielle sont actuellement mal adaptés à ces capteurs de pointe, dont l'assemblage reproductible et fiable à moyenne et grande échelle est requis pour répondre aux besoins réels de la recherche et de l'industrie.

À l'aide du financement reçu, le jeune chercheur fera l'acquisition de deux appareils d'avant-garde qui serviront à assembler ses prototypes, une infrastructure qui contribuera aussi à l'avancement des recherches en matériaux quantiques.

La professeure Anne MacKay récompensée avec le Doob Best Paper Prize

Photo : UdeS

LA PROFESSEURE ANNE MACKAY RÉCOMPENSÉE

La professeure Anne MacKay, membre de l'IQ et professeure aux Départements de mathématiques (Faculté des sciences) et de finance (École de gestion), et sa collaboratrice la professeure Adriana Ocejo (University of North Carolina) ont obtenu le *Doob Best Paper Prize* pour l'article intitulé *Portfolio optimization with a guaranteed minimum maturity benefit and risk adjusted fees* publié dans un numéro spécial de la revue *Methodology and Computing in Applied Probability.* Le prix est remis en honneur du célèbre probabiliste Joseph L. Doob.

À propos de l'étude

L'étude des deux chercheuses portait sur un problème d'optimisation de portefeuille visant à trouver la stratégie d'investissement optimale pour un individu détenant un fonds distinct. Ce type de produit financier, qui offre entre autres une garantie financière à l'échéance du contrat, est habituellement utilisé dans le but d'épargner pour la retraite. Afin de tenir compte des particularités du contrat, une contrainte de tarification équitable a été définie en termes de la valeur risque-neutre du montant final reçu par le futur retraité.

L'équipe de recherche s'est penchée sur la stratégie d'investissement qui maximiserait l'utilité de la valeur finale du montant reçu par l'épargnant, sous l'hypothèse d'une aversion aux pertes financières (prospect theory). Une nouvelle structure de frais maintenant un prix équitable pour le contrat a été mise sous la loupe.

Les résultats montrent qu'il est possible de trouver un portefeuille optimal pour un large éventail de frais, tout en maintenant un prix équitable pour le contrat. Une telle conclusion pourrait ouvrir la voie à de nouveaux types de produits d'investissement mieux adaptés aux préférences des épargnants.

Parmi ses travaux de recherche, la professeure MacKay explore présentement le potentiel de l'informatique quantique pour développer des outils qui pourraient entre autres diminuer le temps de calcul d'indicateurs utiles pour la gestion de risque de produits d'assurance liés aux marchés financiers ou encore l'évaluation du prix de certains produits financiers tels que les options.

Photo : Michel Caron - UdeS

PRIX DE LA RECHERCHE ET DE LA CRÉATION - DÉJOUER LES PIÈGES DE LA QUANTIQUE - STEFANOS KOURTIS

L'état quantique d'une particule peut être lié à celui d'une autre particule, quelle que soit la distance qui les sépare. C'est l'intrication quantique. En fait, l'intrication entre différentes parties d'un système est une corrélation qui n'existe pas dans notre conception classique du monde. Par exemple, la mesure d'une partie d'un système intriqué peut influencer instantanément l'état d'une autre partie du système à très grande distance. Ajoutons ici la règle de Born qui stipule qu'une mesure d'un système dans un état de superposition quantique réduit ce même état à une configuration non quantique. En outre, une mesure partielle d'un sous-ensemble des composants d'un système quantique diminue le caractère quantique d'un état quantique. Comment ces mesures partielles d'un état quantique influencent-elles son intrication?

C'est une réponse à cette question qui a motivé les recherches récentes du professeur Stefanos Kourtis. Grâce à son expertise multidisciplinaire en physique quantique et en systèmes complexes, il a formulé une théorie de l'intrication sous mesures partielles d'un système quantique. Cette théorie a été ensuite vérifiée expérimentalement en utilisant des ordinateurs quantiques.

En plus de faire l'objet de deux publications scientifiques prestigieuses (*Nature* et *Physical Review Letters*), élaborées dans le cadre du doctorat de Jeremy Côté qui travaille sous la supervision du professeur Kourtis, ces travaux représentent un grand pas en avant dans la compréhension et la manipulation de cette propriété fascinante qu'est l'intrication quantique. Qui sait ce qu'il nous réserve pour la suite?

COLLABORATIONS ET PARTENARIATS

NOUVELLE COLLABORATION ENTRE L'UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE ET LA FRANCE

L'Université de Sherbrooke et le CNRS (Conseil national de la recherche scientifique) accentuent leur collaboration en matière de recherche en sciences quantiques en créant un « International Research Laboratory » (IRL). Les deux institutions souhaitent ainsi consolider leur position respective parmi les figures de proue de la recherche en matériaux et circuits et dispositifs quantiques.

La collaboration formalisée entre l'Université de Sherbrooke et le CNRS remonte à 2017 alors qu'était mis sur pied le Laboratoire Circuits et Matériaux Quantiques (Laboratoire International Associé) créé pour faciliter la mise en commun d'expertises scientifiques entre groupes de recherche sherbrookois et français. Des physiciennes et physiciens à Sherbrooke se sont engagés activement dans cette collaboration avec des homologues français répartis au départ dans cinq laboratoires à Grenoble, Paris, Saclay et Toulouse.

Intitulé Laboratoire Frontières Quantiques, le nouvel IRL axera ses travaux sur deux domaines de pointe de la physique, les matériaux quantiques et les circuits et dispositifs quantiques.

L'équipe de direction de ce nouveau laboratoire est composée du professeur Louis Taillefer, directeur, et Cyril Proust, directeur de recherche au CNRS, en sera le directeur adjoint. Ils partagent un long historique de recherche ensemble.

Le potentiel de découverte réside dans la complémentarité

Pour Cyril Proust le potentiel de découverte réside dans la complémentarité : « Au fil du temps notre longue collaboration s'avère des plus prolifiques et a permis de faire des découvertes exceptionnelles. L'IRL permet de profiter de la complémentarité des dispositifs de mesure expérimentaux entre Sherbrooke et les laboratoires français, l'utilisation

des grandes infrastructures de recherche en France, le partage des moyens de calcul, ainsi que sur le Quantum Fab Lab à l'IQ de l'Université de Sherbrooke. L'IRL favorise des projets émergents entre les deux communautés de l'IRL, soit les matériaux quantiques et l'information quantique, comme c'est le cas entre le groupe de Bertrand Reulet et mon groupe. »

La réunion de deux communautés scientifiques constitue pour Louis Taillefer l'élément distinctif de l'IRL « En science des matériaux, le succès dépend crucialement de la collaboration entre chercheurs et chercheuses. Nos travaux avec Cyril depuis 15 ans en sont un bel exemple : il maitrise un outil puissant mais très sophistiqué – les champs magnétiques intenses à Toulouse – dont mon équipe a absolument besoin pour ses études sur les supraconducteurs. Avec le nouvel IRL quantique, Cyril et moi voulons favoriser et soutenir ce genre de collaboration pour chercheurs et chercheuses en France et membres de l'Institut quantique à Sherbrooke, dans toutes les sphères de la science quantique. Cela passera en particulier par la cosupervision d'étudiants et étudiantes. »

Le vice-recteur à la recherche et aux études supérieures de l'Université de Sherbrooke, le Pr Jean-Pierre Perreault, voit un univers de possibilités s'ouvrir à la communauté étudiante : « La rapidité avec laquelle nous pourrons multiplier les découvertes dans ce domaine dépend en grande partie de notre capacité à unir les forces. C'est ce que cette alliance promet, avec des chercheurs de grande renommée et au passé jalonné de prix importants récompensant des découvertes marquantes. Ce projet facilitera l'échange d'étudiantes, d'étudiants, de chercheuses et de chercheurs entre la France et Sherbrooke, ce qui ouvre grand l'éventail des possibilités pour les étudiants qui entrent dans des programmes ».

Pour le président-directeur général Antoine Petit, l'International *Research Laboratory* en sciences quantiques à Sherbrooke s'inscrit dans le positionnement stratégique du CNRS au Canada.

« Le CNRS apporte son soutien aux collaborations internationales les plus prometteuses afin de pouvoir amplifier leur impact sur la création des savoirs et de contribuer à la recherche de réponses aux grands défis sociétaux. La coopération en sciences quantiques avec l'Université de Sherbrooke a déjà fait ses preuves depuis plusieurs années. C'est pour cela que nous avons souhaité créer un véritable laboratoire de recherche conjoint et y dédier des moyens financiers et humains. Ce nouvel IRL représente une opportunité pour le CNRS de renforcer sa présence non seulement au Québec, mais plus largement au Canada où nous sommes en train de bâtir un réseau transatlantique en sciences quantiques, en partenariat avec plusieurs universités françaises et canadiennes et en résonance avec les stratégies nationales respectives », se félicite Antoine Petit, PDG du CNRS.

INFORMATIONS COMPLÉMENTAIRES

Le CNRS renforce son implantation au Canada (communiqué du CNRS)

Webinaire Collaboration France-Québec à l'ère quantique

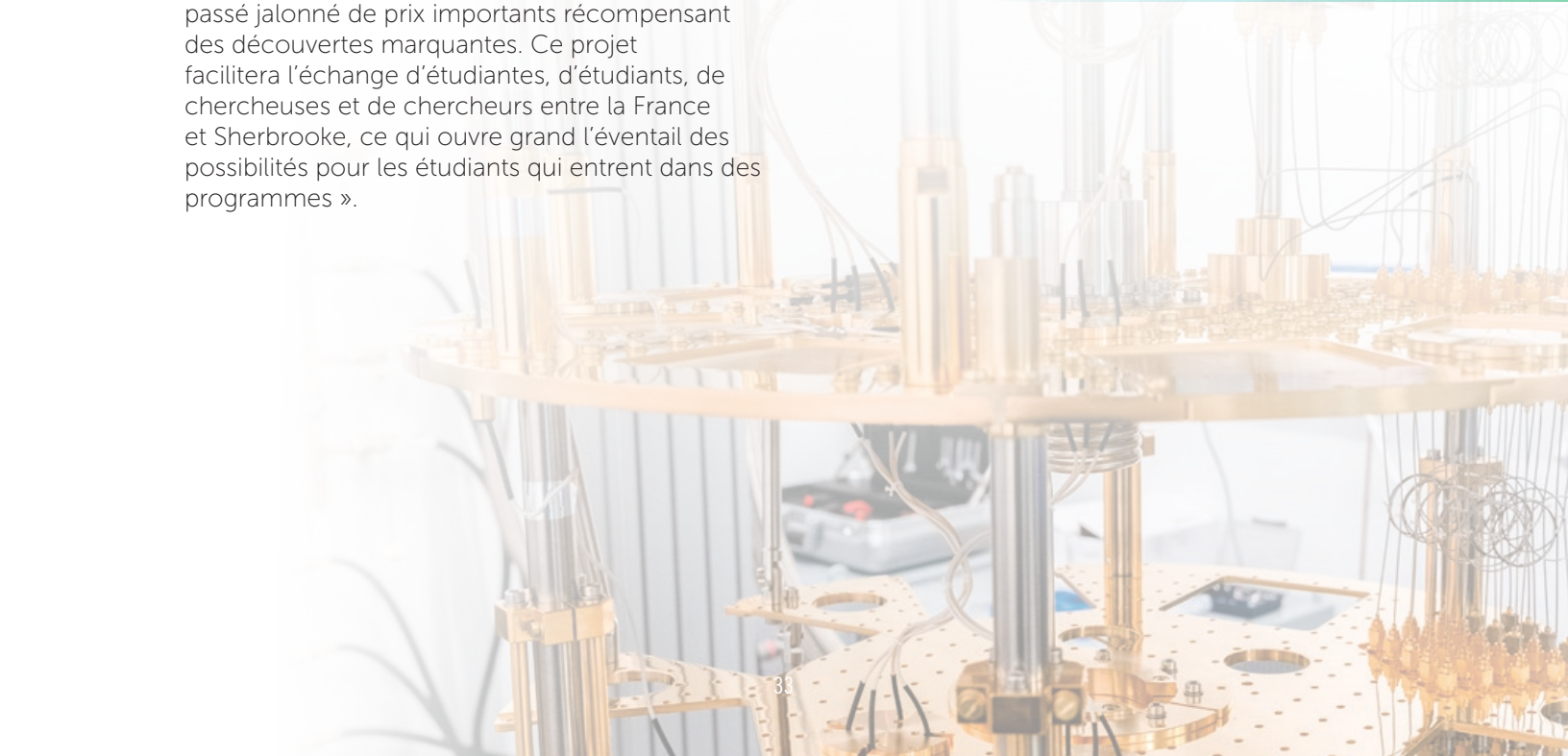


Photo : UdeS

DÉBUT DE MANDAT LE 1ER JUIN 2023 - PR PAUL G. CHARETTE NOMMÉ DIRECTEUR DU 3IT

Professeur titulaire au Département de génie électrique et de génie informatique à la Faculté de génie membre du 3IT et de l'IQ, Paul Charette a été nommé directeur de l'Institut interdisciplinaire d'innovation technologique (3IT) par le Comité de direction de l'Université de Sherbrooke. Son mandat débutera le 1er juin, succédant ainsi au Pr Richard Arès, vice-doyen au développement et aux partenariats.

Détenteur d'un doctorat de l'Université McGill et fort d'une expérience postdoctorale à la prestigieuse Massachusetts Institute of Technology (MIT) et de sept ans d'expérience en milieu industriel, dont quatre ans dans une *start-up* en Californie, le Pr Charette est professeur à la Faculté de génie depuis 2002. Il est cotitulaire de la Chaire de recherche industrielle CRSNG-Teledyne DALSA pour les MEMS et microphotonique de prochaine génération.

SENSIBILISATION ET FORMATION

ATELIER *QUANTUM CAVITIES* 6e ÉDITION

Du 29 mai au 1er juin 2022, le professeur Alexandre Blais réunissait à Jouvence plus de 70 des meilleurs scientifiques dans les domaines des circuits supraconducteurs et de l'optomécanique à Jouvence dans le cadre du « Quantum Cavities Workshop ».

Le thème général de l'atelier était l'étude des systèmes quantiques artificiels. Les discussions ont porté autour d'une question centrale : pouvons-nous comprendre et contrôler pleinement les systèmes macroscopiques se comportant de manière quantique? Nous pensons normalement que les caractéristiques étranges et contre-intuitives de la mécanique quantique sont limitées aux phénomènes à l'échelle des atomes ou plus petits. Ces dernières années, cependant, nous avons vu des progrès incroyables dans notre capacité à générer un comportement quantique réel dans de grandes structures d'ingénierie. Il s'agit notamment de petits circuits électriques faits de métaux supraconducteurs (le domaine des circuits supraconducteurs) et de systèmes où de grandes structures mécaniques sont couplées à la lumière dans une cavité (le domaine de l'optomécanique quantique). Les systèmes quantiques artificiels sont extrêmement prometteurs pour les nouvelles technologies révolutionnaires, ainsi que pour l'amélioration de notre compréhension fondamentale de la physique quantique.

Cette série d'ateliers est maintenant largement reconnue par ces deux communautés comme un événement crucial auquel participer. Félicitations à toute l'équipe d'organisation et à la prochaine édition!

L'INSTITUT QUANTIQUE ACCUEILLE LES ENSEIGNANTS ET ENSEIGNANTES DES CÉGEPS

Quelques jours après son inauguration, l'Institut Quantique a ouvert ses portes à une trentaine d'enseignants et enseignantes de divers cégeps. Cette visite sur mesure avait pour principal objectif de démystifier le potentiel des sciences quantiques et de stimuler une ouverture pédagogique sur ce domaine auprès des curieux et curieuses du corps enseignant. Débutant par une visite guidée du nouveau pavillon de l'IQ, le personnel enseignant a pu observer les différentes possibilités de recherches et d'innovations qu'offrent les laboratoires.

« L'objectif est de faire connaître les diverses recherches appliquées que réalisent plus de 200 étudiants et étudiantes travaillant et étudiant à l'IQ.» partage Ghislain Lefebvre, responsable du développement des partenariats à l'IQ

Parmi les lieux incontournables à mentionner : le FabLab quantique, un lieu de recherche en ingénierie quantique et en physique et l'AlgoLab quantique, une plateforme technologique de calcul quantique qui travaillent à faire connaitre et faire avancer l'informatique quantique appliquée.

« Cette visite guidée nous fait réaliser que la quantique n'est peut-être pas si loin de notre quotidien », nous partage M. Richard, enseignant au Cégep de Sherbrooke.

Cette visite des lieux a été suivie d'un atelier sur l'informatique quantique donné par Sarah Blanchette. Les sujets présentés étaient les notions de base entourant ce secteur de recherche : les algorithmes quantiques, l'architecture des qubits et les possibilités de carrières dans ce domaine. Démystifier et expliquer les apports présents de l'informatique quantique faisant partie prenante de cet atelier.

« Je ne connaissais presque rien des sciences quantiques. J'ai appris, entre autres, comment on utilise les propriétés quantiques dans les capteurs et la base de la programmation quantique », nous confie Mme Pinsonneault, enseignante au cégep Limoilou.

Finalement, la journée s'est terminée avec un second atelier sur la cryptographie quantique présenté par Jean Frédéric Laprade. Comme pour le précédent atelier, l'objectif était d'introduire le sujet en présentant les diverses notions du domaine: protocoles d'encryptions à clés symétrique et asymétrique, clé quantique et encryptions et l'algorithme de Shor. Rendre accessibles les avancées et les recherches dans ce secteur était incontournable.

« L'atelier sur la cryptographie quantique démontre que l'on peut vraiment bien s'amuser en faisant de la physique quantique. Plus sérieusement, cet atelier m'a aidé à mieux appréhender les principes et intérêts de la cryptoquantique », nous confie dans un second temps, Mme Pinsonneault.

ATELIER DE SIMULATION GOUVERNEMENTAL : CYBERSÉCURITÉ QUANTIQUE

Provoquer le dialogue pour favoriser les échanges – Science et prise de décision publique

Le Dictionnaire des politiques publiques définit ainsi la décision publique : « La décision publique est le produit de la rencontre entre une volonté politique et une structure administrative : elle est au cœur de l'action gouvernementale. La décision publique est nécessairement collective car son élaboration et sa mise en œuvre nécessitent la participation de plusieurs acteurs. »

Et, parmi ces acteurs, on retrouve inévitablement les scientifiques. C'est dans cet esprit que l'Institut quantique de l'Université de Sherbrooke, en collaboration avec le bureau du scientifique en chef du Québec, a organisé le 21 avril 2022 un atelier immersif d'une journée ayant pour thème la prise de décision éclairée par les faits et les données probantes. Parrainé par l'International Network for Governmental Science Advice (INGSA), l'activité a réuni plus d'une cinquantaine de personnes issues de la communauté étudiante, des chercheurs et chercheuses et des personnes œuvrant dans des administrations publiques ou issues de l'écosystème quantique sherbrookois. Ensemble, ils ont participé à une simulation basée sur un cas fictif imaginé par le comité organisateur mettant de l'avant un thème quantique.

« Avec ces ateliers, nous souhaitons que les deux communautés, scientifique et politique, apprennent le langage de l'autre. En multipliant les simulations de ce genre, la communauté scientifique comprend mieux la complexité du processus de décision politique et la communauté politique perçoit plus facilement de quelle manière on peut bénéficier de l'avis de scientifiques », explique Julie Dirwimmer, conseillère principale – relations sciences et société, bureau du scientifique en chef du Québec.

Pour l'Institut quantique, l'organisation de cet atelier répond à un double objectif. « En tant qu'institut de recherche, notre rôle est de créer des conditions favorables aux découvertes scientifiques et à la formation. Il est, de plus, important de sensibiliser nos partenaires et la population à l'implantation de technologies quantiques et de leurs retombées. Nous avons donc élaboré un scénario mettant en scène des scientifiques et des acteurs politiques dans un contexte de cybersécurité et de technologies quantiques. Le but est de susciter le dialogue. L'autre objectif consiste à intégrer notre communauté étudiante dans cette conversation afin qu'elle soit préparée, une fois entrée sur le marché du travail, à participer aux discussions et à amener un point de vue de scientifique et mieux saisir toutes les facettes d'une décision politique », explique le directeur exécutif de l'Institut quantique, Christian Sarra-Bournet.

L'INGSA, organisme présentement présidé par le scientifique en chef du Québec, Rémi Quirion, a été mis sur pied en 2014. Il a pour mission d'offrir un forum aux personnes élues, aux praticiens et praticiennes et aux universitaires afin de partager leurs expériences et de développer des approches théoriques et pratiques pour favoriser l'utilisation des données probantes pour guider l'élaboration de politiques publiques à tous les niveaux de gouvernement.

ATELIER IRL – MAI 2022

La première école de pointe du nouvel IRL – Frontières Quantiques (CRNS et UdeS) a eu lieu à Jouvence du 8 au 20 mai dernier. Cet événement phare de la collaboration France-Sherbrooke rassemble les étudiantes et étudiants au doctorat et les jeunes chercheuses et chercheurs membres de l'IRL. Cette école de pointe internationale se situe à l'interface entre la physique des circuits quantiques et celle des matériaux quantiques. Elle a pour but d'enrichir les deux communautés en offrant une perspective pédagogique sur ces deux mondes. Lieu privilégié de réflexion et d'apprentissage, elle s'articule autour de cours en plénière, de séminaires de recherches, ainsi que d'une journée réservée aux étudiants leur permettant d'exposer leurs travaux de recherche entre eux. La grande disponibilité des intervenants, provenant de France et du Québec, favorise des échanges par petits groupes tout au long du séjour et donne ainsi l'opportunité d'élargir son réseau de collaboration de recherche. Le format de l'école permet aussi de nombreuses opportunités d'interaction afin de tisser des liens solides entre participants.

Plus de 25 étudiantes et étudiants ont participé à la première édition qui fût grandement appréciée, leur permettant d'agrandir leur champ d'expertise autour des circuits et des matériaux quantiques. Cette école d'été deviendra sans doute incontournable dans le domaine. Merci aux organisateurs Marco Aprili du LPS, Orsay et Bertrand Reulet de l'IQ.

ÉCOLE D'ÉTÉ INTERNATIONALE SUR LES MÉTHODES DE CALCUL POUR LES MATÉRIAUX QUANTIQUES

Du 5 au 17 juin 2022, André-Marie Tremblay et ses co-organisateurs accueillaient plus de 70 personnes à Jouvence pour la traditionnelle école d'été sur les méthodes de calcul pour les matériaux quantiques. Lors de celle-ci, plusieurs sujets ont été abordés, tels que :

- les connaissances de base sur le problème à N-corps pour comprendre les méthodes de calcul modernes;
- les méthodes numériques principales utilisées pour l'étude de matériaux quantiques;
- les méthodes utilisant les principes premiers de la fonctionnelle de densité et les méthodes développées en problème à N-corps pour les matériaux quantiques fortement corrélés;
- quelques-uns des problèmes de recherche actuels, comme les systèmes quantiques hors d'équilibre, les couplages spin-orbite et la topologie en structure électronique;
- de nouvelles approches comme le Monte-Carlo diagrammatique et l'apprentissage statistique pour les matériaux.

Une vingtaine de conférenciers internationaux ont contribué à ces apprentissages. Le format de celle-ci, où tous les après-midis sont dédiés à des travaux pratiques, la rend très appréciée des personnes y prenant part et particulièrement propice à de nombreuses discussions menant à de potentielles collaborations. La prochaine édition aura lieu en 2024, c'est un rendez-vous!

ATELIER MATÉRIAUX QUANTIQUES CANADA

Toute la communauté canadienne en matériaux quantiques était réunie en Estrie les 26 et 27 mai 2022 pour l'atelier « Matériaux Quantiques Canada 2.0 ». Cet événement a permis de réunir 48 chercheurs provenant du Canada et de partout au monde autour de thèmes de recherche clés pour l'IQ. L'événement a duré 2 jours et demi et chaque demi-journée avait un thème :

- Excitations émergentes dans la matière quantique, atomes froids
- Matériaux topologiques
- Mécanismes pour la supraconductivité
- État normal (pseudogap)
- Matériaux et leurs sondes

Chaque demi-journée comprenait aussi une session de discussion sur le même thème, où plus de 20 personnes ont pu présenter leurs travaux de recherche. Cela a permis aux personnes étudiantes de voir des présentations sur les derniers développements dans leur domaine et discuter en personne avec les conférenciers.

Ce fut la première occasion pour les anciens membres du CIFAR de se revoir et de rétablir des liens. Plusieurs jeunes chercheurs du Québec ont pu faire des présentations et faire valoir leurs travaux. Ceci aidera à renforcer les liens entre les chercheurs du Québec et à augmenter leurs liens avec les chercheurs canadiens et internationaux présents.

RASSEMBLEMENT CIFAR EN MATÉRIAUX QUANTIQUES

Le programme Matériaux quantiques du CIFAR a tenu sa réunion d'automne du 16 au 18 novembre 2022 à Santa Barbara (États-Unis). La réunion a été organisée en partenariat avec le University of California in Santa Barbara Quantum Foundry, l'IQ et le CNRS. Et, dans le but de poursuivre le partenariat scientifique entre le programme Matériaux quantiques et le Flatiron Institute, des membres du Center for Computational Quantum Physics ont participé à la rencontre. La réunion s'est concentrée sur l'exploration des interactions fortes dans les matériaux quantiques et les nouveaux phénomènes qui en résultent et les défis liés à la compréhension et à l'interprétation de ces phénomènes.

Près de 30 personnes ont participé à la rencontre pour assister aux présentations suivantes :

Aavishkar Patel (Center for Computational Quantum Physics). Strange Metals: Strongly Correlated Quantum Matter with Spatially Random Interactions

Andrea Young (University of California Santa Barbara). Superconductivity and Magnetism in Graphite

Adina Luican-Mayer (University of Ottawa). 2D Materials at The Atomic Scale

Alex Frano (University of California San Diego). Towards Nanometer Lateral Control of Electronic Phase in Oxide Heterostructures

David Carpentier (Ecole Normale Superieure de Lyon, CNRS). Anomalous Luttinger equivalence between temperature and curved spacetime: from black holes to thermal quenches

Kamran Behnia (ESPCI, CNRS). Thermal transport: hydrodynamics and off-diagonality

Julia Mundy (Harvard University). Nickelate superconductors

Qiong Ma (Boston College). Topology and geometry under the nonlinear electromagnetic spotlight

Susanne Stemmer (University of California Santa Barbara). Topological Insulator States in Thin Films of Cadmium Arsenide

Alannah Hallas (University of British Columbia). Entropy Engineering and Tunable Magnetic Order in the Spinel High Entropy Oxides

Xiang Li (CalTech/University of Toronto). Optical Studies of Quantum Materials under High Pressure

Leon Balents (University of California Santa Barbara). Almost Antiferromagnets

TROISIÈMES PORTES OUVERTES ANNUELLES DE L'ALGOLAB DE L'IQ

Le 23 novembre 2022, l'AlgoLab, le laboratoire d'algorithmique quantique de l'IQ tenait ses troisièmes portes ouvertes annuelles. Pour la première fois, l'événement s'est déroulé en présence dans l'auditorium du nouveau bâtiment de l'IQ avec une rediffusion simultanée en ligne.

Cet événement constitue une occasion unique pour l'Algolab et ses partenaires, qu'ils soient du milieu industriel ou de la communauté étudiante de présenter ses projets à la communauté quantique.

Le ministre de l'Économie, de l'Innovation et de l'Énergie, M.Pierre Fitzgibbon a notamment fait une allocution en ouverture afin de souligner l'apport de l'Université de Sherbrooke dans le domaine et l'importance d'offrir aux entreprises une plateforme telle que l'AlgoLab pour le développement des technologies quantiques : « À l'échelle mondiale, les technologies quantiques connaissent une croissance accélérée. Le Québec est l'un des pionniers de cette technologie de pointe à travers le monde. D'ailleurs, l'Université de Sherbrooke contribue largement à cette position enviable. (...) Je suis fier de dire que Sherbrooke constitue, dans ce domaine, un des trois pôles les plus importants au Canada. »

L'avant-midi s'est poursuivi avec le partenaire de plateforme de l'AlgoLab, IBM Quantum qui a présenté sa feuille de route en informatique quantique pour les années à venir, incluant le dévoilement de son nouveau processeur de 433 qubits nommé Osprey. D'autres partenaires tels que CMC microsystèmes et Thales ont également exposé certains de leurs projets, ainsi que la start-up française PASQAL qui a récemment ouvert un bureau à Sherbrooke au sein de la Zone d'innovation quantique.

Tout comme l'an dernier, les témoignages des étudiantes et des étudiants qui ont fait un stage parmi l'équipe de l'AlgoLab ont constitué un moment fort de l'événement : « Ça m'a fait vraiment plaisir de pouvoir partager une partie de mon projet de maîtrise en finance avec les gens dans l'auditorium de l'IQ durant les portes ouvertes. C'était inspirant d'écouter tout ce qui se fait ici » a souligné Charles-Antoine Jauron, étudiant à la maîtrise en finance à l'École de gestion de l'UdeS.

En après-midi, l'équipe de l'AlgoLab a offert deux ateliers en parallèle sur place: une introduction à l'informatique quantique et un autre sur l'apprentissage automatique quantique. Des étudiants et étudiantes de l'Université de Sherbrooke ainsi que des gens de l'écosystème quantique québécois étaient présents pour assister aux formations. « C'était une opportunité de montrer comment l'informatique quantique fonctionne, que ça peut déjà être appliqué en recherche dans des domaines de pointe et d'aller à la rencontre de la communauté de l'UdeS en même temps », admet Jean Frédéric Laprade, développeur en informatique quantique à l'IQ.

Au total, c'est plus de 110 personnes qui ont participé aux portes ouvertes de l'AlgoLab. L'équipe prépare déjà la prochaine édition.

ATELIER *SILICON QUANTUM ELECTRONIC*

Mis sur pied par la communauté de scientifiques œuvrant dans le domaine des qubits de spin en 2007, le « Silicon Quantum Electronics Workshop » édition 2022 a eu lieu à Orford au début octobre. Organisé par trois membres de l'IQ, soit Dominique Drouin, Eva Dupont-Ferrier et Michel Pioro-Ladrière, l'événement avait lieu pour la première fois au Canada et réunissait plus de 140 participants et participantes, dont plus de moitié issue de la communauté étudiante, provenant des quatre pôles du domaine l'Asie, l'Europe et l'Amérique du Nord.

La création de l'événement et les opportunités pour les étudiants

L'idée des organisateurs de vouloir réaliser cet événement en terre estrienne était de permettre d'accroître la participation de scientifiques canadiens. Le trio responsable de l'organisation a soigneusement choisi les lieux pour inciter les conversations et éviter que les participants ne se dispersent. « Nous avons vraiment créé beaucoup de moments pour que les gens puissent échanger », explique Michel Pioro-Ladrière.

L'évolution de la science

Le potentiel des qubits de spins est testé comme composante pour la création de l'ordinateur quantique. Alors, où en sont les travaux et quelle était la teneur de ces échanges ?

« Ce que l'on constate c'est que la technologie est bien maitrisée et on sait comment améliorer les qubits. Il y a encore de nombreux autres enjeux scientifiques à surmonter et c'est ce qui anime les discussions. Comment mettre à l'échelle la technologie? Comment s'assurer que les qubits interagissent adéquatement les uns avec les autres? Ces rendez-vous sont importants pour nous permettre de brosser un portrait du domaine sur une base annuelle et pour envisager ensemble les défis à venir. Et, puisqu'il y avait des représentants d'entreprises du domaine en plus des universitaires, nous avons découvert que plusieurs fonderies sont intéressées à fabriquer des qubits, ce qui est encourageant », explique Michel Pioro-Ladrière.

Les étudiants et étudiantes ont aussi eux l'occasion d'échanger avec les représentants de ces entreprises afin d'évaluer les possibilités du marché du travail.

Vanter les atouts de la région et son dynamisme dans le domaine

Nos trois responsables de l'organisation n'ont négligé aucun détail pour en mettre plein la vue aux personnes participantes.

« Nous avons organisé, par exemple, une randonnée jusqu'au sommet du mont Orford, ensuite, le lieu du banquet a été choisi pour que les gens puissent voir le coucher du soleil sur le lac Memphrémagog et nous nous sommes assurés de réserver des dates en automne pour profiter des couleurs.», explique Michel.

Pour conclure le programme, les participants et participantes ont été invités à visiter l'Institut quantique et le 3iT.

HACKATHON QUÉBEC QUANTIQUE
LES MEMBRES DE L'ALGOLAB QUANTIQUE OFFRE UN SOUTIEN TECHNIQUE À LA RÉUSSITE DU HACKATHON

Les 20 et 21 juin 2022, l'équipe de l'AlgoLab de l'IQ a participé à la phase technique du BIG Quantum Hackathon organisé par Québec Quantique à Montréal qui visait à rassembler des entreprises, des groupes universitaires et des fournisseurs de logiciels quantiques autour de défis réels issus du monde des affaires.

En créant une scène pour la résolution collaborative de problèmes, le BIG Quantum Hackathon aide les participants à étudier l'impact réel de leur travail, la viabilité actuelle des solutions d'informatique quantique, l'intérêt et les priorités des entreprises et les efforts à fournir dans les années à venir.

L'équipe de programmation de l'AlgoLab a apporté son soutien technique auprès des équipes étudiantes assignées à un large éventail de problématiques industrielles, notamment en modélisation moléculaire, en optimisation de réseaux de distribution énergétique, en apprentissage automatique ainsi qu'en aérodynamique (de véhicules). Au total, c'est 22 personnes étudiantes qui ont pris part à cette première portion de l'événement organisé en collaboration avec l'ACET, le Centech, Entreprenariat Laval et Quantino.

NOUVEAUX MEMBRES DE L'IQ

Collaborations, investigation et interdisciplinarité qualifient le parcours du Pr Armand Soldera, nouveau membre de l'IQ et professeur au Département de chimie de l'Université de Sherbrooke depuis 2002.

ARMAND SOLDERA

Sa curiosité, sa soif d'apprendre, son appétit d'approfondir ses connaissances sont à la base même des décisions qui ont guidé son parcours qui ne résulte pas en fin de compte d'un plan défini. « Mon but au départ n'était vraiment pas de faire de longues études. J'ai découvert mon goût pour les maths et la physique, sur le tard, et j'ai pu me rendre compte de toutes les possibilités que cela ouvrait. Mon intérêt premier fut alors de me porter vers l'enseignement. J'ai révisé ensuite mes plans de faire de courtes études, pour aller vers le doctorat avec de nouvelles voies à explorer. Puisque j'aimais aussi la chimie, je me suis lancé dans l'étude des cristaux liquides : j'ai fait de la synthèse et j'ai réalisé que l'expérimentation ce n'était pas nécessairement pour moi. Cela m'a mené par la suite à faire un stage postdoctoral à l'Université Laval dans un nouveau domaine pour moi : les polymères, et leurs propriétés physiques. »

Une bourse de la communauté européenne lui permet de retourner en Europe pour un court séjour à l'Université de Groningen, aux Pays-Bas pour une étude théorique sur la diffusion de neutrons au sein des polymères.

Son parcours se poursuit au Commissariat à l'Énergie Atomique et aux Énergies Renouvelables (CEA). « C'est là que j'ai commencé à faire de la simulation atomistique et à parfaire mes connaissances. En l'absence de mentor ou de ressources pour m'accompagner, j'ai travaillé de façon totalement autodidacte. Cependant, j'ai pu l'associer au domaine des polymères, utilisation encore peu exploitée à l'époque. Bien qu'ayant quitté le monde universitaire j'ai commencé à publier des articles dans ce domaine pour lequel j'ai développé une approche différente de ce qui se faisait. En effet, je ne me qualifie pas de théoricien ni d'expérimentaliste. Je crois que

le titre qui me définit le mieux est numéricien expérimentaliste. J'ai développé cette expertise qui m'a mené, même à l'emploi du CEA, à donner des cours de simulation de dynamique moléculaire. »

Le goût pour la recherche fondamentale, la recherche appliquée et l'enseignement, et il ne faut pas oublier son attachement au Québec, lui ont permis de recevoir plusieurs offres d'emploi, dont une à Sherbrooke, une ville qu'il ne connaissait pas. Après avoir donné deux conférences et participé à un projet de recherche, il viendra s'y installer pour amorcer une carrière de professeur. « J'ai quitté d'excellentes conditions, mais j'avais un fort intérêt pour concilier enseignement et recherche, et développer mes propres idées. »

Les collaborations

« *La seule voie qui offre quelque espoir d'un avenir meilleur pour toute l'humanité est celle de la coopération et du partenariat* ». Cette citation de Kofi Annan révèle l'importance de Pr Soldera pour les collaborations; un concept qu'il a toujours mis en pratique. « J'ai fait plusieurs types de collaborations, et ce depuis le début de ma carrière. Mes travaux portaient à l'époque sur la simulation multiéchelles : chimie quantique, simulations atomistique et mésoscopique. Afin de donner un sens plus pratique, j'ai rapidement eu un partenariat industriel avec General Motors. Par la suite, en m'associant avec des collègues de chimie et physique, j'ai approfondi d'autres domaines tels que les études sur l'état de transition, ou le mésoscopique. Cela donnait l'occasion de former des stagiaires dans le domaine, tout en leur montrant les possibilités incroyables d'un domaine en émergence. Puis d'autres partenariats se sont créés, tant en industries qu'académiques, tout en continuant mes travaux fondamentaux dans le domaine de la transition vitreuse, un sujet qui me passionne. En fait, la base de ma recherche est d'apporter une vision chimique dans le traitement de problèmes physiques. Cette approche me permet de multiplier les collaborations avec des collègues, tels que mes collègues du département de chimie, les professeurs Yue Zhao et Jérôme Claverie, avec qui nous avons eu deux publications dans la revue, Angewandte Chemie Int. Ed. »

Le Pr Soldera décline également le verbe collaborer, que ce soit en tant que directeur de département de chimie, dans la création du Centre québécois sur les matériaux fonctionnels (CQMF), avec les professeurs Mario Leclerc et Jérôme Claverie, et la fusion avec un autre regroupement stratégique du FRQ-NT sur les matériaux. Il est également co-éditeur de Chemistry Africa qui s'intéresse à tout ce qui touche les polymères et les nanocomposites, et est co-auteur d'un livre sur les Matériaux Avancés.

Contribuer

Ardent défenseur de l'importance des partenariats pour l'avancement de la recherche fondamentale, Pr Armand Soldera illustre sa pensée avec un exemple extrait de sa propre expérience. « Si je n'avais pas travaillé sur cette partie fondamentale qu'est la transition vitreuse, je n'aurais peut-être pas développé des codes qui m'ont permis de me faire reconnaître dans d'autres domaines. On peut aussi transmettre ces connaissances par des cours, mais il faut quand même avoir d'autres apports, par l'entremise des partenariats par exemple. En somme, je crois beaucoup en l'importance d'un retour à la société. Je me réfère d'ailleurs souvent à l'article de Whitesides et Deutch dans la revue Nature, 2011, sur cette thématique. »

Le Pr Soldera amène maintenant à l'IQ cet esprit de concertation qui lui est si cher. Il a d'ailleurs appliqué ses concepts à la mise sur pied du baccalauréat en science de l'information quantique, auquel il a contribué en tant que vice-doyen aux développements et partenariats de la Faculté des sciences. Ses intérêts le mènent à présent à approfondir ses connaissances, à apporter sa vision de numéricien expérimental. D'ailleurs, en tant que membre de l'IQ, il précise : « Ce qui m'intéresse plus spécifiquement c'est de voir le potentiel que pourrait avoir le développement, le traitement d'une molécule par l'ordinateur quantique et traiter des réactions. »

Arrivé en 2019 à l'Q pour étudier des matériaux 2D comme le graphène et explorer leur potentiel, Mathieu Massicotte poursuivra ses travaux de recherche à l'IQ. En effet, il a obtenu dans la dernière année un poste de professeur au Département de génie électrique et génie informatique de l'UdeS.

MATHIEU MASSICOTTE

« C'est une belle occasion de faire progresser les travaux de recherche que j'ai amorcés au doctorat et poursuivis en partie pendant mon postdoctorat à l'IQ, c'est-à-dire l'étude des propriétés opto-électroniques des matériaux 2D. Pendant mes études j'ai surtout cherché à comprendre ces propriétés, mais maintenant, en tant que professeur à la Faculté de génie, je veux surtout les mettre en œuvre, en particulier pour des applications liées à la photonique intégrée », nous explique Mathieu Massicotte.

Titulaire de la Chaire de recherche sur les nanomatériaux pour la photonique intégrée, Mathieu Massicotte peut bénéficier d'un partenaire comme Teledyne Dalsa pour véritablement tester ces applications. Ce qui permet au chercheur de mener des travaux de recherche ralliant deux aspects, soit la science fondamentale des matériaux et les applications, c'est-à-dire la photonique intégrée qui permet entre autres d'augmenter considérablement le débit d'information des systèmes de communication optique.

« Les puces photoniques sont similaires aux puces électroniques sauf qu'au lieu d'utiliser des électrons pour traiter l'information, elles utilisent des photons. Les motivations derrière ces deux technologies sont les mêmes : on veut miniaturiser les composants pour pouvoir en mettre davantage sur une même puce, ce qui permet d'améliorer leur efficacité, leur fiabilité et leur performance. Toutefois, contrairement aux puces électroniques qui sont une technologie mature, la technologie des puces photoniques est encore en développement. En somme, le but de la chaire c'est d'intégrer et exploiter les matériaux 2D dans ces puces photoniques pour les rendre plus performantes. »

Le silicium et ses limites

L'utilisation du silicium a bien changé depuis que les Égyptiens, 2 000 ans avant notre ère, s'en servaient pour créer des pigments de couleur. Présent en grande quantité sur la terre, le silicium est un incontournable de notre quotidien. On le retrouve abondamment dans l'industrie de la microélectronique et des communications, notamment dans les téléphones intelligents.

Avec l'apparition de l'Internet des objets et l'arrivée de la 5G, la demande en matière de calcul, stockage et transfert de données croît de manière exponentielle. En parallèle, les applications quantiques requièrent des dispositifs toujours plus performants, capables de détecter des signaux extrêmement faibles. Il devient donc important de trouver et d'intégrer de nouveaux matériaux ayant de propriétés supérieures aux semi-conducteurs conventionnels comme le silicium. C'est ce que Mathieu Massicotte et son équipe espèrent accomplir grâce aux matériaux 2D.

Le Pr Maxence Mayrand a rejoint cette année l'Institut quantique, l'enrichissant de son expertise en géométrie différentielle. Sa spécialité : tisser des liens entre mathématiques et physique, deux domaines intimement liés, mais qui demandent un traitement distinct pour être pleinement appréhendés.

BÂTIR DES PONTS ENTRE MATHÉMATIQUES ET PHYSIQUE

Amoureux de la guitare, il a entamé un baccalauréat en musique avant d'être happé par le monde de la science. C'est un ami passionné de physique qui a été le catalyseur de cette nouvelle vocation. Après avoir repris son curriculum collégial en sciences, il envisage de poursuivre ses études en physique mathématique, mais se ravise au dernier moment pour s'inscrire à l'Université McGill en mathématiques pures. Rapidement, il se passionne pour la géométrie et réalise deux stages portant sur un formalisme mathématique décrivant les monopôles magnétiques, ces objets hypothétiques qui captivent les physiciens depuis plus d'un siècle. La publication de ces travaux lui ouvre les portes de la prestigieuse Université d'Oxford, où il s'engage directement au doctorat dans un domaine pointu des mathématiques : la géométrie hyperkählérienne. Il poursuit ensuite ses recherches dans le cadre d'un postdoctorat de trois ans à l'Université de Toronto avant de finalement rejoindre l'Université de Sherbrooke en tant que professeur au département de mathématiques en août 2022.

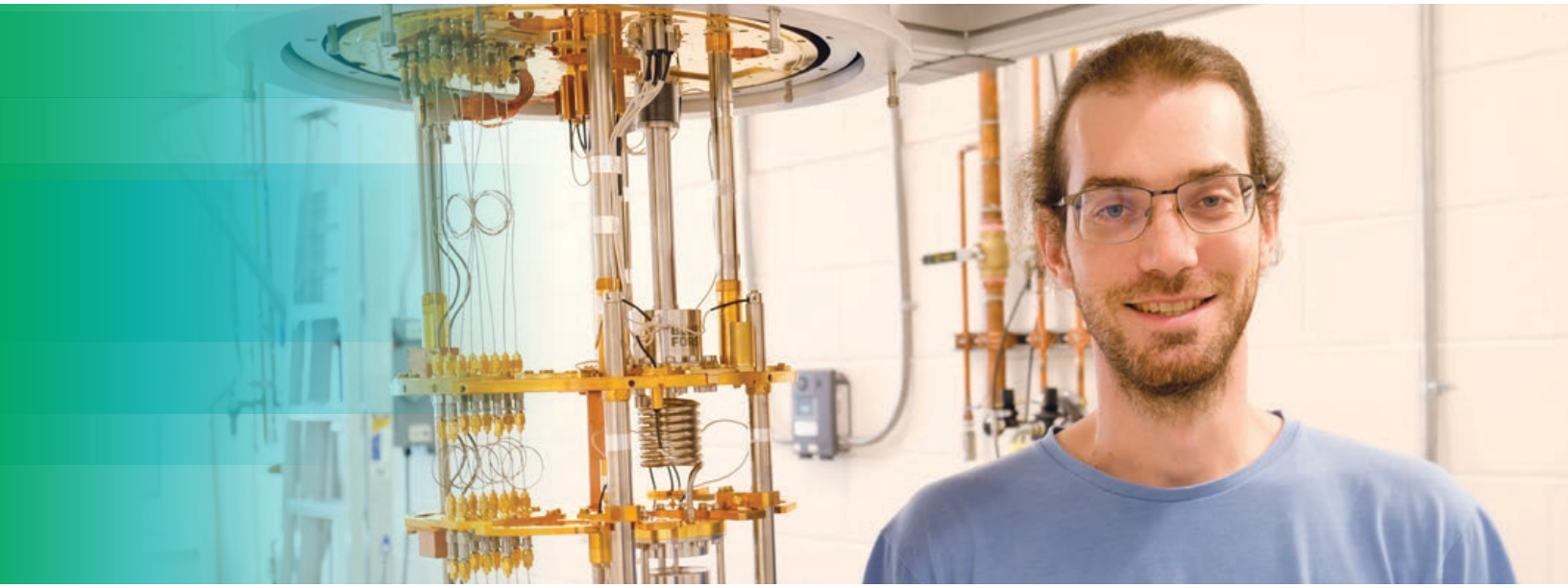
La recherche du Pr Mayrand repose sur une approche interdisciplinaire. «Moi, ce qui m'intéresse surtout, c'est de faire des liens, des ponts entre la physique et les mathématiques.» Sa recherche, bien qu'ancrée dans la géométrie différentielle, qui étudie les formes et les surfaces à travers le prisme du calcul différentiel, est influencée par des questionnements provenant de la physique théorique.

Il s'intéresse par exemple aux théories des champs quantiques topologiques. Conçues à l'origine par des physiciens, ces théories suscitent également un vif intérêt dans le domaine des mathématiques. Elles sont notamment utilisées dans l'étude des anyons, des particules théoriques en deux dimensions qui pourraient être utilisées en informatique quantique pour générer de la résistance aux erreurs. Initialement attiré par les théories des champs quantiques topologiques sous un angle strictement mathématique, il commence désormais à être intrigué par ce lien vers le calcul quantique.

Ses travaux sont aussi étroitement liés à la théorie des cordes, une proposition ambitieuse qui tente d'unifier la mécanique quantique avec la relativité générale. «Un des plus gros obstacles de la théorie des cordes, c'est que les mathématiques ne sont pas encore totalement développées pour décrire la théorie.» C'est ici qu'entrent en jeu les structures hyperkählériennes, dont il a démontré l'application sur une large famille d'espaces. «[Ces résultats] ouvrent la porte à de nouvelles avenues de recherche qui pourraient faire des ponts dans d'autres domaines des mathématiques et de la physique», dit-il.

Ses aspirations pour la suite de ses activités de recherche sont claires : continuer à tisser des liens entre la physique et les mathématiques, et explorer les applications potentielles de ses recherches en calcul quantique. Son parcours illustre la richesse que peut procurer une approche interdisciplinaire en sciences. En créant des passerelles entre mathématiques et physique, il ouvre la voie à de nouvelles avancées scientifiques. Une chose est certaine, nous pouvons encore nous attendre à ce qu'il apporte de grandes contributions à ces domaines dans les prochaines années.

PROGRAMME DE BOURSES POSTDOCTORALES DE L'IQ



PORTRAIT DE POSTDOC NICOLAS BOURLET

Nicolas Bourlet est présentement stagiaire postdoctoral dans le groupe du Pr Max Hofheinz.

Avant d'entamer son séjour à Sherbrooke, Nicolas Bourlet a obtenu un diplôme de l'École supérieure de physique et de chimie industrielles de la ville de Paris (ESPCI), grande école d'ingénierie de son pays natal. Cette école est parmi les grandes écoles d'ingénierie au plus fort pourcentage de personnes étudiantes qui se rendent jusqu'au doctorat, comme l'a fait Nicolas Bourlet.

Sans avoir de plan de carrière précis à suivre, le diplômé en physique s'intéresse à la science et l'ESPCI lui offre l'occasion d'approfondir la chimie et les mathématiques. Et, puisqu'il s'agit d'une école qui mise sur les sciences, il recommence à étudier la biologie. Et la physique? Creuser davantage la physique des matériaux, la physique du solide et l'électromagnétisme confirme son intérêt pour le domaine, d'autant plus qu'à l'ESPCI l'accent est placé sur les travaux pratiques et le travail en laboratoire ce qui convient tout à fait au chercheur.

Le choix de la physique se confirmant, il reste à déterminer quel domaine de la physique choisir.

« Le programme de cette école exige que nous fassions une quatrième année pour faire autre chose, j'ai fait cette année-là à Londres à l'Imperial College, pour une maitrise en physique. Il s'agissait surtout de physique théorique. Les projets expérimentaux commençaient à me manquer et j'avais envie d'appliquer ce que j'avais appris. C'est pour cette raison que je me suis retrouvé au CEA à Saclay. »

Nicolas Bourlet amorce ses études de doctorat dans le laboratoire Quantronique à Saclay, le même qui a accueilli au sein de son équipe le Pr Max Hofheinz quelques années auparavant, sous

la supervision de Philippe Joyez pour mener des travaux de recherche sur les circuits quantiques composés de jonctions Josephson.

« J'ai travaillé sur deux projets, j'ai travaillé sur des supraconducteurs fortement désordonnés, donc en général de mauvais métaux et l'autre projet avec des jonctions Josephson et son interaction avec un environnement dissipatif », nous explique le chercheur.

Sa soutenance de thèse a lieu en 2020, dans une période où l'actualité ne parle que des virus qui règlent le rythme de vie d'une bonne partie de la population mondiale. Après la soutenance, il prend la mer, pour reprendre l'expression consacrée, à bord d'un voilier qu'il a lui-même restauré.

Pendant ses études, il fait davantage connaissance avec l'un des membres du jury de sa thèse, le Pr Hofheinz qui lui offre un stage postdoctoral dans son laboratoire à Sherbrooke.

En plus du lien avec le Pr Hofheinz, Nicolas Bourlet avait déjà classé le Québec au haut de sa liste, cette combinaison le convainc d'accepter l'offre. Il travaille donc dans le laboratoire sur des photons micro-ondes. « Quand on applique une tension sur une jonction Josephson, cela permet de l'utiliser comme une source non linéaire, et quand elle interagit avec son environnement électromagnétique, ça permet de faire de la détection et de la multiplication de photons micro-ondes. »

« Les deux gros projets que nous menons présentement visent à multiplier les photons pour en faire des détecteurs comme les multiplicateurs de photons optiques. L'autre aspect, c'est utiliser cette jonction et les résonateurs pour faire un amplificateur limité quantiquement. Ulrich Martel étudiant à la maitrise travaillait sur des mesures qui ont démontré qu'il est possible de faire un amplificateur qui était quasiment à la limite quantique. »

Le groupe du Pr Hofheinz s'est développé ce qui influence le travail de Nicolas Bourlet qui doit consacrer du temps à répondre aux questions des membres du groupe et contribuer à l'encadrement des étudiantes et étudiants du Pr Hofheinz.

« Dans le cadre de mon doctorat, nous avions un petit groupe et j'ai bénéficié des conseils de la part du professionnel de recherche, ce qui me donne envie de redonner, et puisque j'aime bien enseigner je trouve l'expérience enrichissante. »

Nicolas Bourlet apprécie son séjour à Sherbrooke et en profite pleinement, et bien que les plans d'avenir ne sont pas encore définis, l'emploi devra inévitablement inclure une portion d'enseignement.

Né en France et ayant fait ses armes en physique à l'ENS Paris-Saclay, Benjamin Bacq-Labreuil est maintenant postdoctorant à l'Institut quantique de Sherbrooke. À l'intersection des mathématiques, de la physique et de la chimie, Benjamin s'intéresse aux propriétés de la matière à l'état solide, un chemin qu'il n'a pas toujours envisagé. «Première année de master, la matière condensée, c'est le seul cours où j'ai raté l'examen», confesse-t-il avec une touche d'humour. Un cours fascinant avec la professeure Silke Biermann a toutefois changé la donne. Sous la tutelle de cette dernière, il a achevé une thèse sur les propriétés des oxydes de cuivre, une famille de matériaux au cœur desquels les électrons interagissent si intensément qu'ils ne peuvent pas être considérés individuellement. Poussé par l'enthousiasme et les recommandations de ses pairs, il rejoint l'IQ en octobre 2022, où il poursuit ses recherches sur ces matériaux au sein des équipes des professeurs André-Marie Tremblay et David Sénéchal.

MODÉLISER L'INVISIBLE : BENJAMIN BACQ-LABREUIL ET SA QUÊTE DE LA STRUCTURE ÉLECTRONIQUE

Comprendre la nature des matériaux par leur structure électronique

À Sherbrooke, Benjamin travaille à l'élaboration de méthodes théoriques et numériques pour modéliser la structure électronique des matériaux. C'est en somme comprendre comment les électrons sont organisés, quels états d'énergie ils peuvent occuper. Ce sont ces propriétés qui déterminent les caractéristiques fondamentales des matériaux : sont-ils métalliques, isolants, semi-conducteurs? Même la couleur d'un matériau est régie par sa structure électronique.

Les oxydes de cuivre et le défi de la supraconductivité

Le jeune chercheur met l'accent sur une catégorie particulière de matériaux : les systèmes à électrons fortement corrélés, parmi lesquels figurent les oxydes de cuivre. Ce sont des systèmes très complexes à modéliser. «C'est un des gros pans de recherche de la matière condensée aujourd'hui», explique Benjamin. « Dans ces systèmes, où les interactions entre électrons sont très fortes, on ne peut plus faire les mêmes approximations que celles faites communément pour les métaux. Il faut alors développer des méthodes beaucoup plus robustes pour essayer de les modéliser».

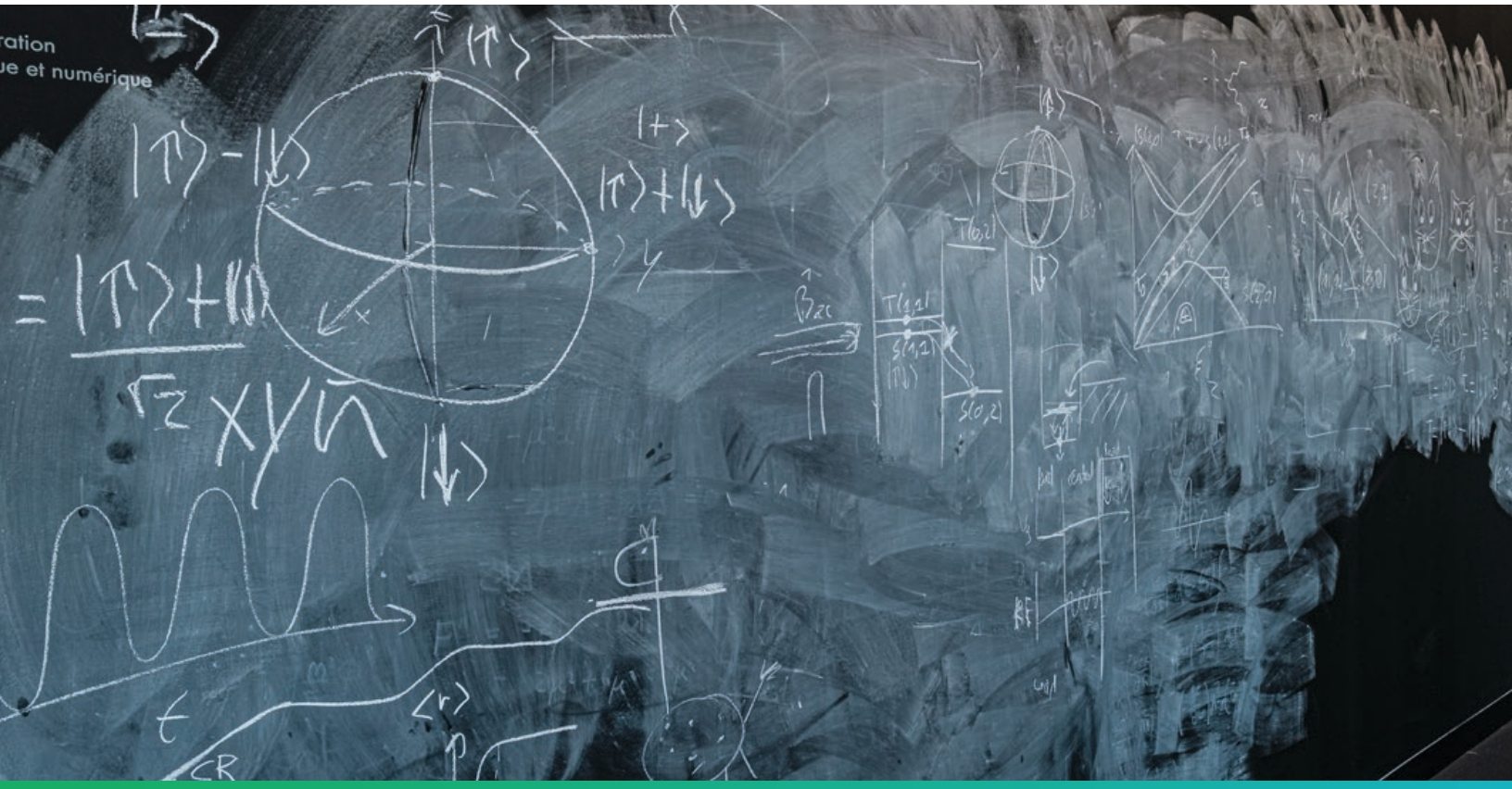
L'attrait des oxydes de cuivre réside principalement dans leur propriété supraconductrice à des températures plus élevées que les supraconducteurs conventionnels. Alors que le mercure devient supraconducteur à 4 kelvins, certains oxydes de cuivre peuvent atteindre cet état à environ 150 kelvins, soit au-dessus de la température d'ébullition de l'azote. Cette caractéristique représente un enjeu de taille pour l'avenir des technologies énergétiques, mais son origine reste encore mal comprise.

L'outil numérique : une nouvelle voie pour la recherche

L'objectif de Benjamin est de combiner un programme permettant d'étudier la supraconductivité, développé par le professeur David Sénéchal, avec un autre code, produit par le professeur Kristjan Haule à l'Université Rutgers, qui calcule les propriétés électroniques d'un matériau grâce à sa structure cristalline. Le programme final devrait permettre d'évaluer le «paramètre d'ordre supraconducteur», qui détermine la force de la supraconductivité — ou à quel point les électrons peuvent former des «paires de Cooper» et donc un état supraconducteur — à partir de la seule structure cristalline du matériau. Un tel outil numérique constituerait une première et offrirait une nouvelle voie pour comprendre la relation entre la configuration d'un matériau et sa supraconductivité.

Si le défi est de taille, Benjamin demeure confiant. Une fois cet outil numérique en place, il ouvrirait une multitude de directions de recherche, permettant d'explorer différents types de supraconducteurs et même des architectures plus complexes, comme les hétérostructures composées de couches atomiques en 2D. «Si on a l'outil qui est prêt, on peut partir un peu n'importe où. Le code, il est général. Il mange une structure cristalline de départ, mais tu peux lui donner n'importe quoi», souligne-t-il avec un enthousiasme palpable.

En résumé, le travail de Benjamin Bacq-Labreuil se situe à l'avant-garde de la physique de la matière condensée, explorant les mystères des systèmes à électrons fortement corrélés dont font partie les oxydes de cuivre. Son approche innovante, combinant des démarches théoriques et numériques, vise à déchiffrer la configuration électronique des matériaux, clé de leurs propriétés fondamentales. Par ailleurs, sa recherche sur l'élaboration d'une méthode numérique capable de prédire le paramètre d'ordre supraconducteur à partir de la seule structure cristalline d'un matériau pourrait grandement contribuer à améliorer notre compréhension de la supraconductivité. Avec détermination et inventivité, Benjamin continue de repousser les frontières de notre connaissance scientifique, ouvrant ainsi de nouvelles perspectives notamment pour l'avenir des technologies énergétiques.



IQ EN CHIFFRES

1er avril 2022 au 31 mars 2023

CORPS PROFESSORAL **39**

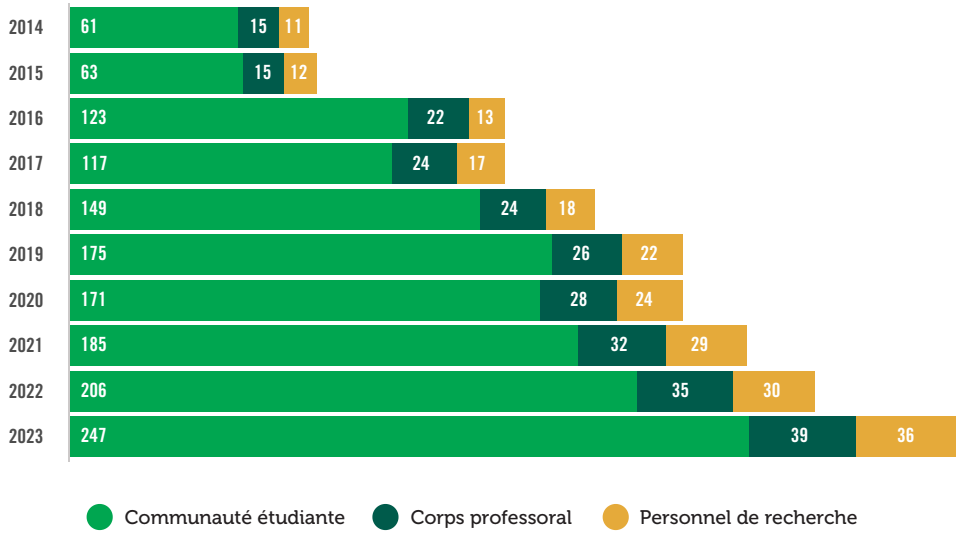
220 COMMUNAUTÉ ÉTUDIANTE

31 STAGIAIRES POSTDOCTORAUX

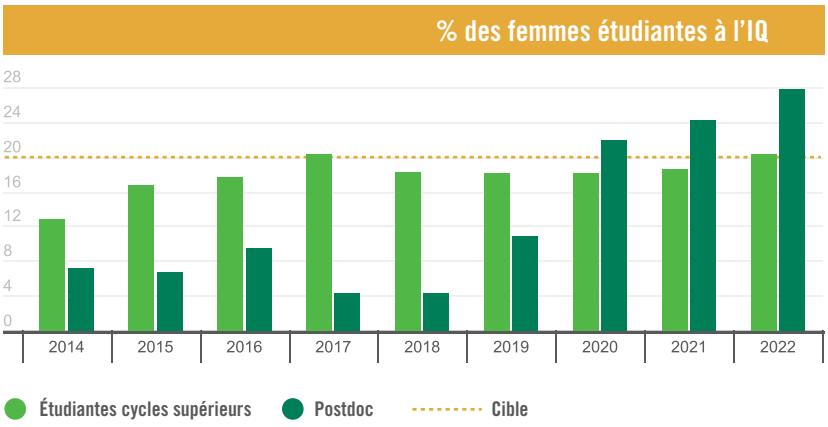
36 PERSONNEL DE RECHERCHE

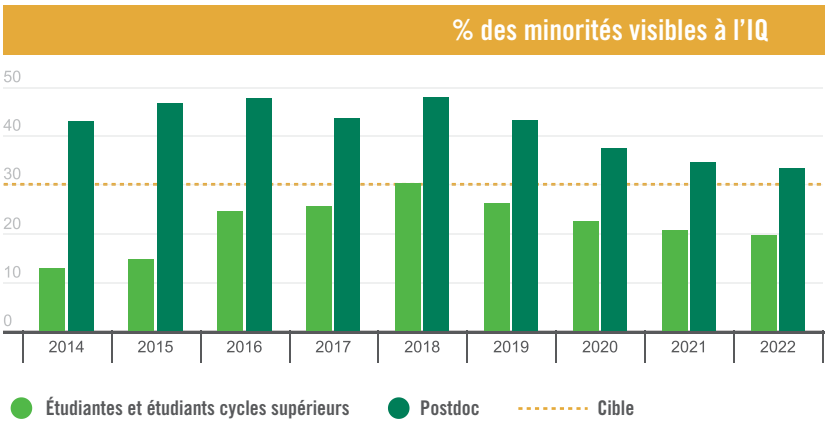
86 PUBLICATIONS

EFFECTIFS DE L'IQ

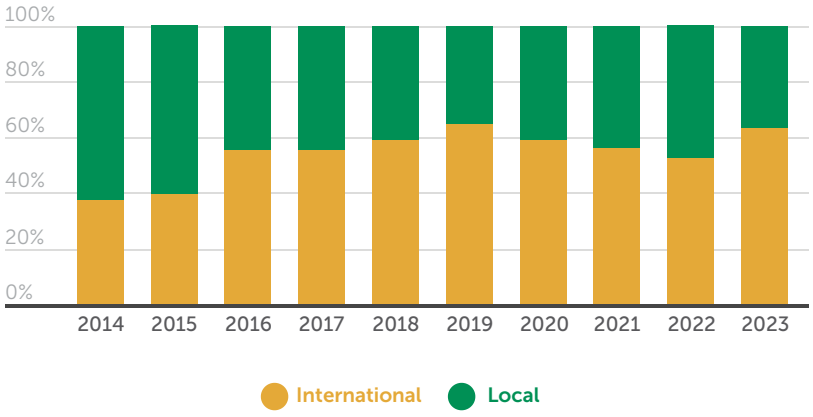


Équité, diversité et inclusion





PROVENANCE DE NOTRE COMMUNAUTÉ ÉTUDIANTE



VISITEURS DE L'IQ

Anushya Chandran	Boston University	États-Unis
Étienne Lantagne-Hurtubise	Caltech	États-Unis
Christophe Marcenat	CEA-Grenoble	France
Antoine Reserbat-Plantey	CNRS - CRHEA, Valbonne	France
Ricardo Lobo	CNRS, Sorbonne Université, ESPCI	France
Gaël Grissonnanche	Cornell University	États-Unis
Cyril Proust	ESPCI - LNCMI Toulouse	France
Julie Douchin	FrontRow Ventures	Canada
Frédérique Descelles	FrontRow Ventures	Canada
Clément Godfrin	IMEC	Belgique
Reiko Yamada	Institut des sciences photoniques (ICFO)	Barcelone
Mathieu Maisonneuve	Institut National d'Optique	Canada
Piotr Roztocki	Ki3 Photonics	Canada
Edouardo Galiano-Riveros	Laurentian University	Canada
Owen Benton	Max Planck Institute for the Physics of Complex Systems	Allemagne
Maia Garcia Vergniory	MaxPlanck for the Chemical Physics of Solids, Dresden	Allemagne
Jérôme Cabana	Mitacs	Canada
Julien Camirand-Lemyre, Jean-Olivier Simoneau et als	Nord Quantique	Canada
Guillaume Thekkadath	NRCC	Canada
Nicolás Quesada -	Polytechnique Montréal	Canada
Sean Molesky	Polytechnique Montréal	Canada
Duncan Haldane	Princeton University	États-Unis
Panagiotis Vergyris	Quandela/OEC	Italie
Pedro Lopes	QuEra	États-Unis
Victor Drouin-Touchette	Rutgers University	États-Unis

Ayana Sarkar	Shiv Nadar University	Inde
Félix Beaudoin	Technologie Quantique Nanoacademic Technologies Inc.	Canada
Simon Gröblacher	TU Delft	Pays-Bas
Friedrich Krien	TU Wien	Autriche
Pinder Dosanjh	UBC-SBQMI	Canada
Matthias Kroug	UBC-SBQMI	Canada
Mario Beaudoin	UBC-SBQMI	Canada
Alejandro Reyes-Esqueda	UNAM	Mexique
Cris Adriano	Universidade Estadual de Campinas	Brésil
Sjoerd Roorda	Université de Montréal	Canada
Léonard Schué	Université de Montréal	Canada
Chloé Paquet	Université de Montréal	Canada
Thomas Baker	Université de Victoria	Canada
Stefanie Czischek	Université d'Ottawa	Canada
Anne Broadbent	Université d'Ottawa	Canada
Thierry Klein	Université Grenoble-Alpes	France
Michel A. Duguay	Université Laval	Canada
Meydi Ferrier	Université Paris-Saclay	France
Marcello Civelli	Université Paris-Saclay CNRS	France
Frank Marsiglio	University of Alberta	Canada
Swati Singh	University of Delaware	États-Unis
Luca Sapienza	University of Glasgow	Écosse
Shankar Das Sarma	University of Maryland	États-Unis
Nhu-Thuy Ho	University of Ulsan	Corée du Sud
Sara Hosseini	University of Waterloo	Canada
Donna Strickland	University of Waterloo	Canada
Yiqi Wang	Yale University	États-Unis

MEMBRES – AXES ET OBJECTIFS DE RECHERCHE

ALEXANDRE BLAIS

Département physique

Directeur scientifique

Information quantique

- Développement de qubits robustes aux erreurs.
- Développement de nouvelles portes logiques rapides et de grande fidélité pour les qubits supraconducteurs.
- Amélioration de la mesure des qubits supraconducteurs.
- Développement de nouvelles applications pour les ordinateurs quantiques de taille intermédiaire.

VINCENT AIMEZ

Département de génie électrique et génie informatique

Génie quantique

- Développer des composants III-V à l'état de l'art mondial.
- Réaliser des cellules PV multijonctions dépassant la barre du 50% d'efficacité.

RICHARD ARÈS

Département de génie électrique et génie informatique

Génie quantique

- Développer les matériaux semi-conducteurs nanoporeux pour des applications pratiques.
- Développer les nanocomposites semi-conducteurs poreux et matériaux 2D pour des applications pratiques.
- Créer une plateforme (toolbox) pour l'intégration de technologies sur plaque de Si sans perte de performance et au niveau de la plaque (wafer-scale).
- Favoriser la convergence des nouvelles technologies, dont la quantique, l'électronique de puissance et les télécoms, sur substrat de Si.

MICHEL PIORO-LADRIÈRE

Département physique

Directeur adjoint

Information quantique

- Réaliser un qubit de spin à l'aide d'une solution industrielle
- Fabriquer un semi-conducteur unidimensionnel de taille atomique
- Mesurer l'influence du couplage spin-orbite synthétique sur le facteur gyromagnétique
- Caractériser le contrôle cohérent d'un ensemble de spins opérant à la température ambiante
- Réaliser un dispositif de type CCD dans la limite quantique
- Étudier la faisabilité d'une nouvelle approche pour le calcul quantique efficace en ressources matérielles

JEAN BIBEAU

École de gestion

Complice quantique

- Optimiser l'échange de connaissances et de pratiques entre le milieu académique et industriel
- Mettre les personnes étudiantes au cœur de ces lieux d'échange
- Ouvrir le champ et l'apprentissage de l'entrepreneuriat au-delà des projets de démarrage d'entreprises
- Susciter une réflexion sur les postures enseignantes et étudiantes dans les lieux d'apprentissage
- Diversifier les manières de transmettre les connaissances
- Faire de la science quantique un lieu d'émergence de réflexions et d'actions transdisciplinaires

CLAUDE BOURBONNAIS

Département physique

Matériaux quantique

- Publication de travaux sur l'application du groupe de renormalisation aux systèmes critiques quantiques de basse dimensionnalité sous l'influence du dopage
- Publication de travaux sur la théorie de l'effet Seebeck dans les systèmes fortement corrélés de basse dimensionnalité

YVES BÉRUBÉ-LAUZIÈRE

Département de génie électrique et génie informatique

Génie quantique

- Élaboration de protocoles pour améliorer la lecture de qubits de spin par contrôle optimal
- Élaboration d'un algorithme pour le contrôle prédictif basé sur un modèle pour préparer des états désirés pour un qubit de spin dans une double boîte quantique
- Développer un protocole par optimisation numérique d'estimation de paramètres de systèmes quantiques utilisant des mesures des distributions de probabilité dans le temps d'une observable
- Préparer des états quantiques hautement non classiques par apprentissage par renforcement
- Établir une collaboration avec une entreprise

SERGE CHARLEBOIS

Département de génie électrique et génie informatique

Génie quantique

- Cryptographie quantique: exploitation de la haute résolution temporelle pour augmenter la fiabilité des protocoles de communication quantique
- Développement de détecteurs monophotoniques dans l'infrarouge.
- Développement de technologies habilitantes qui permettront la réalisation de systèmes de communication et de traitement de l'information quantique.

FRANÇOIS BOONE

Département de génie électrique et génie informatique

Génie quantique

- Conception, fabrication et caractérisation de composants passifs micro-usinés
- Conception et développement de MMIC et de composant THz
- Caractérisation des bétons par mesures hyperfréquences

FÉLIX CAMIRAND LEMYRE

Département de mathématiques

Information quantique

- Contribuer aux enjeux méthodologiques en lien avec l'analyse de données mesurées avec erreur;
- Mettre en oeuvre des procédures d'estimation et d'apprentissage «en ligne» exécutable en temps réel
- Parfaire les méthodes d'estimation non paramétriques de flux de données
- Mettre ces méthodes au service des techniques d'initialisation de réseaux de boîtes quantiques

DOMINIQUE DROUIN

Département de génie électrique et génie informatique

Génie quantique

- Développement d'un procédé de fabrication de circuit quantique supraconducteur sur tranche de 200 mm.
- Développement d'un procédé de qubit de spin à base de SiGe.

RENÉ CÔTÉ

Département physique

Matériaux quantique

- Étude de la propagation des ondes dans les semi-métaux de Weyl: transmission et réflexion, effets Faraday et Kerr.
- États cohérents dans les semi-métaux de Weyl avec nombre de Chern C=1,2,3
- Textures pseudo-magnétiques induites par un potentiel électrostatique dans un gaz d'électrons bidimensionnel en champ magnétique

PAUL CHARRETTE

Électrique et génie informatique

Génie quantique

- Conception d'un transducteur quantique
- Cavités plasmoniques pour des applications quantiques
- Augmentation des activités de recherche en photonique quantique
- Augmentation des partenariats de recherche avec des membres de l'IQ

ION GARATE ARAMBERRI

Département physique

Matériaux quantique

- Recherche fondamentale sur les matériaux topologiques. Par exemple, découvrir de nouveaux phénomènes phononiques d'origine topologique.
- Recherche appliquée sur les matériaux topologiques. Par exemple, réaliser la modélisation théorique des dispositifs microélectroniques topologiques.

PATRICK FOURNIER

Département physique

Matériaux quantique

- Élucidation du mécanisme de la réduction dans les cuprates dopés aux électrons
- Effet Hall non linéaire chez les cuprates
- Clarification de l'origine des deux types de porteurs dans les cuprates dopés aux électrons surdopés
- Étude de l'effet magnétocalorique rotatif par mesures directes de la variation de la température
- Étude des propriétés magnétocaloriques des spinelles à forte entropie (avec UBC)
- Développement d'un effort collaboratif (Fournier, Wustrow, Adriano, Massicotte) pour l'étude de matériaux 2D ferromagnétiques de type Van der Waals pour la réfrigération magnétique et dispositifs à effet tunnel

MATHIEU JUAN

Département physique

Information quantique

- Fabrication de qubits transmons de haute cohérence
- Optimisation du couplage optomécanique pour atteindre le couplage fort à un photon
- Mise au point de piège de Paul pour la lévitation à températures cryogéniques
- Mise au point de système de transduction quantique

STEFANOS KOURTIS

Département physique

Matériaux quantique

- Conception et mise en application de nouveaux algorithmes de réseaux de tenseurs pour le décodage de codes correcteurs de contrôles de parité de faible densité à multiples qubits
- Modélisation de circuits d'ordinateurs quantiques bruités de taille intermédiaire menant aux états de haute intrication
- Caractérisation de la dynamique, l'intrication et la thermalisation de systèmes quantiques manifestant une brisure dynamique de l'ergodicité

MAX HOFHEINZ

Département de génie électrique et génie informatique

Génie quantique

- Mise en place d'une chaîne de mesure de circuits quantiques millimétriques
- Détecteur de photons uniques micro-ondes à faible taux d'obscurité
- Optimisation de l'amplificateur à effet tunnel inélastique de paires de Cooper pour de plus larges bandes passantes
- Mise en place d'un procédé de nanofabrication multi-utilisateur pour des circuits supraconducteurs quantiques

ÉVA DUPONT-FERRIER

Département physique

Information quantique

- Qubit MOS avec des transistors de la microélectronique
- Développements de qubit de spins avec des dopants dans les transistors MOS
- Interfaçage de spins avec circuits supraconducteurs
- Établissement de protocoles quantiques avec des dispositifs issus des filières microélectroniques
- Étude cryogénique de transistors MOS pour la nanoélectronique quantique
- Fabrication de transistor MOS à dopant unique avec la plateforme 3IT

FRÉDÉRIC MAILHOT

Département de génie électrique et génie informatique

Génie quantique

- Développer un compilateur pour un ordinateur quantique à ions déplacés
- Faciliter l'interaction entre ordinateurs classiques et quantiques, à l'aide de bibliothèques (librairies) qui encapsulent les bibliothèques existantes et proposent un niveau d'abstraction plus élevé
- Explorer les langages de description matériel/logiciel et proposer des extensions pour faciliter la description de systèmes complets classiques/quantiques.
- Établir un modèle logiciel de description hybride classique/quantique pour développer un simulateur de haut niveau et permettre le partitionnement classique/quantique

ANNE MACKAY

Département de mathématiques

Complice quantique

- Étude d'un problème d'arrêt optimal avec fonction de valeur non bornée et discontinue (avec application dans les produits d'assurance liés aux marchés).
- Convergence d'algorithmes d'approximation stochastique pour variables aléatoires avec structure de dépendance triangulaire avec application à des problèmes d'arrêt optimal.
- Développement d'algorithmes de calcul quantique pour le calcul d'espérances de vecteurs aléatoires et application en mathématiques financières.
- Exploration des algorithmes de calcul quantique pour l'évolution d'une équation aux dérivées partielles et application en mathématiques financières.

ISABELLE LACROIX

École de politique appliquée

Complice quantique

- Renforcement des pratiques de développement technologique responsables au moyen de dialogue social (local et national).

DENIS MORRIS

Département physique

Matériaux quantique & génie quantique

- Ingénierie des défauts dans des semiconducteurs à grand gap (AlN, hBN, diamant) pour des applications optoélectroniques et sources de photons uniques.
- Physique et développement de dispositifs d'émission THz large bande à base de spintronique.
- Thermoplasmonique: Interaction lumière-matière, nanostructures métalliques et phénomènes ultrarapides de transfert d'énergie.
- Interaction lumière-matière en cavité photonique.

JEFFREY QUILLIAM

Département physique

Matériaux quantique

- Inventer de nouvelles techniques de mesure pour étudier des excitations émergentes dans les matériaux quantiques. Par exemple, fabriquer des dispositifs de spintronique qui incorporent des liquides de spins, utiliser des résonateurs supraconducteurs pour sonder des matériaux magnétiques de faible dimension, etc.
- Effectuer des expériences à très fort champ au LNCMI en France.

SYLVAIN NICOLAY

Département de génie électrique et génie informatique

Génie quantique

- Étude des relations entre la microstructure des matériaux nitrures supraconducteurs et leurs propriétés critiques (température, tenue au champ, inductance cinétique)
- Définition de règles de design pour circuit quantique supraconducteur à base de matériaux nitrures (e.g. TiN, NbN)
- Démonstration de procédé de fabrication «bridgeless» sur 8'' pour Jonction Josephson
- Démonstration de procédé de fabrication par procédé ALD

DAVID SÉNÉCHAL

Département physique

Matériaux quantique

- Développement continu de méthodes numériques basées sur les petits systèmes (amas) pour l'étude des électrons fortement corrélés.
- Développement d'une bibliothèque ouverte pour les réseaux de tenseurs
- Étude de la supraconductivité dans les systèmes moirés (bicouche de graphène, etc.)
- Étude du modèle de Hubbard à trois bandes pour les supraconducteurs à haute température critique

JEAN-FRANÇOIS PRATTE

Département de génie électrique et génie informatique

Génie quantique

- Réaliser la fabrication de Photon-to-Digital Converters en 3D
- Valoriser un brevet sur une nouvelle technologie de Time-to-Digital Converter
- Signer une entente avec un industriel pour la commercialisation de Photon-to-Digital Converters pour construire des expériences en physique des particules

BERTRAND REULET

Département physique

Information quantique

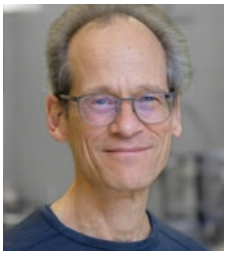
- Développer la photonique quantique micro-onde large bande
- Mettre au point une mesure d'impédance complexe micro-onde de films de matériaux quantiques
- Démontrer l'existence de modes de Higgs dans des nanostructures supraconductrices
- Explorer le bruit quantique non-Gaussien

BAPTISTE ROYER

Département physique

Information quantique

- Développer tous les éléments d'une architecture d'ordinateur quantique basé sur les oscillateurs harmoniques quantiques
- Développer de nouveaux codes bosoniques pour la correction d'erreur dans des oscillateurs harmoniques quantiques
- Développer de nouvelles techniques théoriques pour la caractérisation d'oscillateurs harmoniques quantiques
- Développer de nouvelles méthodes de contrôle pour des oscillateurs harmoniques quantiques



LOUIS TAILLEFER

Département physique

Matériaux quantique

- Élucider la nature de la mystérieuse phase pseudogap des cuprates
- Comprendre le mécanisme responsable de la dissipation Planckienne dans les métaux
- Comprendre les mécanismes responsables de l'effet Hall thermique dans les isolants
- Découvrir la signature d'excitations nouvelles dans les liquides de spin

JEAN ROUAT

Département de génie électrique et génie informatique

Génie quantique

- Rôle du bruit et de l'activité spontanée comme révélateur de topologies neuronales au sein de microcircuits neuronaux du cerveau
- Apprentissage de réseaux de neurones profonds à décharges
- Étude de la criticalité pour des réseaux de neurones récurrents
- Liens entre quantique et réseaux de neurones à décharges

DAVE TOUCHETTE

Département d'informatique

Information quantique

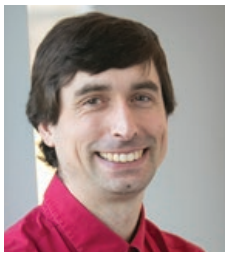
- Découverte de nouvelles tâches de traitement de l'information avec avantage quantique
- Adaptation pour architecture concrète de protocoles abstraits avec avantage quantique
- Développer compréhension des limites au traitement de l'information quantique
- Développement du cadre du coût de l'information quantique
- Développement de schéma d'encodage quantique interactif

JULIEN SYLVESTRE

Département de génie mécanique

Génie quantique

- Modélisation thermomécanique et fiabilité des microsystèmes (microélectronique, MEMS, photovoltaïque, etc.)
- Manipulation de l'information par des systèmes mécaniques micro et nanométriques, microscopie acoustique à haute vitesse (entrepreneuriat)



MARC-ANDRÉ TÉTREAULT

Département de génie électrique et génie informatique

Génie quantique

- Développement d'une plateforme FPGA cryogénique
- Développement d'instrumentation de tests et de caractérisation
- Augmenter d'un facteur 8 le nombre de dispositifs pouvant être simultanément testés
- Réduire d'un facteur 10 à 1000 le temps requis pour tester des prototypes quantiques

ALLISON WUSTROW

Département de chimie

Information quantique

- Soumettre le 1er article du groupe
- Déterminer l'effet du sel dans les réactions à haute température
- Construire un système pour les réactions sous une variété des atmosphères
- Construire un système pour appliquer un voltage à haute température pour un système d'électrosynthèse

ANDRÉ-MARIE TREMBLAY

Département physique

Matériaux quantique

- Améliorer la théorie auto-cohérente à deux particules pour décrire les propriétés électroniques des matériaux quantiques, en particulier le pseudogap précurseur d'ordre à longue portée.
- Trouver le paramètre d'ordre supraconducteur du ruthénate de strontium et étudier ses analogues pour élucider l'effet du couplage spin-orbite et de la force des interactions sur la supraconductivité
- Étudier l'effet de la frustration sur la dissipation Planckienne.
- Mettre au point une méthode de prolongement analytique basée sur l'apprentissage profond
- Démontrer théoriquement la supraconductivité à haute température à l'aide de méthodes de calculs basés sur les principes premiers et trouver de nouveaux candidats.

PERSONNEL

Équipe de développement

KARL THIBAULT
Coordonnateur – Entrepreneuriat et programme scientifique

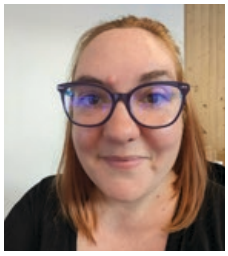
HUGUES VINCELETTE
Responsable Communications

CHRISTIAN SARRA-BOURNET
Directeur exécutif

JULIE MORRISSETTE
Coordonnatrice à la comptabilité

TOM MALLAH
Coordonnateur de programme – Communauté et rayonnement

GHISLAIN LEFEBVRE
Responsable – Développement des partenariats

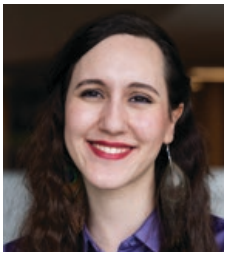


GENEVIÈVE BRETON-MORIN
Secrétaire de direction

CATHERINE SASSEVILLE-LAHAIE
Coordonnatrice du groupe de recherche du Pr Alexandre Blais

ANNE JUAN
Coordonnatrice de projet

MÉLISSA GREENE
Chargée de projet – vulgarisation scientifique



SOUHEILA HASSOUN
Chargée de projet – vulgarisation scientifique

Équipe Technique et Professionnels

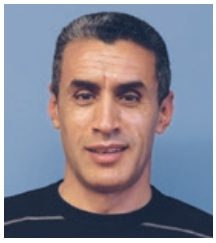
YOUCEF ATAELLAH BIOUD
Professionnel de Recherche

GUY BERNIER
Coordonnateur Laboratoires

BENOIT COUTURE
Technicien Génie Mécanique

FRÉDÉRIC FRANCOEUR
Technicien Génie Mécanique

SIMON FORTIER
Technicien Physique



BOURAOUI ILAHI
Professionnel de Recherche

MICHAEL LACERTE
Technicien Physique

GABRIEL LALIBERTÉ
Technicien Physique

CHRISTIAN LUPIEN
Professionnel de Recherche

STÉPHANE PELLETIER
Technicien Physique

BOBBY RIVARD
Technicien Physique

ÉRIC GIGUÈRE
Professionnel de Recherche

PATRICK VACHON
Technicien Support Informatique

MAXIME DION
Professionnel de Recherche

JORDAN BAGLO
Professionnel de Recherche

STÉPHANE MORIN
Technicien Physique

TANIA BELABBAS
Professionnelle de recherche

JEAN-FRÉDÉRIC LAPRADE
Professionnel de recherche

ÉDOUARD PINSOLLE
Professionnel de Recherche

FATOU TOURÉ
Professionnelle de recherche

SARAH BLANCHETTE
Professionnelle de recherche

ALEXANDRE PRÉMONT-FOLEY
Professionnel de recherche

GOUVERNANCE

CONSEIL D'INSTITUT

Pr Jean-Pierre Perreault
Vice-recteur à la recherche et aux études supérieures

Pre Carole Beaulieu
Doyenne de la Faculté des sciences

Pr Jean Proulx
Doyen de la Faculté de génie

Pre Anick Lessard
Doyenne Faculté des lettres et sciences humaines

Pr Alexandre Blais
Directeur scientifique de l'Institut quantique

DIRECTION IQ

CONSEIL D'ORIENTATION

David Danovitch

Professeur en génie électrique et informatique, Université de Sherbrooke

Titulaire de la Chaire cadre CRSNG-IBM Canada en encapsulation microélectronique pour l'échelonnement de la performance.

Membre du comité de conseil (TAC) de CMC Microsystems

Claude Jean

Vice-président exécutif et directeur-général, Teledyne-DALSA

Vice-président, Conseil d'administration, C2MI

Marie d'Iorio

Directrice exécutive, Cabinet du vice-recteur à la recherche, Université d'Ottawa

Présidente, NanoCanada

Secrétaire internationale, Société Royale du Canada

Raymond Laflamme

Directeur exécutif, Perimeter Institute for Theoretical Physics

Titulaire de la Chaire de recherche du Canada sur l'information quantique

Denis Thérien

Vice-président recherche et partenariats R&D, Element AI

Ancien vice-président de la recherche et des partenariats, ICRA

Rémi Quirion

Scientifique en chef du Québec

Directeur exécutif de la Stratégie internationale de recherche concertée sur la maladie d'Alzheimer des Instituts de recherche en santé du Canada

CONSEIL SCIENTIFIQUE

David Danovitch

Professeur en génie électrique et informatique, Université de Sherbrooke

Titulaire de la Chaire cadre CRSNG-IBM Canada en encapsulation microélectronique pour l'échelonnement de la performance.

Membre du comité de conseil (TAC) de CMC Microsystems

Michel Devoret

Professeur de physique appliquée Frederick W. Beinecke au Yale Quantum Institute

Membre de l'Académie des sciences

David DiVicenzo

Directeur de l'Institute of Theoretical Nanoelectronics au Peter Grünberg Institute de Jülich

Professeur à l'Institute for Quantum Information de l'Université RWTH d'Aachen

David Reilly

Professeur de physique à l'Université de Sydney

Chercheur principal et directeur de Microsoft Quantum – Sydney

Chercheur en chef à l'ARC Centre of Excellence, Engineered Quantum Systems (EQuS)

Antoine Georges

Professeur au Collège de France, titulaire de la chaire de Physique de la matière condensée

Membre de l'Académie des sciences

Directeur du Center for Computational Quantum Physics (CCQ), Flatiron Institute

COLLABORATEURS ET PARTENAIRES DE L'IQ

Institutions Internationales

Académie tchèque de la science, République Tchèque
Amrita Vishwa Vidyapeetham, Inde
Austrian Academy of Sciences, Austria
Berkeley, États-Unis
Bordeaux IMS, France
Boston University, États-Unis
Brookhaven National Laboratory, États-Unis
California State University, États-Unis
Caltech, États-Unis
CEA Grenoble, France
CEA Saclay, France
Chalmers University, Suède
Centre for Advanced Materials and Technologies CEZAMAT, Pologne
Centre for Quantum Computation and Communication Technology (CQC2T), Australie
Center for Quantum Technologies, Singapore
Centre National de Recherche Scientifique, France
City University of New York, États-Unis
Colombia University, États-Unis
Colorado State University, États-Unis
Cornell University, États-Unis
CNRS-CRHEA, Valbonne, France
Darmouth College, États-Unis
Donostia International Physics Center, Espagne
Duke University, États-Unis
École Centrale de Lyon, France
École des Mines de Paris – ParisTech, France
École normale supérieure, France
École Polytechnique de Paris, France
École Polytechnique de Milan, Italie
ETH Zurich, Suisse
Flatiron Institute, CCQ, États-Unis
Fritz Haber Institute of the Max Planck Society, Allemagne
G2ELab/CNRS, Grenoble, France
Georgia Institute of Technology, États-Unis
Harvard University, États-Unis
ICTP Trieste, Italie
IEMN, Université de Lille, France
Indian Institute of Technology, Inde
INL-Lyon, France
INRIA Paris, France
INRS-Énergie, Matériaux et Télécommunications, France
INSA Lyon, France
Instituts Fraunhofer, Allemagne
Institute for Experimental Physics, Innsbruck, Austria
Institute of Photonic Sciences, Barcelone, Espagne
Institute of Physics, Chinese Academy of Science, Chine
Institute for quantum optics and quantum information, Autriche
Isfahan Institute of Technology, Iran
Konstanz University, Allemagne
Laboratoire de Physique des Solides Orsay, France
Ljubljana, Slovénie
LNCMI – Grenoble, France
LNCMI – Toulouse, France
LTM, Grenoble, France
Macquarie University, Australie
Max Planck Institute, Allemagne
MIT, États-Unis
Nanjing University, Chine
National Institute for Materials Science, Japon
National University of Singapore, Singapour
Neils Bohr Institute, Danemark
Northwestern University, États-Unis
Oak Ridge National Laboratory, États-Unis
Ohio State University
Paul Scherrer Institute
Peking University, Chine
Pennsylvania State University, États-Unis

Princeton, États-Unis

Quantum Science and Nanomaterials (QMat), University of Strasbourg, France

Rice University, États-Unis

Rochester University, États-Unis

Royal Holloway, University of London, Royaume-Uni

Rutgers University, États-Unis

Shiv Nadar University, Inde

Sorbonne Université, France

Stanford University, États-Unis

Stellenbosch University, Afrique du Sud

Stevens Institute of Technology, États-Unis

Technical University of Isfahan, Iran

Temple University, États-Unis

Tianjin University, Chine

TU Delft, Pays-Bas

Tu Wien, Autriche

UC Berkeley, États-Unis

UCL, Royaume-Uni

UCLA Physics and Astronomy, États-Unis

Universidad Autonoma de Madrid, Espagne

Universität Freiburg, Allemagne

Universität Karlsruhe, Allemagne

Universität Mainz, Allemagne

Universität Stuttgart, Allemagne

Universität Ulm, Allemagne

Université de Bâle, Suisse

Université de Bordeaux, France

Université de Francfort, Allemagne

Université de Gênes, Italie

University of Ghent, Belgique

Université de Grenoble, France

Université de Innsbruck, Autriche

Université de Lorraine, France

Université de Lyon 1, France

Université de Lund, Pays-Bas

Université de Melbourne, Australie

Université de Saida, Algérie

Université de Sydney, Australie

Université des Sciences et Technologies de Lille 1, France

Universidade Estadual de Campinas, Brésil

Université Internationale de Rabat, Maroc

Université nationale autonome du Mexique, Mexique

Université Paris-Cité, France

Université Paris-Diderot, France

Université Paris-Saclay CNRS, France

Université Pierre et Marie Curie, France

Université Sun Yat-sen, Chine

Université Tahar Moulay, Saida, Algérie

Université Yeshiva, États-Unis

University of the Basque Country, Espagne

University of Birmingham, Angleterre

University of Boulder, États-Unis

University of California, Santa Barbara, États-Unis

University of Cambridge, Royaume-Uni

University of Chicago, États-Unis

University of Colorado, États-Unis

University of Delawa, États-Unis

University of Florida, États-Unis

University of Fribourg, Switzerland

University of Glasgow, Royaume-Uni

University of Indiana, États-Unis

University of Leipzig, Allemagne

University of Manchester, Royaume-Uni

University of Maryland, États-Unis

University of Michigan, États-Unis

University of New South Wales, Australia

University of North Carolina, États-Unis

University of Notre Dame, Indiana, États-Unis

University of Rhode Island, États-Unis

University of Texas at Austin, États-Unis

University of Tennessee, États-Unis

University of Tokyo, Japon

University of Twente, Pays-Bas

University of Ulsan, Corée du Sud

University of Virginia, États-Unis

University of Wisconsin, États-Unis

University of York, Royaume-Uni

Washington State University, États-Unis

Weizmann Institute of Science, Israël

Xiamen University, Chine

Yale University, États-Unis

Institutions canadiennes

Arthur B. McDonald Canadian Astroparticle Physics Research Institute
Agence Spatiale Canadienne
Carleton University
Centre canadien d'accélération des particules (TRIUMF)
Centre de Collaboration MiQro Innovation (C2MI)
Dalhousie University
École de technologie supérieure (ÉTS)
Institut Interdisciplinaire d'Innovation Technologique (3IT)
Institut National d'Optique (INO)
Institut national de la Recerche Scientifique (INRS)
Institut Transdisciplinaire d'Information Quantique (INTRIQ)
Institut de Valorisation des Données (IVADO)
Laurentian University
McMaster University
Memorial University
MILA
Polytechnique Montréal
Perimeter Institute
Regroupement québécois en matériaux de pointe (RQMP)
Regroupement stratégique en microsystèmes (RESMiQ)
Simon Fraser University
SNOLAB
Stewart Blusson Quantum Matter Institute (SBQMI)
Transformative Quantum Technologies (TQT)
Université de Montréal
Université de Trois-Rivières
Université Laval
University of Alberta
University of British Columbia
University of Calgary
University of Manitoba
University of Ottawa
University of Toronto
University of Victoria
University of Waterloo
Université McGill
Vector Institute
Western University

Industrie et Gouvernement

1QBit, Canada
Alice & Bob, France
Anyon Systems, Inc., CanadaArmy Research Office, États-Unis
Archer Materials Limited, Australie
Army Research Office, États-Unis
BlueFors Inc., Finlande
Canadian Institute for Advanced Research (CIFAR), Canada
Calcul Canada
Calcul Québec
Centre National de Recherche du Canada (CNRC), Canada
CMC Microsystems, Canada
Creative Destruction Lab, Canada
D-Wave, Canada
EeroQ, États-Unis
Ericsson, Canada
Fonds d'excellence à la recherche Apogée Canada, Canada
Fonds de recherche du Québec, Canada
FrontRow Ventures, Canada
Google AI Quantum Hardware Team, Santa Barbara, California, États-Unis
Gordon & Betty Moore Foundation, États-Unis
IBM Albany
IBM Canada
IBM, Watson, États-Unis
IBM Yorktown, États-Unis
IBM Zurich, Suisse
IMEC, Belgique
JILA Science, États-Unis
Keysight Technologies Canada Inc., Canada
Ki3Photonics, Canada
Microsoft Research, États-Unis
Mitacs, Canada
MiQroInnovation Collaborative Centre (C2MI), Canada
Multiverse Computing, Canada
Nanoacademic Technologies, Canada
Nord quantique, Canada
Oxford Instruments
Pasqal, France
QDevil, Pays-Bas
Quandela, Italie
Quantonation, France
Quantum Numbers Corp, Canada
Quantum Silicon, Canada
QuEra, États-Unis
Raytheon BBN Technologies, États-Unis
Rigetti Computing, États-Unis
Sandia National Laboratories, États-Unis
SBQuantum
STMicroelectronics, France
Teledyne Dalsa Semiconductor, Canada
Thalès, France
Xanadu, Canada
Zapata Computing, Canada

PRIX ET MENTIONS

Prix internationaux

2022 ACTUARIAL RESEARCH CONFERENCE AUGUST 3-6
Doob Best Paper Prize
Anne McKaay

CNRS – IRL LN2 – Bourse de recherche
Vincent Forster

Prix nationaux

CRSNG – Bourses de recherche premier cycle
Michaël Bédard
Jean-Baptiste Bertrand-Réhaume
Nicolas Bertolini
Théo Nathaniel Dionne

CRSNG – Bourses d'études supérieures – Maîtrise
Julien Corriveau-Trudel
Patrick Dufour
Clovis Farley
Benjamin Groleau-Paré
Carl Moreau

CRSNG – Bourses d'études supérieures – Doctorat
Ismaël Balafrej

CRSNG – Bourses d'études supérieures du Canada – Doctorat
Mathieu Bélanger
Simon Bolduc Beaudoin
Marie-Ève Boulanger
Jérémy Côté
Élie Génois
Catherine Leroux
Vincent Reiher
Olivier-Michel Tardif
Maxime Tremblay
Sara Turcotte

CRSNG Bourses Vanier
Chloé-Aminata Gauvin-Ndiaye

Prix provinciaux

FRQNT – Bourses d'études supérieures – Maîtrise
Ashvini Vallipuram

FRQNT – Bourses d'études supérieures – Doctorat
Simon Carrier
Keven Deslandes
Valérie Gauthier
Alexandre Guilbault

INTRIQ – CONFETI 2023
Camille Le Calonnec (meilleure présentation introductive)
Ross Shillito (meilleure présentation introductive)
Joffrey Rivard (meilleure présentation de spécialité)

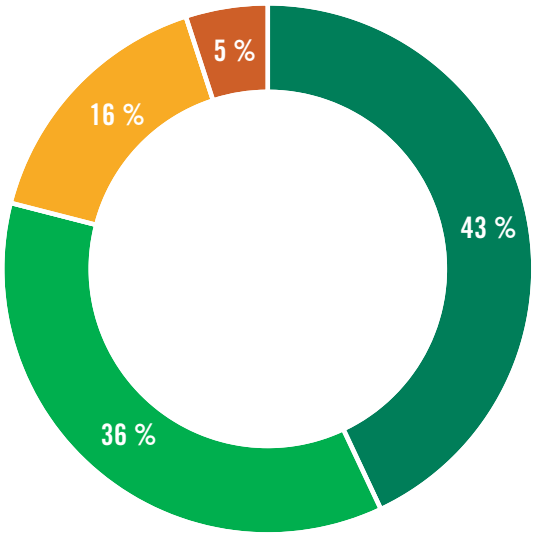
Prix de l'Université de Sherbrooke

Bourses UdeS excellence maîtrise
Alexandre Paquette

Bourses UdeS excellence doctorat
Marie-Pier Domingue
Nikhil Garg
Samuel Wolski

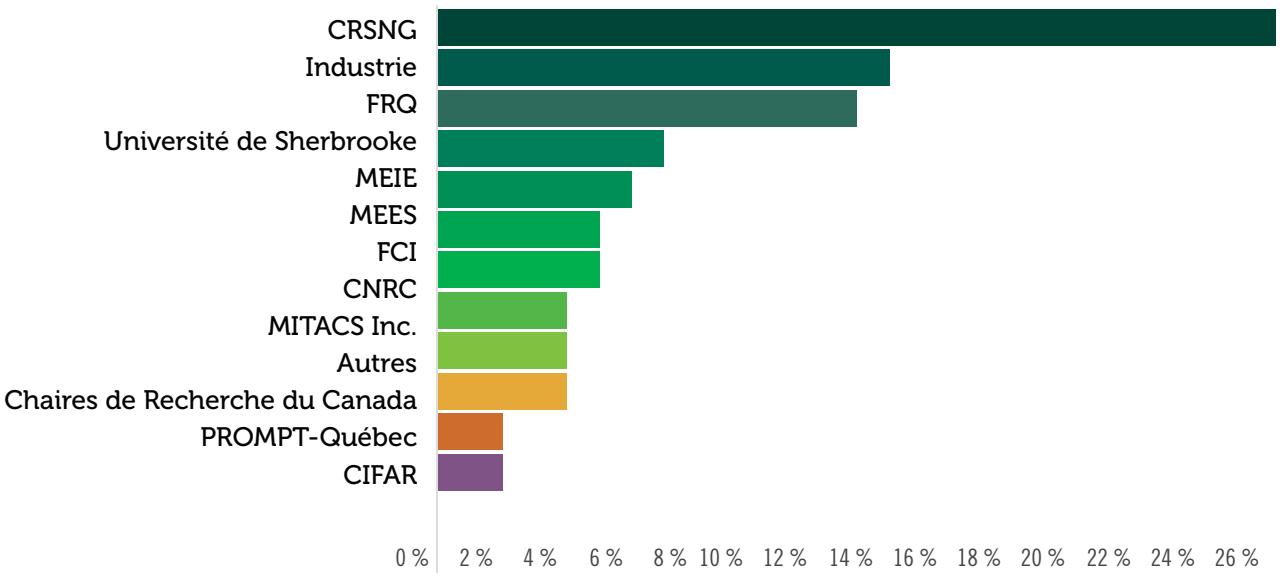
Prix Recherche et Création
Stefanos Kourtis

FINANCES



Fédéral
Provincial
Secteur privé
International

Figure 1 Subventions de recherche et contrats
par agence de financement (non vérifiés)
Revenus totaux: 14.8M$ (Excluant financement Apogée)



PUBLICATIONS DE 2022

JOURNAUX AVEC REVUE

Aarab, A., Azouit, R., Reiher, V., & Bérubé-Lauzière, Y. (2022). State initialization of a hot spin qubit in a double quantum dot by measurement-based quantum feedback control. *Physical Review B*, *106*(23), 235309. https://doi.org/10.1103/PhysRevB.106.235309

Abdelnour, J., Rouat, J., & Salvi, G. (2023). NAAQA : A Neural Architecture for Acoustic Question Answering. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, *45*(4), 49975009. https://doi.org/10.1109/TPAMI.2022.3194311

Asfaw, A., Blais, A., Brown, K. R., Candelaria, J., Cantwell, C., Carr, L. D., Combes, J., Debroy, D. M., Donohue, J. M., Economou, S. E., Edwards, E., Fox, M. F. J., Girvin, S. M., Ho, A., Hurst, H. M., Jacob, Z., Johnson, B. R., Johnston-Halperin, E., Joynt, R., … Singh, C. (2022). Building a Quantum Engineering Undergraduate Program. *IEEE Transactions on Education*, *65*(2), 220242. https://doi.org/10.1109/TE.2022.3144943

Ataei, A., Gourgout, A., Grissonnanche, G., Chen, L., Baglo, J., Boulanger, M.-E., Laliberté, F., Badoux, S., Doiron-Leyraud, N., Oliviero, V., Benhabib, S., Vignolles, D., Zhou, J.-S., Ono, S., Takagi, H., Proust, C., & Taillefer, L. (2022). Electrons with Planckian scattering obey standard orbital motion in a magnetic field. *Nature Physics*, *18*(12), Article 12. https://doi.org/10.1038/s41567-022-01763-0

Aubé, E., Lewin, A., O'Brien, S. F., Grégoire, Y., Pillonel, J., Steele, W. R., Custer, B., Davison, K. L., Germain, M., Seed, C. R., Camirand Lemyre, F., & the Surveillance, Risk Assessment and Policy Subgroup of the ISBT Transfusion Transmitted Infectious Diseases Working Party. (2022). HIV residual risk in Canada for apheresis source plasma donation without deferral for men who have sex with men. *Vox Sanguinis*, *117*(2), 201207. https://doi.org/10.1111/vox.13176

Balafrej, I., Alibart, F., & Rouat, J. (2022). P-CRITICAL : A reservoir autoregulation plasticity rule for neuromorphic hardware. *Neuromorphic Computing and Engineering*, *2*(2), 024007. https://doi.org/10.1088/2634-4386/ac6533

Beaudoin, F., Philippopoulos, P., Zhou, C., Kriekouki, I., Pioro-Ladrière, M., Guo, H., & Galy, P. (2022). Robust technology computer-aided design of gated quantum dots at cryogenic temperature. *Applied Physics Letters*, *120*(26), 264001. https://doi.org/10.1063/5.0097202

Bélanger, M., Fournier, J., & Sénéchal, D. (2022). Superconductivity in the twisted bilayer transition metal dichalcogenide ${\mathrm{WSe}}_{2}$: A quantum cluster study. *Physical Review B*, *106*(23), 235135. https://doi.org/10.1103/PhysRevB.106.235135

Bibeau, J., & Meilleur, R. (2022a). Pédagogie de l'accompagnement entrepreneurial (1) : Mise en mouvement des parties prenantes à la relation. *Entreprendre & Innover*, *52*(1), 5565. https://doi.org/10.3917/entin.052.0055

Bibeau, J., & Meilleur, R. (2022b). Pédagogie de l'accompagnement entrepreneurial (2) : Vers une performance bienveillante et négociée. *Entreprendre & Innover*, *52*(1), 6676. https://doi.org/10.3917/entin.052.0066

Bibeau, J., & Meilleur, R. (2022c). Sens et Dialogue : Forces motrices d'un modèle pédagogique innovant. *Entreprendre & Innover*, *52*(1), 1627. https://doi.org/10.3917/entin.052.0016

Bonhomme, J., Oudich, M., Bellaredj, M. L. F., Bryche, J.-F., Segura Chavez, P. A., Beyssen, D., Charette, P. G., & Sarry, F. (2022). Micropillared Surface to Enhance the Sensitivity of a Love-Wave Sensor. *Physical Review Applied*, *17*(6), 064024. https://doi.org/10.1103/PhysRevApplied.17.064024

Boulanger, M.-E., Grissonnanche, G., Lefrançois, É., Gourgout, A., Xu, K.-J., Shen, Z.-X., Greene, R. L., & Taillefer, L. (2022). Thermal Hall conductivity of electron-doped cuprates. *Physical Review B*, *105*(11), 115101. https://doi.org/10.1103/PhysRevB.105.115101

Brousmiche, M., Rouat, J., & Dupont, S. (2022). Multimodal Attentive Fusion Network for audio-visual event recognition. *Information Fusion*, *85*, 5259. https://doi.org/10.1016/j.inffus.2022.03.001

Bryche, J.-F., Vega, M., Tempez, A., Brulé, T., Carlier, T., Moreau, J., Chaigneau, M., Charette, P. G., & Canva, M. (2022). Spatially-Localized Functionalization on Nanostructured Surfaces for Enhanced Plasmonic Sensing Efficacy. *Nanomaterials*, *12*(20), Article 20. https://doi.org/10.3390/nano12203586

Buchwalder, S., Borzì, A., Diaz Leon, J. J., Bourgeois, F., Nicolier, C., Nicolay, S., Neels, A., Zywitzki, O., Hogg, A., & Burger, J. (2022). Thermal Analysis of Parylene Thin Films for Barrier Layer Applications. *Polymers*, *14*(17), Article 17. https://doi.org/10.3390/polym14173677

Camirand Lemyre, F., Carroll, R. J., & Delaigle, A. (2022). Semiparametric Estimation of the Distribution of Episodically Consumed Foods Measured With Error. *Journal of the American Statistical Association*, *117*(537), 469481. https://doi.org/10.1080/01621459.2020.1787840

Camirand Lemyre, F., Chalifoux, K., Desharnais, B., & Mireault, P. (2022). Squaring Things Up with R2 : What It Is and What It Can (and Cannot) Tell You. *Journal of Analytical Toxicology*, *46*(4), 443448. https://doi.org/10.1093/jat/bkab036

Chdil, O., Balli, M., Brahiti, N., Essehli, R., de Rango, P., Fournier, P., Naamane, S., El Maalam, K., & Mounkachi, O. (2022). Depicting the roles of CuO secondary phase and heat treatment in driving the magnetic and magnetocaloric features of Pr2⁄3Sr1⁄3MnO3 manganite. *Journal of Alloys and Compounds*, *925*, 166639. https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2022.166639

Chen, D., He, B., Yao, M., Pan, Y., Lin, H., Schnelle, W., Sun, Y., Gooth, J., Taillefer, L., & Felser, C. (2022). Anomalous thermoelectric effects and quantum oscillations in the kagome metal ${\mathrm{CsV}}_{3}{\mathrm{Sb}}_{5}$. *Physical Review B*, *105*(20), L201109. https://doi.org/10.1103/PhysRevB.105.L201109

Chen, L., Boulanger, M.-E., Wang, Z.-C., Tafti, F., & Taillefer, L. (2022). Large phonon thermal Hall conductivity in the antiferromagnetic insulator Cu3TeO6. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *119*(34), e2208016119. https://doi.org/10.1073/pnas.2208016119

Chen, Q., Sinclair, R., Akbari-Sharbaf, A., Huang, Q., Dun, Z., Choi, E. S., Mourigal, M., Verrier, A., Rouane, R., Bazier-Matte, X., Quilliam, J. A., Aczel, A. A., & Zhou, H. D. (2022). Magnetic order and spin liquid behavior in ${[{\mathrm{Mo}}_{3}]}^{11+}$ molecular magnets. *Physical Review Materials*, *6*(4), 044414. https://doi.org/10.1103/PhysRevMaterials.6.044414

Chiasson-Poirier, L., Younesian, H., Turcot, K., & Sylvestre, J. (2022). Detecting Gait Events from Accelerations Using Reservoir Computing. *Sensors*, *22*(19), Article 19. https://doi.org/10.3390/s22197180

Chouchène, N., Toumi, A., Boudriga, S., Edziri, H., Sobeh, M., Abdelfattah, M. A. O., Askri, M., Knorr, M., Strohmann, C., Brieger, L., & Soldera, A. (2022). Antimicrobial Activity and DFT Studies of a Novel Set of Spiropyrrolidines Tethered with Thiochroman-4-one/Chroman-4-one Scaffolds. *Molecules*, *27*(3), Article 3. https://doi.org/10.3390/molecules27030582

Commère, L., & Rouat, J. (2023). Sonified Distance in Sensory Substitution Does Not Always Improve Localization : Comparison With a 2-D and 3-D Handheld Device. *IEEE Transactions on Human-Machine Systems*, *53*(1), 154163. https://doi.org/10.1109/THMS.2022.3194715

Convert, L., Sarrhini, O., Paillé, M., Salem, N., Charette, P. G., & Lecomte, R. (2022). The ultra high sensitivity blood counter : A compact, MRI-compatible, radioactivity counter for pharmacokinetic studies in µl volumes. *Biomedical Physics & Engineering Express*, *8*(3), 035022. https://doi.org/10.1088/2057-1976/ac4c29

Côté, J., & Kourtis, S. (2022a). Entanglement Phase Transition with Spin Glass Criticality. *Physical Review Letters*, *128*(24), 240601. https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.128.240601

Côté, J., & Kourtis, S. (2022b). Qubit vitrification and entanglement criticality on a quantum simulator. *Nature Communications*, *13*(1), Article 1. https://doi.org/10.1038/s41467-022-34982-3

Crooks, P., & Mayrand, M. (2022). Symplectic reduction along a submanifold. *Compositio Mathematica*, *158*(9), 18781934. https://doi.org/10.1112/S0010437X22007710

da Veiga, L. P., Jeanguenat, C., Lisco, F., Li, H.-Y., Nicolay, S., Ballif, C., Ingenito, A., & Leon, J. J. D. (2022). Ultrathin ALD Aluminum Oxide Thin Films Suppress the Thermal Shrinkage of Battery Separator Membranes. *ACS Omega*, *7*(49), 4558245589. https://doi.org/10.1021/acsomega.2c06318

Dawant, R., Ecoffey, S., & Drouin, D. (2022). Multiple material stack grayscale patterning using electron-beam lithography and a single plasma etching step. *Journal of Vacuum Science & Technology B*, *40*(6), 062603. https://doi.org/10.1116/6.0002116

Dawant, R., Seils, R., Ecoffey, S., Schmid, Rainer., & Drouin, D. (2021). Hybrid cross correlation and line-scan alignment strategy for CMOS chips electron-beam lithography processing. *Journal of Vacuum Science & Technology B*, *40*(1), 012601. https://doi.org/10.1116/6.0001278

de Lafontaine, M., Ayari, F., Pargon, E., Gay, G., Petit-Etienne, C., Turala, A., Hamon, G., Jaouad, A., Volatier, M., Fafard, S., Aimez, V., & Darnon, M. (2022). Multijunction solar cell mesa isolation : Correlation between process, morphology and cell performance. *Solar Energy Materials and Solar Cells*, *239*, 111643. https://doi.org/10.1016/j.solmat.2022.111643

Diallo, T. M., Aziziyan, M. R., Arvinte, R., Harmand, J.-C., Patriarche, G., Renard, C., Fafard, S., Arès, R., & Boucherif, A. (2022). In-Situ Transmission Electron Microscopy Observation of Germanium Growth on Freestanding Graphene : Unfolding Mechanism of 3D Crystal Growth During Van der Waals Epitaxy. *Small*, *18*(5), 2101890. https://doi.org/10.1002/smll.202101890

Domingue, M.-P., Camirand Lemyre, F., Aubé, E., Renaud, C., Thibeault, C., Caruso, J., Otis, J., Grégoire, Y., & Lewin, A. (2022). Risk of transfusion-related acute lung injury and human immunodeficiency virus associated with donations from trans donors in Quebec, Canada. *Vox Sanguinis*, *117*(9), 10701077. https://doi.org/10.1111/vox.13299

Ebrahimi, S., Meunier, M., & Soldera, A. (2022). Molecular dynamics simulation of the dynamical mechanical analysis of polybutadiene. *Polymer Testing*, *111*, 107585. https://doi.org/10.1016/j.polymertesting.2022.107585

Eickbusch, A., Sivak, V., Ding, A. Z., Elder, S. S., Jha, S. R., Venkatraman, J., Royer, B., Girvin, S. M., Schoelkopf, R. J., & Devoret, M. H. (2022). Fast universal control of an oscillator with weak dispersive coupling to a qubit. *Nature Physics*, *18*(12), Article 12. https://doi.org/10.1038/s41567-022-01776-9

El Mesoudy, A., Lamri, G., Dawant, R., Arias-Zapata, J., Gliech, P., Beilliard, Y., Ecoffey, S., Ruediger, A., Alibart, F., & Drouin, D. (2022). Fully CMOS-compatible passive TiO2-based memristor crossbars for in-memory computing. *Microelectronic Engineering*, *255*, 111706. https://doi.org/10.1016/j.mee.2021.111706

Emanuel Thomet, J., Kamlesh Singh, A., Nelly Rouèche, M., Toggwyler, N., Haug, F.-J., Christmann, G., Nicolay, S., Ballif, C., Wyrsch, N., Hessler-Wyser, A., & Boccard, M. (2022). Bandgap engineering of indium gallium nitride layers grown by plasma-enhanced

chemical vapor deposition. *Journal of Vacuum Science & Technology A*, *40*(6), 063102. https://doi.org/10.1116/6.0002039

Fang, Y., Grissonnanche, G., Legros, A., Verret, S., Laliberte, F., Collignon, C., Ataei, A., Dion, M., Zhou, J., Graf, D., Lawler, M. J., Goddard, P. A., Taillefer, L., & Ramshaw, B. J. (2022). *Data for Fermi surface transformation at the pseudogap critical point of a cuprate superconductor* [Data set]. University of Warwick, Department of Physics. http://wrap.warwick.ac.uk/161600/

Fang, Y., Grissonnanche, G., Legros, A., Verret, S., Laliberté, F., Collignon, C., Ataei, A., Dion, M., Zhou, J., Graf, D., Lawler, M. J., Goddard, P. A., Taillefer, L., & Ramshaw, B. J. (2022). Fermi surface transformation at the pseudogap critical point of a cuprate superconductor. *Nature Physics*, *18*(5), Article 5. https://doi.org/10.1038/s41567-022-01514-1

Ferguson, M., Najah, M., Banville, F. A., Boucherit, M., Gond-Charton, P., Renaud, J., Fréchette, L., Boone, F., Ecoffey, S., & Charlebois, S. A. (2022). Exploring Ru Compatibility With Al-Ge Eutectic Wafer Bonding. *Journal of Microelectromechanical Systems*, *31*(4), 599603. https://doi.org/10.1109/JMEMS.2022.3165716

Ferguson, M., Najah, M., Banville, F., Boucherit, M., Miriyala, N., Renaud, J., Fréchette, L., Boone, F., Ecoffey, S., & Charlebois, S. A. (2022). Mitigating Re-Entrant Etch Profile Undercut in Au Etch with an Aqua Regia Variant. *Journal of The Electrochemical Society*, *169*(8), 083504. https://doi.org/10.1149/1945-7111/ac8769

Gagnon, F., Tremblay, V., Soldera, A., U. Ocheje, M., Rondeau-Gagné, S., Leclerc, M., & Morin, J.-F. (2022). 2,9-Dibenzo[b , def]chrysene as a building block for organic electronics. *Materials Advances*, *3*(1), 599603. https://doi.org/10.1039/D1MA00799H

Gagnon, G., Carreau, A.-M., Cloutier-Langevin, C., Plante, A.-S., John Weisnagel, S., Marceau, S., Biertho, L., Simon Hould, F., Camirand-Lemyre, F., Tchernof, A., & Morisset, A.-S. (2022). Trimester-specific gestational weight gain in women with and without previous bariatric surgeries. *European Journal of Obstetrics & Gynecology and Reproductive Biology*, *270*, 252258. https://doi.org/10.1016/j.ejogrb.2021.12.033

Gallina, G., Guan, Y., Retiere, F., Cao, G., Bolotnikov, A., Kotov, I., Rescia, S., Soma, A. K., Tsang, T., Darroch, L., Brunner, T., Bolster, J., Cohen, J. R., Franco, T. P., Gillis, W. C., Smalley, H. P., Thibado, S., Pocar, A., Bhat, A., … Ziegler, T. (2022). Performance of novel VUV-sensitive Silicon Photo-Multipliers for nEXO. *The European Physical Journal C*, *82*(12), 1125. https://doi.org/10.1140/epjc/s10052-022-11072-8

Gandon, A., Le Calonnec, C., Shillito, R., Petrescu, A., & Blais, A. (2022). Engineering, Control, and Longitudinal Readout of Floquet Qubits. *Physical Review Applied*, *17*(6), 064006. https://doi.org/10.1103/PhysRevApplied.17.064006

Garg, N., Balafrej, I., Stewart, T. C., Portal, J.-M., Bocquet, M., Querlioz, D., Drouin, D., Rouat, J., Beilliard, Y., & Alibart, F. (2022). Voltage-dependent synaptic plasticity : Unsupervised probabilistic Hebbian plasticity rule based on neurons membrane potential. *Frontiers in Neuroscience*, *16*. https://doi.org/10.3389/fnins.2022.983950

Gauvin-Ndiaye, C., Graham, P.-A., & Tremblay, A.-M. S. (2022). Disorder effects on hot spots in electron-doped cuprates. *Physical Review B*, *105*(23), 235133. https://doi.org/10.1103/PhysRevB.105.235133

Gauvin-Ndiaye, C., Setrakian, M., & Tremblay, A.-M. S. (2022). Resilient Fermi Liquid and Strength of Correlations near an Antiferromagnetic Quantum Critical Point. *Physical Review Letters*, *128*(8), 087001. https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.128.087001

Gingras, O., Allaglo, N., Nourafkan, R., Côté, M., & Tremblay, A.-M. S. (2022). Superconductivity in correlated multiorbital systems with spin-orbit coupling : Coexistence of even- and odd-frequency pairing, and the case of ${\mathrm{Sr}}_{2}{\mathrm{RuO}}_{4}$. *Physical Review B*, *106*(6), 064513. https://doi.org/10.1103/PhysRevB.106.064513

Girault, P., Oyhenart, L., Rouanet, T., Joly, S., Beaudin, G., Canva, M., Bechou, L., & Charette, P. G. (2023). Influence of Losses, Device Size, and Mode Confinement on Integrated Micro-Ring Resonator Performance for Absorption Spectroscopy Using Evanescent Field Sensing. *Journal of Lightwave Technology*, *41*(5), 15711581. https://doi.org/10.1109/JLT.2022.3220982

Gourgout, A., Grissonnanche, G., Laliberté, F., Ataei, A., Chen, L., Verret, S., Zhou, J.-S., Mravlje, J., Georges, A., Doiron-Leyraud, N., & Taillefer, L. (2022). Seebeck Coefficient in a Cuprate Superconductor : Particle-Hole Asymmetry in the Strange Metal Phase and Fermi Surface Transformation in the Pseudogap Phase. *Physical Review X*, *12*(1), 011037. https://doi.org/10.1103/PhysRevX.12.011037

Heintz, A., Ilahi, B., Pofelski, A., Botton, G., Patriarche, G., Barzaghi, A., Fafard, S., Arès, R., Isella, G., & Boucherif, A. (2022). Defect free strain relaxation of microcrystals on mesoporous patterned silicon. *Nature Communications*, *13*(1), Article 1. https://doi.org/10.1038/s41467-022-34288-4

Hussain, I., Khan, S. N., Khan, M. N., Khadija, Fournier, P., & Koo, B. H. (2022). Probing the effect of Pr doping on the magnetic and magnetocaloric properties of Ba2–xPrxFeMoO6 double perovskites. *Solid State Communications*, *353*, 114875. https://doi.org/10.1016/j.ssc.2022.114875

Kempf, E., Romeo, P. R., Gassenq, A., Taute, A., Chantraine, P., John, J., Belarouci, A., Monfray, S., Boeuf, F., Charette, P. G., & Orobtchouk, R. (2022). SiN half-etch horizontal slot waveguides for integrated photonics : Numerical modeling, fabrication, and characterization of passive components. *Optics Express*, *30*(3), 42024214. https://doi.org/10.1364/OE.446758

Khadir, Z., Schmidt, V., Chabot, K., Bryche, J.-F., Froehlich, U., Moreau, J., Canva, M., Charette, P., & Grandbois, M. (2022). Surface micropatterning for the formation of an in vitro functional endothelial model for cell-based biosensors. *Biosensors and Bioelectronics*, *214*, 114481. https://doi.org/10.1016/j.bios.2022.114481

Kriekouki, I., Beaudoin, F., Philippopoulos, P., Zhou, C., Camirand Lemyre, J., Rochette, S., Mir, S., Barragan, M. J., Pioro-Ladrière, M., & Galy, P. (2022). Interpretation of 28 nm FD-SOI quantum dot transport data taken at 1.4 K using 3D quantum TCAD simulations. *Solid-State Electronics*, *194*, 108355. https://doi.org/10.1016/j.sse.2022.108355

Krinner, S., Lacroix, N., Remm, A., Di Paolo, A., Genois, E., Leroux, C., Hellings, C., Lazar, S., Swiadek, F., Herrmann, J., Norris, G. J., Andersen, C. K., Müller, M., Blais, A., Eichler, C., & Wallraff, A. (2022). Realizing repeated quantum error correction in a distance-three surface code. *Nature*, *605*(7911), Article 7911. https://doi.org/10.1038/s41586-022-04566-8

Kundu, S., Bourbonnais, C., & Garate, I. (2022). Theory of phonon instabilities in Weyl semimetals at high magnetic fields. *Physical Review B*, *105*(19), 195113. https://doi.org/10.1103/PhysRevB.105.195113

Lanzillo, N. A., Bajpai, U., Garate, I., & Chen, C.-T. (2022). Size-Dependent Grain-Boundary Scattering in Topological Semimetals. *Physical Review Applied*, *18*(3), 034053. https://doi.org/10.1103/PhysRevApplied.18.034053

Lecomte, R., Normandin, M., Tibaudeau, C., Arpin, L., Leroux, J.-D., Bouchard, J., Espagnet, R., Lauzier-Trépanier, P.-Y., Samson, A., Beaudoin, J.-F., Bouziri, H., Collin, L.-M., Gaudin, É., Gaudreault, M., Hachey, M.-A., Pepin, C., Toussaint, M., Chemli, Y., Marin, T., … Fakhri, G. E. (2022). Scanner Approaching in Vivo Autoradiographic Neuro Tomography (SAVANT) : Progress Towards µL Resolution for Imaging the Human Brain. *Journal of Nuclear Medicine*, *63*(supplement 2), 24362436.

Lefrançois, É., Grissonnanche, G., Baglo, J., Lampen-Kelley, P., Yan, J.-Q., Balz, C., Mandrus, D., Nagler, S. E., Kim, S., Kim, Y.-J., Doiron-Leyraud, N., & Taillefer, L. (2022). Evidence of a Phonon Hall Effect in the Kitaev Spin Liquid Candidate $\ensuremath{\alpha}\text{\ensuremath{-}}{\mathrm{RuCl}}_{3}$. *Physical Review X*, *12*(2), 021025. https://doi.org/10.1103/PhysRevX.12.021025

Lenardo, B. G., Hardy, C. A., Tsang, R. H. M., Ondze, J. C. N., Piepke, A., Triambak, S., Jamil, A., Adhikari, G., Kharusi, S. A., Angelico, E., Arnquist, I. J., Belov, V., Bernard, E. P., Bhat, A., Bhatta, T., Bolotnikov, A., Breur, P. A., Brodsky, J. P., Brown, E., … Collaboration, T. nEXO. (2022). Development of a 127Xe calibration source for nEXO. *Journal of Instrumentation*, *17*(07), P07028. https://doi.org/10.1088/1748-0221/17/07/P07028

Liu, T., Amirsoleimani, A., Xu, J., Alibart, F., Beilliard, Y., Ecoffey, S., Drouin, D., & Genov, R. (2022). CODEX : Stochastic Encoding Method to Relax Resistive Crossbar Accelerator Design Requirements. *IEEE Transactions on Circuits and Systems II: Express Briefs*, *69*(8), 33563360. https://doi.org/10.1109/TCSII.2022.3157789

Loignon-Houle, F., Charlebois, S. A., Fontaine, R., & Lecomte, R. (2022). Monte Carlo simulations of energy, time and spatial evolution of primary electrons generated by 511 keV photons in various scintillators. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment*, *1030*, 166449. https://doi.org/10.1016/j.nima.2022.166449

Lu, M., Ville, J.-L., Cohen, J., Petrescu, A., Schreppler, S., Chen, L., Jünger, C., Pelletti, C., Marchenkov, A., Banerjee, A., Livingston, W. P., Kreikebaum, J. M., Santiago, D. I., Blais, A., & Siddiqi, I. (2022). Multipartite Entanglement in Rabi-Driven Superconducting Qubits. *PRX Quantum*, *3*(4), 040322. https://doi.org/10.1103/PRXQuantum.3.040322

Lu, X., & Sénéchal, D. (2022). Doping phase diagram of a Hubbard model for twisted bilayer cuprates. *Physical Review B*, *105*(24), 245127. https://doi.org/10.1103/PhysRevB.105.245127

MacKay, A., & Ocejo, A. (2022). Portfolio Optimization With a Guaranteed Minimum Maturity Benefit and Risk-Adjusted Fees. *Methodology and Computing in Applied Probability*, *24*(2), 10211049. https://doi.org/10.1007/s11009-022-09942-5

Manchon, B., Segantini, G., Baboux, N., Rojo Romeo, P., Barhoumi, R., Infante, I. C., Alibart, F., Drouin, D., Vilquin, B., & Deleruyelle, D. (2022). Insertion of an Ultrathin Interfacial Aluminum Layer for the Realization of a Hf0.5Zr0.5O2 Ferroelectric Tunnel Junction. *Physica Status Solidi (RRL) – Rapid Research Letters*, *16*(10), 2100585. https://doi.org/10.1002/pssr.202100585

Mansouri, S., Balli, M., Jandl, S., Suleiman, A. O., Fournier, P., Orlita, M., Zobkalo, I. A., Barilo, S. N., & Chaker, M. (2022). Optical and magnetic investigation of multiferroic and magnetocaloric properties of ${\mathrm{Nd}}_{0.8}{\mathrm{Tb}}_{0.2}{\mathrm{Mn}}_{2}{\mathrm{O}}_{5}$. *Physical Review B*, *106*(8), 085107. https://doi.org/10.1103/PhysRevB.106.085107

Mayrand, M. (2022). Hyperkähler metrics near Lagrangian submanifolds and symplectic groupoids. *Journal Für Die Reine Und Angewandte Mathematik (Crelles Journal)*, *2022*(782), 197218. https://doi.org/10.1515/crelle-2021-0059

Meyer, F., Ingenito, A., Diaz Leon, J. J., Niquille, X., Allebé, C., Nicolay, S., Haug, F.-J., & Ballif, C. (2022). Localisation of front side passivating contacts for direct metallisation of high-efficiency c-Si solar cells. *Solar Energy Materials and Solar Cells*, *235*, 111455. https://doi.org/10.1016/j.solmat.2021.111455

Morin, M., Paré, J., Bérubé-Lauzière, Y., Simard, C., & Tu, L. (2022). 411 FEASIBILITY, ACCEPTABILITY AND EFFECTS OF HIGH INTENSITY LASER THERAPY FOR WOMEN WITH VULVODYNIA : A RANDOMIZED PROSPECTIVE PILOT STUDY. *Continence*, *2*, 100385. https://doi.org/10.1016/j.cont.2022.100385

Morin, M., Paré, J., Dumont, V., Bérubé-Lauzière, Y., & Tu, L. (2022). A Randomized Prospective Pilot Study Investigating the Feasibility and Effects of High Intensity Laser Therapy for Women with Vulvodynia. *The Journal of Sexual Medicine*, *19*(8, Supplement 3), S1. https://doi.org/10.1016/j.jsxm.2022.05.008

Najah, M., Ecoffey, S., Singh, T., Ferguson, M., Roby, L.-P., Renaud, J., Gondcharton, P., Banville, F. A., Boucherit, M., Charlebois, S. A., Fréchette, L. G., Mansour, R. R., & Boone, F. (2022). Characterization of a Wafer-Level Packaged Au–Ru/AlCu Contact for Micro-Switches. *Journal of Microelectromechanical Systems*, *31*(4), 700711. https://doi.org/10.1109/JMEMS.2022.3172920

Najah, M., Maaboudallah, F., Boucherit, M., Ferguson, M., Fréchette, L., Charlebois, S., Boone, F., & Ecoffey, S. (2022). Spectral analysis of the topography parameters for isotropic Gaussian rough surfaces applied to gold coating. *Tribology International*, *165*, 107339. https://doi.org/10.1016/j.triboint.2021.107339

Nkeck, J. E., Béliveau, L.-P., Ropagnol, X., Deslandes, D., Morris, D., & Blanchard, F. (2022). Parallel generation and coding of a terahertz pulse train. *APL Photonics*, *7*(12), 126105. https://doi.org/10.1063/5.0123697

Omri, M., Al-turki, Y., Norman, R., Arès, R., & Fréchette, L. (2022). Viability of a hybrid desalinisation system using concentrated photovoltaics receivers to power seawater desalination. *Alexandria Engineering Journal*, *61*(7), 56675675. https://doi.org/10.1016/j.aej.2021.11.063

Orell, T., Zanner, M., Juan, M. L., Sharafiev, A., Albert, R., Oleschko, S., Kirchmair, G., & Silveri, M. (2022). Collective bosonic effects in an array of transmon devices. *Physical Review A*, *105*(6), 063701. https://doi.org/10.1103/PhysRevA.105.063701

Pahlevanzadeh, B., Sahebsara, P., & Sénéchal, D. (2022). Charge order and antiferromagnetism in twisted bilayer graphene from the variational cluster approximation. *SciPost Physics*, *13*(2), 040. https://doi.org/10.21468/SciPostPhys.13.2.040

Pouliot, F., Beauregard, J.-M., Saad, F., Trudel, D., Richard, P. O., Turcotte, É., Rousseau, É., Probst, S., Kassouf, W., Anidjar, M., Camirand Lemyre, F., Bouvet, G. F., Neveu, B., Tétu, A., & Guérin, B. (2022). The Triple-Tracer strategy against Metastatic PrOstate cancer (3TMPO) study protocol. *BJU International*, *130*(3), 314322. https://doi.org/10.1111/bju.15621

Roberge, P., Houle, J., Provost, J.-R., Coulombe, S., Beaudin, A., Bower, P., Lemyre, F. C., Drapeau, M., Drouin, M.-S., Hudon, C., Provencher, M. D., & Vasiliadis, H.-M. (2022). A pragmatic randomized controlled trial of a group self-management support program versus treatment-as-usual for anxiety disorders : Study protocol. *BMC Psychiatry*, *22*(1), 135. https://doi.org/10.1186/s12888-021-03675-4

Rosenberg, P., Sénéchal, D., Tremblay, A.-M. S., & Charlebois, M. (2022). Fermi arcs from dynamical variational Monte Carlo. *Physical Review B*, *106*(24), 245132. https://doi.org/10.1103/PhysRevB.106.245132

Royer, B., Singh, S., & Girvin, S. M. (2022). Encoding Qubits in Multimode Grid States. *PRX Quantum*, *3*(1), 010335. https://doi.org/10.1103/PRXQuantum.3.010335

Sarry, F., Bonhomme, J., Oudich, M., Segura Chavez, P. A., Beyssen, D., Elmazria, O., Md Arshad, M. K., & Charette, P. G. (2022). Development of a Love-Wave Biosensor Based on an Analytical Model. *Chemosensors*, *10*(2), Article 2. https://doi.org/10.3390/chemosensors10020081

Segura Chávez, P. A., Bonhomme, J., Bellaredj, M. L. F., Olive, L., Beyssen, D., Oudich, M., Charette, P. G., & Sarry, F. (2022). Love Wave Sensor with High Penetration Depth for Potential Application in Cell Monitoring. *Biosensors*, *12*(2), Article 2. https://doi.org/10.3390/bios12020061

Senaud, L.-L., Christmann, G., Antognini, L., Descoeudres, A., Geissbühler, J., Boccard, M., Nicolay, S., Despeisse, M., Ballif, C., & Paviet-Salomon, B. (2022). Bottom-Up and Top-Down Approaches for Identifying and Mitigating Electrical Losses in Silicon Heterojunction Solar Cells. *IEEE Journal of Photovoltaics*, *12*(4), 906914. https://doi.org/10.1109/JPHOTOV.2022.3176983

Shakeripour, H., Tanatar, M. A., Petrovic, C., & Taillefer, L. (2022). Subphases in the superconducting state of ${\mathrm{CeIrIn}}_{5}$ revealed by low-temperature c-axis heat transport. *Physical Review Research*, *4*(1), 013192. https://doi.org/10.1103/PhysRevResearch.4.013192

Shillito, R., Petrescu, A., Cohen, J., Beall, J., Hauru, M., Ganahl, M., Lewis, A. G. M., Vidal, G., & Blais, A. (2022). Dynamics of Transmon Ionization. *Physical Review Applied*, *18*(3), 034031. https://doi.org/10.1103/PhysRevApplied.18.034031

Simoneau, J. O., Virally, S., Lupien, C., & Reulet, B. (2022). Photocount statistics of the Josephson parametric amplifier. *Physical Review Research*, *4*(1), 013176. https://doi.org/10.1103/PhysRevResearch.4.013176

Sivak, V. V., Eickbusch, A., Liu, H., Royer, B., Tsioutsios, I., & Devoret, M. H. (2022). Model-Free Quantum Control with Reinforcement Learning. *Physical Review X*, *12*(1), 011059. https://doi.org/10.1103/PhysRevX.12.011059

Starzec-Proserpio, M., Grigol Bardin, M., Fradette, J., Tu, L. M., Bérubè-Lauzière, Y., Paré, J., Carroll, M.-S., & Morin, M. (2022). High-Intensity Laser Therapy (HILT) as an Emerging Treatment for Vulvodynia and Chronic Musculoskeletal Pain Disorders : A Systematic Review of Treatment Efficacy. *Journal of Clinical Medicine*, *11*(13), Article 13. https://doi.org/10.3390/jcm11133701

Tanner, K., Marineau-Plante, G., Schlachter, A., Karsenti, P.-L., Soldera, A., & Harvey, P. D. (2022). Significant differences between solid state and solution photochemistry and photophysics of mesogenic organometallic gold complexes. *Canadian Journal of Chemistry*, *100*(2), 150161. https://doi.org/10.1139/cjc-2021-0120

Thatcher, Z., Liu, C.-H., Yang, L., McBride, B. C., Thinh Tran, G., Wustrow, A., Karlsen, M. A., Neilson, J. R., Ravnsbæk, D. B., & Billinge, S. J. L. (2022). nmfMapping : A cloud-based web application for non-negative matrix factorization of powder diffraction and pair distribution function datasets. *Acta Crystallographica Section A: Foundations and Advances*, *78*(3), Article 3. https://doi.org/10.1107/S2053273322002522

Tong, W., Ganjali, A., Ghaffari, O., Sayed, C. al, Fréchette, L., & Sylvestre, J. (2022). Numerical and Parametric Investigation of the Effect of Heat Spreading on Boiling of a Dielectric Liquid for Immersion Cooling of Electronics. *Journal of Electronic Packaging*, *144*(041011). https://doi.org/10.1115/1.4053310

Trépanier, O., Duchesne, R. N., Boudreault, J. J., & Côté, R. (2022). Magneto-optical Kerr effect in Weyl semimetals with broken inversion and time-reversal symmetries. *Physical Review B*, *106*(12), 125104. https://doi.org/10.1103/PhysRevB.106.125104

Vandier, Q., Frémont, H., & Drouin, D. (2022). Moisture Diffusion Inside the BEOL of an FC-PBGA Package. *IEEE Transactions on Components, Packaging and Manufacturing Technology*, *12*(11), 17401747. https://doi.org/10.1109/TCPMT.2022.3226139

Verret, S., Foley, A., Sénéchal, D., Tremblay, A.-M. S., & Charlebois, M. (2022). Fermi arcs versus hole pockets : Periodization of a cellular two-band model. *Physical Review B*, *105*(3), 035117. https://doi.org/10.1103/PhysRevB.105.035117

Walsh, C., Charlebois, M., Sémon, P., Sordi, G., & Tremblay, A.-M. S. (2022). Prediction of anomalies in the velocity of sound for the pseudogap of hole-doped cuprates. *Physical Review B*, *106*(23), 235134. https://doi.org/10.1103/PhysRevB.106.235134

Wespiser, C., Putaud, T., Kalugina, Y., Soldera, A., Roy, P.-N., Michaut, X., & Ayotte, P. (2022). Ro-translational dynamics of confined water. I. The confined asymmetric rotor model. *The Journal of Chemical Physics*, *156*(7), 074304. https://doi.org/10.1063/5.0079565

Wú, W., Wang, X., & Tremblay, A.-M. (2022). Non-Fermi liquid phase and linear-in-temperature scattering rate in overdoped two-dimensional Hubbard model. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *119*(13), e2115819119. https://doi.org/10.1073/pnas.2115819119

Wustrow, A., McDermott, M. J., O'Nolan, D., Liu, C.-H., Tran, G. T., McBride, B. C., Vornholt, S. M., Feng, C., Dwaraknath, S. S., Chapman, K. W., Billinge, S. J. L., Sun, W., Persson, K. A., & Neilson, J. R. (2022). Reaction Selectivity in Cometathesis : Yttrium Manganese Oxides. *Chemistry of Materials*, *34*(10), 46944702. https://doi.org/10.1021/acs.chemmater.2c00636

Yang, Y., Toure, M. K., Souare, P. M., Duchesne, E., & Sylvestre, J. (2022a). Modeling of flip-chip underfill delamination and cracking with five input manufacturing variables. *Microelectronics Reliability*, *132*, 114533. https://doi.org/10.1016/j.microrel.2022.114533

Yang, Y., Toure, M. K., Souare, P. M., Duchesne, E., & Sylvestre, J. (2022b). Study of underfill corner cracks by the confocal-DIC and phantom-nodes methods. *Microelectronics Reliability*, *128*, 114431. https://doi.org/10.1016/j.microrel.2021.114431

Yon, V., Amirsoleimani, A., Alibart, F., Melko, R. G., Drouin, D., & Beilliard, Y. (2022). Exploiting Non-idealities of Resistive Switching Memories for Efficient Machine Learning. *Frontiers in Electronics*, *3*. https://doi.org/10.3389/felec.2022.825077

Zanner, M., Orell, T., Schneider, C. M. F., Albert, R., Oleschko, S., Juan, M. L., Silveri, M., & Kirchmair, G. (2022). Coherent control of a multi-qubit dark state in waveguide quantum electrodynamics. *Nature Physics*, *18*(5), Article 5. https://doi.org/10.1038/s41567-022-01527-w

Zhou, J., Quirion, G., Quilliam, J. A., Cao, H., Ye, F., Stone, M. B., Huang, Q., Zhou, H., Cheng, J., Bai, X., Mourigal, M., Wan, Y., & Dun, Z. (2022). Anticollinear order and degeneracy lifting in square lattice antiferromagnet ${\mathrm{LaSrCrO}}_{4}$. *Physical Review B*, *105*(18), L180411. https://doi.org/10.1103/PhysRevB.105.L180411

Zibar, W., Richard, O., Drighil, A., Lachhab, T., Mziouek, H., Aimez, V., Jaouad, A., & Adhiri, R. (2022). Study of electrical properties of Al/Si3N4/n-GaAs MIS capacitors deposited at low and high frequency PECVD. *The European Physical Journal Applied Physics*, *97*, 60. https://doi.org/10.1051/epjap/2022220062

ACTES DE CONFÉRENCE

Benjelloun, M., Al Taradeh, N., Rodriguez, C., Gogneau, N., Soltani, A., Morris, D., Harmand, J.-C., & Maher, H. (2022). Design and Optimization of New Enhanced Vertical GaN Nanowire Transistor Using Sentaurus TCAD for Power Applications. *2022 Compound Semiconductor Week (CSW)*, 12. https://doi.org/10.1109/CSW55288.2022.9930376

Benjelloun, M., Sodhi, T., Kunti, A., Travers, L., Soltani, A., Morris, D., Maher, H., Gogneau, N., & Harmand, J.-C. (2022). Growth of Si-doped GaN Nanowires With Low Density For Power Device Applications. *2022 Compound Semiconductor Week (CSW)*, 12. https://doi.org/10.1109/CSW55288.2022.9930401

Chancerel, F., Regreny, P., Leclercq, J.-L., Volatier, M., Jaouad, A., Darnon, M., Fafard, S., Gendry, M., & Aimez, V. (2022). Comparison of various InGaAs-based solar cells for concentrated photovoltaics applications. *AIP Conference Proceedings*, *2550*(1), 020002. https://doi.org/10.1063/5.0103648

Darnon, M., Lafontaine, M. de, Albert, P., Jouanneau, C., Bidaud, T., Dubuc, C., Volatier, M., Aimez, V., Jaouad, A., & Hamon, G. (2022). Sub-millimeter-scale multijunction solar cells for concentrator photovoltaics (CPV). *Physics, Simulation, and Photonic Engineering of Photovoltaic Devices XI*, *11996*, 4958. https://doi.org/10.1117/12.2613441

de Lafontaine, M., Gay, G., Pargon, E., Petit-Etienne, C., Stricher, R., Ecoffey, S., Turala, A., Volatier, M., Jaouad, A., Fafard, S., Aimez, V., & Darnon, M. (2022). Micro-Scale III-V/Ge Multijunction Solar Cell with Through Cell Via Contacts. *2022 IEEE 49th Photovoltaics Specialists Conference (PVSC)*, 254254. https://doi.org/10.1109/PVSC48317.2022.9938702

Diaz Leon, J. J., Libraro, S., Ingenito, A., Allebé, C., Hübner, S., Dippell, T., Descoeudres, A., Nicolay, S., Ballif, C., & Paviet-Salomon, B. (2022). Sputtered polySi(n) passivating contacts compatible with direct metallization. *AIP Conference Proceedings*, *2709*(1), 020011. https://doi.org/10.1063/5.0126213

Ghaffari, O., Sayed, C. A., Vincent, M., Grenier, F., Jasmin, S., Fréchette, L., & Sylvestre, J. (2022). Study of the Impact of the Airflow and Filling Ratio on the Thermal Performances of a Two-Phase Immersion Cooling Prototype. *2022 21st IEEE Intersociety Conference on Thermal and Thermomechanical Phenomena in Electronic Systems (iTherm)*, 16. https://doi.org/10.1109/iTherm54085.2022.9899558

Henriques, J., Heintz, A., Ilahi, B., Arès, R., & Boucherif, A. (2022). Growth of GaAs on Ge/Si (001) nanovoided virtual substrate. *2022 IEEE 49th Photovoltaics Specialists Conference (PVSC)*, 05500550. https://doi.org/10.1109/PVSC48317.2022.9938555

Lafontaine, M. de, Ayari, F., Pargon, E., Gay, G., Petit-Etienne, C., Turala, A., Jaouad, A., Volatier, M., Fafard, S., Aimez, V., & Darnon, M. (2022). Multijunction solar cell mesa isolation : A comparative study. *AIP Conference Proceedings*, *2550*(1), 020003. https://doi.org/10.1063/5.0099529

Larimi, Y. N., Ghaffari, O., Ganjali, A., Al Sayed, C., Grenier, F., Jasmin, S., Fréchette, L., & Sylvestre, J. (2022). Multi-Scale Electroplated Porous Coating for Immersion Cooling of Electronics. *2022 21st IEEE Intersociety Conference on Thermal and Thermomechanical Phenomena in Electronic Systems (iTherm)*, 17. https://doi.org/10.1109/iTherm54085.2022.9899660

Nkeck, J. E., Béliveau, L.-P., Ropagnol, X., Deslandes, D., Morris, D., & Blanchard, F. (2022). Characterization of a terahertz pulse train generation and modulation source. *2022 Photonics North (PN)*, 11. https://doi.org/10.1109/PN56061.2022.9908327

Nkeck, J. E., Béliveau, L.-P., Ropagnol, X., Morris, D., & Blanchard, F. (2022). Generation and manipulation in parallel of a terahertz pulse train with sub-picosecond resolution. *Conference on Lasers and Electro-Optics (2022), Paper STu5L.1*, STu5L.1. https://doi.org/10.1364/CLEO_SI.2022.STu5L.1

Norman, R., Leveille, E., Caillou, N., Blais, J., Rosa, S., Aimez, V., & Frechette, L. G. (2022). Molding arrays of tertiary optical elements for microcell receivers. *AIP Conference Proceedings*, *2550*(1), 040006. https://doi.org/10.1063/5.0099160

Parent, G., Ganjali, A., Ghaffari, O., Al Sayed, C., Fréchette, L., & Sylvestre, J. (2022). Boiling and Condensation of a Dielectric Liquid in a Closed Enclosure for Electronics Cooling Applications. *2022 21st IEEE Intersociety Conference on Thermal and Thermomechanical Phenomena in Electronic Systems (iTherm)*, 17. https://doi.org/10.1109/iTherm54085.2022.9899604

Parent, S., Vachon, F., Gauthier, V., Paquette, A., Deschamps, J., Rossignol, T., Arsenault, P., Paulin, C., Lemay, J., Roy, N., Côté, M., Dupont, D., Martel, S., Dautet, H., Charlebois, S. A., & Pratte, J.-F. (2022). Characterization and Monitoring Platform for Single-Photon Avalanche Diodes in the Development of a Photon-to-Digital Converter Technology. *2022 IEEE 34th International Conference on Microelectronic Test Structures (ICMTS)*, 14. https://doi.org/10.1109/ICMTS50340.2022.9898180

Paupy, N., Ilahi, B., Elhmaidi, Z. O., Daniel, V., Hanuš, T., Arvinte, R., Heintz, A., Mbeunmi, A. B. P., Diallo, T. M., Arès, R., & Boucherif, A. (2022). Epitaxial growth of detachable GaAs/Ge heterostructure on mesoporous Ge substrate for layer separation and substrate reuse. *2022 IEEE 49th Photovoltaics Specialists Conference (PVSC)*, 04300430. https://doi.org/10.1109/PVSC48317.2022.9938839

Qiu, Y., Beilliard, Y., De Sousa, I., & Drouin, D. (2022). A Self-Aligned Structure based on V-groove for Accurate Silicon Bridge Placement. *2022 IEEE 72nd Electronic Components and Technology Conference (ECTC)*, 668673. https://doi.org/10.1109/ECTC51906.2022.00112

Ritou, A., St-Pierre, P., Provost, P. O., Forcade, G., Dubuc, C., Dellea, O., Hamon, G., Volatier, M., Jaouad, A., Valdivia, C. E., Hinzer, K., Aimez, V., & Darnon, M. (2022). CPV module to rate antireflective and encapsulant coating in outdoor conditions. *AIP Conference Proceedings*, *2550*(1), 030004. https://doi.org/10.1063/5.0099255

Yarga, S. Y. A., Rouat, J., & Wood, S. (2022). Efficient Spike Encoding Algorithms for Neuromorphic Speech Recognition. *Proceedings of the International Conference on Neuromorphic Systems 2022*, 18. https://doi.org/10.1145/3546790.3546803

CHAPITRES DE LIVRES

Lacroix, I., & Beaulieu, C. (2022). Éducation et pandémie : Quand l'intégration technologique est imposée. Dans R. Bernier, S. Paquin, & F. Audet (Éds.), *Gouverner en temps de pandémie* (1re éd., p. 6176). Presses de l'Université du Québec. https://doi.org/10.2307/j.ctv2ks6wfv.10

Thibault, K. (2022). La science quantique au service des changements climatiques. Dans *L'état du Québec 2023—Urgence climatique : Agir sur tous les fronts* (p. 146154). Institut du nouveau monde. https://inm.qc.ca/edq2023/

Wustrow, A., & Neilson, J. R. (2023). 5.03—Metathesis routes to materials. Dans J. Reedijk & K. R. Poeppelmeier (Éds.), *Comprehensive Inorganic Chemistry III (Third Edition)* (p. 2439). Elsevier. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-823144-9.00075-3

PRÉSENTATIONS DE CONFÉRENCE

Abbasi Eskandari, M., Brahiti, N., Balli, M., Fournier, P., & Brojabasi, P. (2022). Tailoring the magnetocaloric effect in oxides. *APS March Meeting*, *2022*, A54.009.

Ataei, A., Grissonnanche, G., Boulanger, M.-E., Chen, L., Lefrancois, E., Brouet, V., & Taillefer, L. (2022). Thermal Hall effect in Sr2IrO4. *APS March Meeting*, *2022*, N64.011.

Ayari, F., Moreau, S., Lafontaine, M. D., Turala, A., Hamon, G., Bidaud, T., Volatier, M., Aimez, V., Jaouad, A., & Darnon, M. (2022). Multi-Terminal Three-Junction Solar Cells for Sub-Cells Characterization. *18th Conference on Concentrated PhotoVoltaïcs System*. 18th Conference on Concentrated PhotoVoltaïcs System. https://hal.science/hal-03831364

Baglo, J., Lefrancois, E., Barthélemy, Q., Kim, S., Kim, Y.-J., & Taillefer, L. (2022). Low-temperature field dependence of thermal conductivity in α-RuCl3. *APS March Meeting*, *2022*, G51.005.

Beaudoin, L., Quilliam, J., Reulet, B., & Université de Sherbrooke, I. Q. T. (2022). Probing quasi two-dimensional materials using Nuclear Magnetic Resonance. *APS March Meeting*, *2022*, G31.004.

Belanger, M., Fournier, J., & Senechal, D. (2022). Superconductivity in the twisted bilayer transition metal dichalcogenide WSe2. *APS March Meeting*, *2022*, B55.004.

Beltrami, C., Convert, L., Bryche, J.-F., Moreau, J., Charette, P. G., & Canva, M. (2022, juin 16). SPR biosensor for the detection of microRNAs. *Journée Annuelle Du Centre d'Optique, Photonique et Laser*. Journée annuelle du Centre d'Optique, Photonique et Laser. https://hal.science/hal-03815781

Benjelloun, M., Sodhi, T., Kunti, A., Travers, L., Soltani, A., Morris, D., Maher, H., Gogneau, N., & Harmand, J.-C. (2022). Growth of GaN Si-doped NWs With Lower DensityFor Power Device Applications. *Compound Semiconductor Week 2022*. Compound Semiconductor Week 2022. https://hal.science/hal-03829546

Bioud, Y., Roorda, S., & Dupont-Ferrier, E. (2022a). Defect-assisted high activation yields of bismuth donors in silicon. *APS March Meeting*, *2022*, K37.010.

Bioud, Y., Roorda, S., & Dupont-Ferrier, E. (2022b, juillet 10). Pre-amorphization for improving the activation yield of bismuth donors in silicon. *22nd INTERNATIONAL CONFERENCE ON ION BEAM MODIFICATION OF MATERIALS*. 22nd INTERNATIONAL CONFERENCE ON ION BEAM MODIFICATION OF MATERIALS. https://hal.science/hal-03656037

Blais, A. (2022a, mai). *À quand l'ordinateur quantique pour l'IA?* TimeWorld, Montréal, QC.

Blais, A. (2022b, mai). *Dynamics of transmon ionization*. CQuIC Seminar, University of New Mexico, Albuquerque, USA.

Blais, A. (2022c, septembre). *Dynamics of Transmon Ionization*. Workshop on Superconducting Quantum Networks, Vienna, Austria.

Blais, A. (2022d, octobre). *Measuring the quantum state of superconducting qubits*.

Blais, A. (2022e, octobre). *Quantum Science and Technologies*. STS Forum, Tokyo, Japon.

Blais, A. (2022f, novembre). *Dynamics of Transmon Ionization*.

Blais, A. (2022g, décembre). *Transmon Ionization and Cloaking*.

Blais, A. (2023a, janvier). *Vers le calcul quantique avec les circuits supraconducteurs*. Physics Departement Colloquium, Université de Montréal, Montréal, Canada.

Blais, A. (2023b, mars). *Cloaking a qubit in a cavity*. Les Rencontres de Morionds, La Thuile, Italy.

Blais, A. (2023c, mars). *Dispersive qubit readout*. Google Quantum AI, Santa Barbara, USA.

Bolduc Beaudoin, S., Reulet, B., Virally, S., Lupien, C., & . Team. (2022). Statistics of Broadband Microwave Photons. *APS March Meeting*, *2022*, T38.009.

Borges, J., Darnon, M., Beilliard, Y., & Drouin, D. (2022, novembre 6). Plasma Etching of Copper for the Microfabrication of High-Density Interconnects in Advanced Packaging. *AVS 68th International Symposium & Exhibition*. AVS 68th International Symposium & Exhibition. https://hal.science/hal-03910308

Bouman, D., Vermeulen, K., van Gulik, R., Wong, C. H., Bos, W., Drobotun, N., van den Brink, R., Kammhuber, J., Paluch, P., Adam, V., Wernsdorfer, W., Pop, I.-M., Thiney, V., Colas, L., Tétrault, M.-A., Pioro-Ladriere, M., Kuitenbrouwer, D., & Bosman, S. (2022). Scalable Quantum i/o : Advances in Integrated Cryogenic Microwave Components in Flexible Stripline Structures Part 2/2. *APS March Meeting*, *2022*, A39.006.

Bryche, J.-F., Vega, M., Bresson, P., Karsenti, P.-L., Gogol, P., Moreau, J., Morris, D., Charette, P. G., & Canva, M. (2022, juin 16). Tracking ultra-fast heat transfer inside cross-shaped nanoparticles. *Journée Annuelle Du Centre d'Optique, Photonique et Laser*. Journée annuelle du Centre d'Optique, Photonique et Laser. https://hal.science/hal-03822707

Bryche, J.-F., Vega, M., Tempez, A., Brulé, T., Carlier, T., Moreau, J., Charette, P. G., Chaigneau, M., & Canva, M. (2022, août 29). TERS characterization of Functionnalied Gold nanostructure for improved Biosensors. *Near-Field Optics (NFO16)*. Near-Field Optics (NFO16). https://hal.science/hal-03821862

Camirand Lemyre, F. (2022, décembre). *Change-point tests and estimators for gradually changing dependence structures based on Kendalls tau*. 15th International Conference of the ERCIM WG on Computational and Methodological Statistics, Londres, Royaume-Uni.

Chen, L., Boulanger, M.-E., Wang, Z.-C., Tafti, F., & Taillefer, L. (2022). Large Phonon Thermal Hall Effect in the Antiferromagnetic Insulator Cu3TeO6. *APS March Meeting*, *2022*, N53.006.

Cohen, J., Petrescu, A., Shillito, R., & Blais, A. (2022). Drive-induced dephasing in circuit QED. *APS March Meeting*, *2022*, N41.011.

Dash, S. S., Kowalski, N., Sémon, P., Senechal, D., & Tremblay, A.-M. (2022). Mechanism of Superconductivity in Cuprates : Oxygen Hole Content, Charge Transfer Gap and Superexchange. *APS March Meeting*, *2022*, Z61.004.

Dawant, R., Ecoffey, S., & Drouin, D. (2022). 3D shaping of multi-layers stack using a single plasma etching step and greyscaleelectron-beam lithography. *65th International Conference on Electron, Ion and Photon Beam Technology and Nanofabrication*. 65th International Conference on Electron, Ion and Photon Beam Technology and Nanofabrication. https://hal.science/hal-03822958

Desoppi, L., Dupuis, N., & Bourbonnais, C. (2022). Lattice renormalization group approach to the quantum ordered states of the one-dimensional extended Hubbard model as a function of filling. *APS March Meeting*, *2022*, D64.004.

di Paolo, A., Leroux, C., An, J., Sung, Y., Karamlou, A., Muschinske, S., Greene, A., Winik, R., Hazard, T., Serniak, K., Grover, J., Gustavsson, S., Blais, A., & Oliver, W. (2022). Engineering microwave-activated interactions for two-qubit gates and coherent-error suppression. *APS March Meeting*, *2022*, Z41.013.

Downey, P.-O., Gingras, O., Charlebois, M., Hébert, C.-D., & Tremblay, A.-M. (2022). Pseudogap and Mott physics on a frustrated lattice. *APS March Meeting*, *2022*, T63.013.

Eickbusch, A., Ding, Z., Brock, B., Hays, M., Sivak, V., Royer, B., Tsioutsios, I., Wang, C., de Graaf, S., Chapman, B., Puri, S., Frunzio, L., Schoelkopf, R., & Devoret, M. (2022). Towards the implementation of a logical CNOT gate between stabilized Gottesman-Kitaev-Preskill (GKP) qubits—Part 2of 2. *APS March Meeting*, *2022*, W34.005.

Fanevamampiandra, H., Longeaud, C., Alvarez, J., Jaffré, A., Lisca, M. da, Jouanneau, C., Bidaud, T., Kleider, J.-P., Jaouad, A., Gueunier-Farret, M.-E., Aimez, V., Hamon, G., & Darnon, M. (2022, septembre 26). Fast External Quantum Efficiency Measurements Using a Fourier Transform-Based Spectroscopy Approach for the Investigation of InGaP/InGaAs/Ge Microcells. *8th World Conference on Photovoltaic Energy Conversion (WCPEC-8)*. 8th World Conference on Photovoltaic Energy Conversion (WCPEC-8). https://hal.science/hal-03878596

Garate, I. (2023a, avril). *Institut quantique*. Forum Québécois sur les Matériaux Avancés, Québec, Canada.

Garate, I. (2023b, avril). *van Roosbroeck's equations in topological materials : A case study of Weyl semimetals*. Workshop on Topological Quantum Materials toward an Energy-Efficient World, Boston, MA.

Garg, N., Balafrej, I., Beilliard, Y., Drouin, D., Alibart, F., & Rouat, J. (2022). Unsupervised Learning with Ferroelectric Synapses. *IEEE 52nd European Solid-State Device Research Conference*. IEEE 52nd European Solid-State Device Research Conference. https://hal.science/hal-03822891

Gauthier, M.-A., Gingras, O., & Tremblay, A.-M. (2022). Superconducting gaps for Sr2RuO4 and their manifestations on observables. *APS March Meeting*, *2022*, F57.008.

Gauvin-Ndiaye, C., Graham, P.-A., & Tremblay, A.-M. (2022). Disorder effects on the phase diagram of electron-doped cuprates using the two-particle self-consistent approach. *APS March Meeting*, *2022*, A64.010.

Genois, E., di Paolo, A., Leroux, C., Krinner, S., Lacroix, N., Remm, A., Hellings, C., Lazar, S., Andersen, C. K., Swiadek, F., Herrmann, J., Norris, G., Muller, M., Eichler, C., Wallraff, A., & Blais, A. (2022). Quantum Error Correction in the Surface Code (Part III) : Realistic Simulation of the Experimental Code Performance. *APS March Meeting*, *2022*, Z40.010.

Ghotb, S. S., Fournier, P., Dion, M., & Hardy, G. (2022). Non-linear Hall effect in PCCO electron-doped cuprate. *APS March Meeting*, *2022*, T61.010.

Guinn, C., Sussman, S., Mundada, P., Vrajitoarea, A., Leroux, C., Place, A., Le Calonnec, C., di Paolo, A., Petrescu, A., Blais, A., & Houck, A. (2022). Fast parametrically driven entangling gates in superconducting circuits using a tunable coupler. *APS March Meeting*, *2022*, W41.003.

Gupta, N., McMahon, C., Sutarto, R., Gong, R., Ma, Q., Dragomir, M., Ataei, A., Taillefer, L., Gaulin, B., & Hawthorn, D. (2022). Evolution of electronic nematicity through the pseudogap phase in cuprate superconductors. *APS March Meeting*, *2022*, T61.008.

Hanuš, T., Diallo, T. M., Ruediger, A., Patriarche, G., Fafard, S., Arès, R., & Boucherif, A. (2022, septembre 19). Unfolding the role of defect engineering in graphene during Van der Waals epitaxy of semiconductors. *European Material Research Society (EMRS)*. European Material Research Society (EMRS). https://hal.science/hal-03868597

Juan, M. (s. d.). *Superconducting qubits and their readout*. Superconducting circuit workshop.

Juan, M. (2022, septembre). *Circuit QED and levitation*. Inaugural LeviNet Conference, Londres, Royaume-Uni.

Kourtis, S. (2022a, juin). *Qubit Vitrification & Entanglement Criticality on a Quantum Simulator*. International Conference on Quantum Information and Quantum Technolog, IISER Kolkata.

Kourtis, S. (2022b, septembre). *Tensor Networks : Mathematical Structures & Novel Algorithms*. Erwin Schrödinger Institute, Vienna, Austria.

Kourtis, S. (2023, mars). *Qubit Vitrification & Entanglement Criticality on a Quantum Simulator*. CCQ 2nd Plenary Meeting: International Quantum Tensor Network, New York, NY, USA.

Krinner, S., Lacroix, N., Remm, A., Hellings, C., Lazar, S., Andersen, C. K., Swiadek, F., Herrmann, J., Norris, G., Genois, E., di Paolo, A., Leroux, C., Muller, M., Blais, A., Eichler, C., & Wallraff, A. (2022). Quantum Error Correction in the Surface Code (Part II) : Logical State Preservation Experiments. *APS March Meeting*, *2022*, Z40.009.

Lacroix, N., Krinner, S., Remm, A., Hellings, C., Lazar, S., Andersen, C. K., Swiadek, F., Herrmann, J., Norris, G., Genois, E., di Paolo, A., Leroux, C., Müller, M., Blais, A., Eichler, C., & Wallraff, A. (2022). Quantum Error Correction in the Surface Code (Part I) : Stabilizer Measurements and State Initialization. *APS March Meeting*, *2022*, Z40.008.

Lahaie, C., Gauvin-Ndiaye, C., & Tremblay, A.-M. (2022). Benchmarking the TPSC+ Approach to the Two-Dimen-

sional Hubbard Model. *APS March Meeting*, *2022*, G49.004.

Le Calonnec, C., Petrescu, A., Leroux, C., di Paolo, A., Sussman, S., Guinn, C., Mundada, P., Vrajitoarea, A., Place, A., Houck, A., & Blais, A. (2022). Optimization of two-qubit gate rates and crosstalk in a tunable coupling superconducting device. *APS March Meeting*, *2022*, W41.002.

Lefrancois, E., Barthélemy, Q., Bourgeois-Hope, P., Baglo, J., Lefloïc, P., Chatterjee, D., Balédent, V., Velàzquez, M., Bert, F., Mendels, P., Doiron-Leyraud, N., & Taillefer, L. (2022). Thermal conductivity of the kagome antiferromagnet herbertsmithite. *APS March Meeting*, *2022*, K51.006.

Leroux, C., Gyenis, A., Kjaergaard, M., di Paolo, A., Marcus, C., & Blais, A. (2022). Weak-link-based nonreciprocal devices. *APS March Meeting*, *2022*, Z41.006.

Lhachemi, M. N., & Garate, I. (2022). Interplay between the axion field and the lattice vibrations in insulators. *APS March Meeting*, *2022*, A59.009.

Lin, H., Lien, S.-W., Garate, I., Huang, C.-Y., Bajpai, U., Hsu, C.-H., Tu, Y.-H., Chang, T.-R., Lanzillo, N., Liang, G., Bansil, A., & Chen, C.-T. (2022). Resistivity scaling in topological semimetal CoSi. *APS March Meeting*, *2022*, D59.008.

Lu, M., Ville, J.-L., Cohen, J., Petrescu, A., Schreppler, S., Marchenkov, A., Chen, L., Juenger, C., Banerjee, A., Livingston, W., Kreikebaum, J. M., Santiago, D., Blais, A., & Siddiqi, I. (2022). Demonstration of a Multi-Qubit Gate for All-to-All Connected Superconducting Qubits. *APS March Meeting*, *2022*, K41.001.

MacKay, A. (2022a, juin). *On stochastic approximation and option pricing*. 2022 CORS/INFORMS International Conference, Vancouver, BC.

MacKay, A. (2022b, juin). *On stochastic approximation and option pricing*. 2022 Annual Meeting of the Statistical Society of Canada, Vancouver, BC.

MacKay, A. (2022c, juillet). *Optimal stopping with discontinuous and time-dependent reward*. AARMS CRG Conference on Computational Aspects in Finance and Actuarial Sciences, University of Prince Edward Island.

Manchon, B., Coffineau, D., Segantini, G., Baboux, N., Rojo Romeo, P., Barhoumi, R., Cañero Infante, I., Alibart, F., Vilquin, B., Drouin, D., & Deleruyelle, D. (2022). Study of Polarisation and Conduction Mechanisms in Ferroelectric Hf0.5Zr0.5O2 Down to Deep Cryogenic Temperature 4.2 K. *ISAF-PFM-ECAPD 2022*. https://doi.org/10/78136

Marian, L., Pinsolle, E., Houle, S., Lupien, C., & Reulet, B. (2022). Microwave investigation of Higgs Mode in a superconducting wire. *APS March Meeting*, *2022*, B57.003.

Martin, N., Gauvin-Ndiaye, C., & Tremblay, A.-M. (2022). Benchmark of the TPSC+DMFT approach for the Hubbard model. *APS March Meeting*, *2022*, G49.005.

Morin, M., lanie, Par&#233, Josianne, B&#233, rub&#233, -Lauzi&#232, Re, Y., Simard, C., & Tu, L. M. (2022). Feasibility, acceptability and effects of high intensity laser therapy for women with vulvodynia : A randomized prospective pilot study. *Neurourology and Urodynamics*. https://www.ics.org/2022/abstract/411

Mouny, P.-A., Beilliard, Y., Pioro-Ladrière, M., & Drouin, D. (2022). Investigation of analog characteristics of Al2O3/TiO2-x memristors at liquid helium temperature for quantum technology applications. *Silicon Quantum Electronic Workshop*. Silicon Quantum Electronic Workshop. https://hal.science/hal-03822876

New experimental signatures of the pseudogap phase in cuprates. (2022, juillet 22). Materials & Mechanisms of Superconductivity, Vancouver, BC.

Petrescu, A., Cohen, J., Shillito, R., & Blais, A. (2022). Floquet theory for dispersive readout in circuit QED. *APS March Meeting*, *2022*, F41.008.

Premkumar, A., Gyenis, A., Mundada, P., Sussman, S., Croot, X., Huang, Z., Koch, J., & Houck, A. (2022). Towards High-Fidelity Gates in the Soft Zero-Pi Qubit. *APS March Meeting*, *2022*, K41.007.

Quilliam, J. A. (2022a, mai). *Sound velocity measurements in quantum spin liquid candidates*. Quantum Materials Canada, Sherbrooke, Canada.

Quilliam, J. A. (2022b, novembre). *Quantum spin liquids in Mo3O8-based breathing kagome systems*.

Rohrbacher, C., Godfrin, C., Kubicek, S., Govoreanu, B., Radu, I., & Dupont-Ferrier, E. (2022). All-silicon double quantum dot architecture for spin qubit. *APS March Meeting*, *2022*, B39.010.

Rosenberg, P., Charlebois, M., Tremblay, A.-M., & Sénéchal, D. (2022). Dynamical Variational Monte Carlo as a quantum impurity solver. *APS March Meeting*, *2022*, M49.010.

Royer, B., Singh, S., & Girvin, S. (2022). Encoding qubits in multimode grid states—Part 2. *APS March Meeting*, *2022*, N37.009.

Schär, J., Storz, S., Kulikov, A., Magnard, P., Kurpiers, P., Luetolf, J., Copetudo Espinosa, A., Reuer, K., Akin, A., Besse, J.-C., Gabureac, M., Norris, G., Rosario, A., Royer, B., Blais, A., & Wallraff, A. (2022). Loophole-Free Bell Inequality Violation with Superconducting Circuits : Concepts. *APS March Meeting*, *2022*, G41.010.

Sénéchal, D. (2022, mai). *Et si les anciens en savaient plus qu'on pense?* TEDx UdeS, Université de Sherbrooke, Sherbrooke, QC.

Sénéchal, D., Foley, A., & Baker, T. (2022). Direct solution of multiple excitations in a matrix product state with block Lanczos. *APS March Meeting*, *2022*, K48.013.

Shillito, R., Petrescu, A., Cohen, J., Blais, A., & Vidal, G. (2022). Simulation of Readout in Circuit QED using Tensor Processing Units. *APS March Meeting*, *2022*, N41.010.

Singh, S., Royer, B., & Girvin, S. (2022). Encoding qubits in multimode grid states—Part 1. *APS March Meeting*, *2022*, N37.008.

Sivak, V., Eickbusch, A., Royer, B., Tsioutsios, I., Schoelkopf, R., & Devoret, M. (2022). Extending the logical lifetime of a stabilized Gottesman-Kitaev-Preskill qubit with reinforcement learning. *APS March Meeting*, *2022*, N37.002.

Sordi, G., Walsh, C., Charlebois, M., Sémon, P., & Tremblay, A.-M. (2022). Anomalies in the velocity of sound of the two-dimensional compressible Hubbard model. *APS March Meeting*, *2022*, A64.013.

Storz, S., Schär, J., Kulikov, A., Magnard, P., Kurpiers, P., Lütolf, J., Copetudo, A., Reuer, K., Akin, A., Besse, J.-C., Gabureac, M., Norris, G., Rosario, A., Royer, B., Blais, A., & Wallraff, A. (2022). Loophole-Free Bell Inequality Violation with Superconducting Circuits : Experiment. *APS March Meeting*, *2022*, G41.011.

Suresh, V., Pinsolle, E., Lupien, C., Martz-Oberlander, T. J., Lilly, M. P., Reno, J. L., Gervais, G., Szkopek, T., & Reulet, B. (2022). Quantized Microwave Faraday rotation. *APS March Meeting*, *2022*, Z52.012.

Sylvestre, J. (2023, mars 17). *Unconventional Computing, For and With Mechanical Systems*. 20th International Conference on Unconventional Computation and Natural Computation, University of North Florida.

Taillefer, L. (2022). Fermi surface transformation at the pseudogap critical point of a cuprate superconductor. *APS March Meeting*, *2022*, Y44.001.

Talebi, M., Volatier, M., Jaouad, A., Dubuc, C., Aimez, V., & Darnon, M. (2022). First Feedback from a CPV Plant in a Nordic Location, Québec, Canada. *18th Conference on Concentrated PhotoVoltaïcs System*. 18th Conference on Concentrated PhotoVoltaïcs System. https://hal.science/hal-03831362

Tremblay, A.-M. (2022). Fermi arcs vs hole pockets. *APS March Meeting*, *2022*, Y44.005.

Tremblay, A.-M. S., Dash, S. S., Kowalski, N., Sémon, P., & Sénéchal, D. (2022a, juillet 11). *Superconductivity in the three-band model of cuprates vs experiments*. International Workshop on Correlations and Angle-Resolved Photoemission Spectroscopy (CORPES22).

Tremblay, A.-M. S., Dash, S. S., Kowalski, N., Sémon, P., & Sénéchal, D. (2022b, juillet 17). *Mechanism of Superconductivity in Cuprates : Oxygen as a Witnesss*. 13th International Conference on Materials and Mechanisms of Superconductivity & High Temperature Superconductors M2S HTSC, Vancouver, BC.

Tremblay, A.-M. S., Dash, S. S., Kowalski, N., Sémon, P., & Sénéchal, D. (2022c, septembre 13). *Optimizing the superconducting transition temperature in the three-band Hubbard model.* Simons Collaboration on the Many Electron Problem lecture series.

Tremblay, A.-M. S., Dash, S. S., Kowalski, N., & Sénéchal, D. (2022, mai 3). *Mechanism of Superconductivity in Cuprates*. Spring Meeting of CIFAR program on Quantum Materials, Toronto, ON.

Vega, M., Bryche, J.-F., Bresson, P., Karsenti, P.-L., Besbes, M., Moreau, J., Gogol, P., Morris, D., Charette, P. G., & Canva, M. (2022, août 29). Intraparticle Heat Transfer inside Cross-shaped Nanoparticles Revealed by Femtosecond Transient Spectroscopy. *Near-Field Optics (NFO16)*. Near-Field Optics (NFO16). https://hal.science/hal-03822646

Vermeulen, K., Bouman, D., van Gulik, R., Wong, C. H., Bos, W., Drobotun, N., van den Brink, R., Kammhuber, J., Paluch, P., Adam, V., Wernsdorfer, W., Pop, I.-M., Thiney, V., Colas, L., Pioro-Ladrière, M., Tétrault, M.-A., Kuitebrouwer, D., & Bosman, S. (2022). Scalable Quantum i/o : Advances in Integrated Cryogenic Microwave Components in Flexible Stripline Structures Part 1/2. *APS March Meeting*, *2022*, A39.005.

Walsh, C., Charlebois, M., Sémon, P., Sordi, G., & Tremblay, A.-M. (2022). Information-theoretic description of superconductivity in a doped Mott insulator. *APS March Meeting*, *2022*, M33.007.

Yon, V., Czischek, S., Beilliard, Y., Pioro-Ladrière, M., Louis, G., Melko, R., & Drouin, D. (2022). Quantum dot charge autotuning with Bayesian Neural Networks for spin qubit applications. *Silicon Quantum Electronic Workshop*. Silicon Quantum Electronic Workshop. https://hal.science/hal-03822883

PREPRINTS

Asaadi, J., Baxter, D., Berggren, K. K., Braga, D., Charlebois, S. A., Chang, C., Dragone, A., Drlica-Wagner, A., Escobar, C. O., Estrada, J., Fahim, F., Febbraro, M., Moroni, G. F., Holland, S., Hossbach, T., Koppell, S., Leitz, C., Magnoni, A., Mazin, B. A., ... Wang, G. (2022). *Photon counting from the vacuum ultraviolet to the short wavelength infrared using semiconductor and superconducting technologies* (arXiv:2203.12542). arXiv. https://doi.org/10.48550/arXiv.2203.12542

Balibanu, A., & Mayrand, M. (2022). *Reduction of Dirac realizations* (arXiv:2210.07200). arXiv. https://doi.org/10.48550/arXiv.2210.07200

Cui, Z., MacKay, A., & Vachon, M.-C. (2022). *Analysis of VIX-linked fee incentives in variable annuities via continuous-time Markov chain approximation* (arXiv:2207.14793). arXiv. https://doi.org/10.48550/arXiv.2207.14793

Di Paolo, A., Leroux, C., Hazard, T. M., Serniak, K., Gustavsson, S., Blais, A., & Oliver, W. D. (2022). *Extensible circuit-QED architecture via amplitude- and frequency-variable microwaves* (arXiv:2204.08098). arXiv. https://doi.org/10.48550/arXiv.2204.08098

Downey, P.-O., Gingras, O., Fournier, J., Hébert, C.-D., Charlebois, M., & Tremblay, A.-M. S. (2023). Mott transition, Widom line and pseudogap in the half-filled triangular lattice Hubbard model. *Physical Review B*, *107*(12), 125159. https://doi.org/10.1103/PhysRevB.107.125159

Dumont, A., Février, P., Lupien, C., & Reulet, B. (2023). *Violation of detailed balance in microwave circuits : Theory and experiment* (arXiv:2211.13792). arXiv. https://doi.org/10.48550/arXiv.2211.13792

Durandau, J., Wagner, J., Mailhot, F., Brunet, C.-A., Schmidt-Kaler, F., Poschinger, U., & Bérubé-Lauzière, Y. (2022). *Automated Generation of Shuttling Sequences for a Linear Segmented Ion Trap Quantum Computer* (arXiv:2208.04881). arXiv. https://doi.org/10.48550/arXiv.2208.04881

Eskandari, M. A., Ghotb, S., & Fournier, P. (2022). *Impact of a ferromagnetic insulating barrier in magnetic tunnel junctions* (arXiv:2212.04416). arXiv. https://doi.org/10.48550/arXiv.2212.04416

Eskandari, M. A., Ghotb, S. S., balli, M., & Fournier, P. (2022). *Tunable magnetocaloric effect and enhanced refrigerant capacity in composite-like oxide heterostructures* (arXiv:2211.02715). arXiv. https://doi.org/10.48550/arXiv.2211.02715

Fehse, F., David, M., Pioro-Ladrière, M., & Coish, W. A. (2022). *Generalized fast quasi-adiabatic population transfer for improved qubit readout, shuttling, and noise mitigation* (arXiv:2203.07517). arXiv. https://doi.org/10.48550/arXiv.2203.07517

Ferdaoussi, A. E., Plourde, É., & Rouat, J. (2023). *Evaluation of Neuromorphic Spike Encoding of Sound Using Information Theory* (arXiv:2202.09619). arXiv. https://doi.org/10.48550/arXiv.2202.09619

Gingras, O., Allaglo, N., Nourafkan, R., Côté, M., & Tremblay, A.-M. S. (2022). *Frequency-dependent Inter-pseudospin Solutions to Superconducting Strontium Ruthenate* (arXiv:2201.08917). arXiv. https://doi.org/10.48550/arXiv.2201.08917

Graham, P.-A., Bertrand, S., Bédard, M., Durand, R., & Garate, I. (2022). *Photoinduced plasma oscillations in Weyl semimetals* (arXiv:2208.03379). arXiv. https://doi.org/10.48550/arXiv.2208.03379

Grissonnanche, G., Cyr-Choinière, O., Day, J., Liang, R., Bonn, D. A., Hardy, W. N., Doiron-Leyraud, N., & Taillefer, L. (2023). *No nematicity at the onset temperature of the pseudogap phase in the cuprate superconductor YBCO* (arXiv:2205.05233). arXiv. https://doi.org/10.48550/arXiv.2205.05233

Herranz-Celotti, L., & Rouat, J. (2022). *Surrogate Gradients Design* (arXiv:2202.00282). arXiv. https://doi.org/10.48550/arXiv.2202.00282

Jia, X., Haldar, A., Kim, J., Wang, Y., Fabbris, G., Ludwig, K., Kourtis, S., Upton, M., Liu, Y., Lu, W., Luo, X., Sun, Y.-P., Casa, D., Sharifzadeh, S., Darancet, P. T., & Cao, Y. (2022). *Interplay of broken symmetry and delocalized excitations in the insulating state of 1T-TaS$_2$* (arXiv:2210.01181). arXiv. https://doi.org/10.48550/arXiv.2210.01181

Leroux, C., Parra-Rodriguez, A., Shillito, R., Di Paolo, A., Oliver, W. D., Marcus, C. M., Kjaergaard, M., Gyenis, A., & Blais, A. (2022). *Nonreciprocal devices based on voltage-tunable junctions* (arXiv:2209.06194). arXiv. https://doi.org/10.48550/arXiv.2209.06194

Lledó, C., Dassonneville, R., Moulinas, A., Cohen, J., Shillito, R., Bienfait, A., Huard, B., & Blais, A. (2022). *Cloaking a qubit in a cavity* (arXiv:2211.05758). arXiv. https://doi.org/10.48550/arXiv.2211.05758

Mayrand, M. (2020). *Stratification of singular hyperkahler quotients* (arXiv:1807.05992). arXiv. https://doi.org/10.48550/arXiv.1807.05992

Michon, B., Berthod, C., Rischau, C. W., Ataei, A., Chen, L., Komiya, S., Ono, S., Taillefer, L., van der Marel, D., & Georges, A. (2022). *Planckian behavior of cuprate superconductors : Reconciling the scaling of optical conductivity with resistivity and specific heat* (arXiv:2205.04030). arXiv. https://doi.org/10.48550/arXiv.2205.04030

Parlak, S., Ghosh, S., & Garate, I. (2022). *Detection of phonon helicity with Raman scattering in nonchiral crystals* (arXiv:2211.15748). arXiv. https://doi.org/10.48550/arXiv.2211.15748

Paupy, N., Elhmaidi, Z. O., Chapotot, A., Hanuš, T., Arias-Zapata, J., Ilahi, B., Heintz, A., Mbeunmi, A. B. P., Arvinte, R., Aziziyan, M. R., Daniel, V., Hamon, G., Chrétien, J., Zouaghi, F., Ayari, A., Mouchel, L., Henriques, J., Demoulin, L., Diallo, T. M., ... Boucherif, A. (2022). *Wafer-scale detachable monocrystalline Germanium nanomembranes for the growth of III-V materials and substrate reuse* (arXiv:2210.03144). arXiv. https://doi.org/10.48550/arXiv.2210.03144

Sivak, V. V., Eickbusch, A., Royer, B., Singh, S., Tsioutsios, I., Ganjam, S., Miano, A., Brock, B. L., Ding, A. Z., Frunzio, L., Girvin, S. M., Schoelkopf, R. J., & Devoret, M. H. (2023). Real-time quantum error correction beyond break-even. *Nature*, *616*(7955), 5055. https://doi.org/10.1038/s41586-023-05782-6

Tran, N. A. M., Dutt, A. S., Pulumati, N. B., Reith, H., Hu, A., Dumont, A., Nielsch, K., Tremblay, A.-M., Schierning, G., Reulet, B., & Szkopek, T. (2023). Fluctuation-Dissipation in Thermoelectrics. *Europhysics Letters*, *141*(2), 26002. https://doi.org/10.1209/0295-5075/acb009

DANS LES MÉDIAS

10 énigmes pour comprendre la programmation quantique—Québec Science. (2023, février 23). *Québec Science*. https://www.quebecscience.qc.ca/publireportage/10-enigmes-comprendre-programmation-quantique/

Bastida Tousignant, P.-N. (2023, mars 19). Un anniversaire entre bière et physique quantique pour le Bistro-Brain. *Le Collectif*. http://lecollectif.ca/un-anniversaire-entre-biere-et-physique-quantique-pour-le-bistrobrain/

Beaumont, M. (Réalisateur). (2022, mai 26). Inauguration de l'Institut quantique de l'Université de Sherbrooke. Dans *Vivement le retour*. https://ici.radio-canada.ca/ohdio/premiere/emissions/vivement-le-retour/episodes/630277/rattrapage-du-jeudi-26-mai-2022/1

Béliveau, L. (2023, février 21). L'Université de Sherbrooke, toujours et encore plus influente. *Le Collectif*. http://lecollectif.ca/luniversite-de-sherbrooke-toujours-et-encore-plus-influentenbsp/

Blondin, S.-A. (Réalisateur). (2022, juin 5). La signature magnétique des villes : Les explications de Gino Harel. Dans *Les années lumière—Radio-Canada Ohdio*. https://ici.radio-canada.ca/ohdio/premiere/emissions/les-annees-lumiere/episodes/632138/rattrapage-du-dimanche-5-juin-2022/3?fbclid=IwAR1qsS9dN0Mlc1h8aJK3GoQs-BQLscoEPk_ImoHk0k0ZpMhlxtWo-Eq34Psj8

Bryson, M. (Réalisateur). (2023, janvier 11). Université de Sherbrooke : La société est-elle prête à l'évolution quantique? Dans *Que l'Estrie se lève*. 107.7 Estrie. https://www.fm1077.ca/audio/533481/universite-de-sherbrooke-la-societe-est-elle-prete-a-l-evolution-quantique

Décarie, J.-P. (2023, janvier 27). Le superordinateur quantique d'IBM s'en vient. *La Presse*. https://www.lapresse.ca/affaires/chroniques/2023-01-27/le-superordinateur-quantique-d-ibm-s-en-vient.php

Fortier, M. (2022, mars 26). Changer le monde, qubit par qubit. *Le Devoir*. https://www.ledevoir.com/societe/science/691485/changer-le-monde-qubit-par-qubit

Garisto, D. (2022). *Cuprate superconductivity mechanism may be coming into focus*. https://doi.org/10.1063/PT.6.1.20221118a

Gendreau-Simoneau, S. (2022, mai 26). Institut quantique de l'UdeS : Un lieu de partage des connaissances. *La Tribune*. https://www.latribune.ca/2022/05/27/institut-quantique-de-ludes-un-lieu-de-partage-des-connaissances-19ab60368aa12c87a85ebf60ba485843

Influencers of 2022 in Canadian tech. (2023, janvier 5). *Financial Post*. https://www.itworldcanada.com/article/influencers-of-2022-in-canadian-tech/519738

Lapointe Lemonde, H. (2023a, février 6). Le futur des sciences quantiques à l'Université de Sherbrooke. *Le Collectif*. http://lecollectif.ca/le-futur-des-sciences-quantiques-a-luniversite-de-sherbrookenbsp/

Lapointe Lemonde, H. (2023b, mars 5). Les spécialités de l'Institut quantique de l'Université de Sherbrooke. *Le Collectif*. http://lecollectif.ca/les-specialites-de-linstitut-quantique-de-luniversite-de-sherbrooke/

Léonard, R. (2023, février 12). Fitzgibbon veut mettre les bouchées doubles. *La Tribune*. https://www.latribune.ca/2023/02/12/fitzgibbon-veut-mettre-les-bouchees-doubles-e293a525026c62785d08befcc8d611e8/

Lévesque, C. (Réalisateur). (2022, mai 12). Entrevue avec Allison Wustrow. Dans *Matins sans frontières*. Radio-Canada Première.

Meunier, M. (2022, mai 28). Chantiers Chibougamau honorée par l'Université de Sherbrooke. *Le Quotidien*. https://www.lequotidien.com/2022/05/28/chantiers-chibougamau-honoree-par-luniversite-de-sherbrooke-778fad87ebf67cd4ad2a4dd88594e799/

Révolution quantique : Notre société est-elle prête ? (s. d.). Le Lien MULTIMÉDIA :: le portail des professionnels du numérique au Québec. Consulté 6 juin 2023, à l'adresse http://www.lienmultimedia.com/spip.php?article92170

Riopel, A. (2023, mars 25). Une découverte phénoménale accueillie avec suspicion. *Le Devoir*. https://www.ledevoir.com/societe/science/786689/sciences-une-decouverte-phenomenale-accueillie-avec-suspicion

Roberge, S. (2023, mars 19). L'UdeS et Ericsson Canada lancent un projet de recherche en télécommunication quantique. *La Tribune*. https://www.latribune.ca/2023/03/20/ludes-et-ericsson-canada-lancent-un-projet-de-recherche-en-telecommunication-quantique-f78bf4952fba3beede09f531d0425923/

Tremblay, E., & Pelletier, M. (Réalisateurs). (2022, mai 26). Inauguration de l'Institut Quantique. Dans *Midi actualité—107.7 Estrie*. https://www.fm1077.ca/audio/487502/inauguration-de-l-institut-quantique

Université de Sherbrooke : La révolution quantique au programme. (2022, mars 30). *Le Devoir*. https://www.ledevoir.com/bis/693147/universite-de-sherbrooke-la-revolution-quantique-au-programme

Venne, J.-F. (2022, mai 21). Sherbrooke quantique commence à se dessiner. *Le Devoir*. https://www.ledevoir.com/economie/713094/sherbrooke-quantique-commence-a-se-dessiner

Virol, G. (2022, décembre 2). Les promesses encore incertaines du Quantique. *Usine Nouvelle*, *3713*, 134136.

Wood, C. (2022, septembre 21). High-Temperature Superconductivity Understood at Last. *Quanta Magazine*. https://www.quantamagazine.org/high-temperature-superconductivity-understood-at-last-20220921/

THÈSES ET MÉMOIRES

Aarab, A. (2022). *Initialisation d'un qubit de spin chaud dans une boîte quantique par rétroaction quantique*. https://savoirs.usherbrooke.ca/handle/11143/19367

Ayari, F. (2022). *Fabrication de cellules triple-jonction à multi-terminaux*. https://savoirs.usherbrooke.ca/handle/11143/19366

Bergeron, M. (2022). *Asservissement d'un système robotique sous-actué à un capteur neuromorphique*. https://savoirs.usherbrooke.ca/handle/11143/19612

Boulanger, M.-E. (2022). *Conductivité thermique dans les cuprates dopés en électrons*. https://savoirs.usherbrooke.ca/handle/11143/19250

Chiasson-Poirier, L. (2022). *Mise en application du reservoir computing pour l'analyse de la marche avec capteur IMU*. https://savoirs.usherbrooke.ca/handle/11143/19891

Downey, P.-O. (2022). *L'effet des fluctuations à courte portée sur la formation du pseudogap à interactions fortes sur le réseau triangulaire*. https://savoirs.usherbrooke.ca/handle/11143/19277

El Mesoudy, A. (2022). *Développement et optimisation au niveau des matériaux des mémoires résistives à changement de valence pour le calcul-en-mémoire*. https://savoirs.usherbrooke.ca/handle/11143/19711

Elshaer, A. (2022). *Mos structure-based hydrogen sensor and integration methods to FDSOI transistor technology*. https://savoirs.usherbrooke.ca/handle/11143/19374

Guilbault, A. (2022). *Conception et fabrication de dispositifs photoniques à base de nitrure d'aluminium*. https://savoirs.usherbrooke.ca/handle/11143/18984

Khadir, Z. (2022). *Étude des interactions entre des substrats microstructurés et des cellules endothéliales pour le développement d'un biocapteur plasmonique pour le diagnostic précoce de conditions pathologiques*. https://savoirs.usherbrooke.ca/handle/11143/19198

Kriekouki, I. (2022). *Industrial approach to quantum dots in fully-depleted silicon-on-insulator devices for quantum information applications*. https://savoirs.usherbrooke.ca/handle/11143/20038

Lemieux, J. (2022). *Estimation et réduction du coût d'algorithmes quantiques*. https://savoirs.usherbrooke.ca/handle/11143/19944

Leroux, C. (2022). *Conception de nouveaux couplages en circuits supraconducteurs*. https://savoirs.usherbrooke.ca/handle/11143/20022

Lhachemi, M. N. Y. (2022). *Interaction entre le champ des axions et les vibrations du réseau dans les isolants*. https://savoirs.usherbrooke.ca/handle/11143/19838

Martel, U. (2022). *Développement d'un amplificateur micro-ondes limité quantiquement basé sur l'effet tunnel inélastique de paires de Cooper*. https://savoirs.usherbrooke.ca/handle/11143/19364

McCann, P. (2022). *Portrait exploratoire 2019 des concertations régionales estriennes dans le contexte ayant suivi l'abolition de la Conférence régionale des élus de l'Estrie*. https://savoirs.usherbrooke.ca/handle/11143/19286

Najah, M. (2022). *Étude du contact électromécanique Au–Ru/AlCu pour les MEMS RF ohmiques : Modélisation, intégration et caractérisation*. https://savoirs.usherbrooke.ca/handle/11143/19341

Naud, F. (2022). *Épitaxie sélective sur substrat avec masque amorphe pour composants micrométriques à base du supraconducteur La_{1.85} Sr_{0.15}CuO_{4}*. https://savoirs.usherbrooke.ca/handle/11143/19484

Norman, R. (2022). *TLC : A CPV architecture with the potential for high efficiency at very low cost*. https://savoirs.usherbrooke.ca/handle/11143/19592

Pahlevanzadeh Garjani, B. (2022). *Superconductivity and charge order in twisted bilayer graphene*. https://savoirs.usherbrooke.ca/handle/11143/19064

Parent, S. (2022). *Design of a vertically integrated single-photon avalanche diodes, manufactured at wafer level, for a photon-to-digital converter technology*. https://savoirs.usherbrooke.ca/handle/11143/20119

Plourde, M. (2022). *Conception et fabrication de sélecteurs non-linéaire à base d'effet tunnel*. https://savoirs.usherbrooke.ca/handle/11143/19822

Robles, R. (2022). *Conception, fabrication et caractérisation de structures de guidage en optique intégrée pour le domaine du visible*. https://savoirs.usherbrooke.ca/handle/11143/19844

Schnee, M. (2022). *Chaos quantique et randomisation dans une chaîne avec blocage de Rydberg*. https://savoirs.usherbrooke.ca/handle/11143/19485

Stricher, R. (2022). *Polissage mécano-chimique pour la fabrication de films minces de silicium poly-cristallin dopé in-situ en bore et leur assemblage par collage direct*. https://savoirs.usherbrooke.ca/handle/11143/19197

Thériault, S. (2022). *Observation de phonons chiraux par l'effet Hall thermique dans la phase pseudogap des cuprates (Nd, Eu)-La_{2-x}Sr_xCuO4*. https://savoirs.usherbrooke.ca/handle/11143/19215

Tremblay, M. (2022). *Une odyssée de la communication classique au calcul quantique tolérant aux fautes*. https://savoirs.usherbrooke.ca/handle/11143/19837

Vishnu Narayanan, S. (2022). *Étude expérimentale de la quantification de l'effet Faraday dans un gaz bidimensionnel d'électrons et écrantage du champ électrostatique dans un supraconducteur*. https://savoirs.usherbrooke.ca/handle/11143/19836

Yang, Y. (2022). *Underfill reliability and life estimation in microelectronic assemblies*. https://savoirs.usherbrooke.ca/handle/11143/19122