

# RAPPORT ANNUEL 2019

INSTITUT **PI** PÉRIMÈTRE DE PHYSIQUE THÉORIQUE



# VISION

Constituer le principal centre mondial de physique théorique fondamentale, en conjuguant les initiatives de partenaires publics et privés ainsi qu'en favorisant une synergie entre les plus brillants esprits scientifiques du monde, pour permettre la réalisation de recherches aboutissant à des avancées qui transformeront notre avenir.



# TABLE DES MATIÈRES

Message du président du conseil . . . . .	2
Message du directeur de l'Institut . . . . .	3
Recherche . . . . .	4
Formation . . . . .	26
Diffusion des connaissances . . . . .	32
Développement de l'Institut . . . . .	38
Gouvernance et finances . . . . .	42
Annexes . . . . .	49

Ce rapport présente les activités et les finances de l'Institut Péricimètre de physique théorique pour l'exercice allant du 1<sup>er</sup> août 2018 au 31 juillet 2019.

INSTITUT  PÉRIMÈTRE DE PHYSIQUE THÉORIQUE

*LA PHYSIQUE THÉORIQUE D'AUJOURD'HUI  
EST LA TECHNOLOGIE DE DEMAIN.*



# MESSAGE DU PRÉSIDENT DU CONSEIL

J'ai du mal à croire que presque 20 ans ont passé depuis que j'ai proposé l'idée – qualifiée d'audacieuse par beaucoup de gens qui l'ont entendue – de créer un centre indépendant de recherche de classe mondiale en physique théorique à Waterloo (Ontario), au Canada. À mes yeux, la motivation derrière cette idée était très claire.

Des percées réalisées en physique théorique ont déclenché la révolution de l'information et sous-tendent toute la technologie sur laquelle nous comptons aujourd'hui, des téléphones multifonctionnels à des appareils médicaux qui sauvent des vies. Imaginez ce qui pourrait arriver si nous fondions un endroit conçu pour que les esprits les plus brillants de la planète s'attaquent librement aux plus grands mystères non résolus de la physique fondamentale.

D'une idée, l'Institut Péricètre est devenu une réalité qui continue de dépasser même la vision que j'en avais.

Le succès de l'Institut repose sur la convergence d'idées audacieuses et des meilleurs chercheurs au monde qui ont choisi l'Institut Péricètre pour contribuer à l'avancement de la science.

En février dernier, nous avons souligné la nomination de Robert Myers comme directeur de l'Institut Péricètre. Nous recherchions un scientifique de classe et de réputation mondiale, capable de faire progresser l'Institut vers la réalisation de ses objectifs principaux : mener des recherches exemplaires, former la prochaine génération de talents, diffuser les connaissances scientifiques.

Qu'un comité de sélection formé d'éminents scientifiques du monde entier, issus de plusieurs domaines de la physique, ait fortement et unanimement recommandé la nomination de Rob Myers comme directeur témoigne du calibre des chercheurs qui ont choisi de faire partie de l'Institut Péricètre.

Je tiens à remercier Neil Turok de son action remarquable comme directeur de l'Institut Péricètre au cours de la dernière décennie, et je souhaite bonne chance à son successeur. Je suis on ne peut plus confiant quant à l'avenir de l'Institut sous la direction de Rob.

Sa nomination est survenue au début d'une année exceptionnellement passionnante de découvertes et de percées scientifiques pour l'Institut Péricètre. Les scientifiques du télescope canadien CHIME – dont une équipe de l'Institut Péricètre dirigée par le professeur Kendrick Smith – ont annoncé la détection d'un nombre sans précédent de mystérieuses explosions lointaines appelées *sursauts radio rapides*. Ce résultat révolutionnaire, rendu possible par un logiciel innovateur conçu par Kendrick et ses collègues, constitue un jalon en radioastronomie qui a valu à Kendrick un prix *Nouveaux horizons* en physique remis par la Fondation des prix du progrès scientifique (*Breakthrough Prize Foundation*). Les chercheurs de l'Institut Péricètre ont remporté jusqu'à maintenant 7 prix *Nouveaux horizons* dans la courte histoire de ces prix – plus que toute autre institution dans le monde.

Au printemps dernier, l'humanité a vu pour la première fois un véritable trou noir, grâce à une image publiée par l'équipe du télescope EHT (*Event Horizon Telescope* – Télescope Horizon des événements). L'Institut Péricètre est l'un des 13 partenaires internationaux – et le seul partenaire canadien – du projet. Le professeur associé Avery Broderick et ses collègues de l'initiative EHT de l'Institut Péricètre ont joué un rôle central dans cette percée. L'équipe du télescope EHT a permis au monde de « voir l'invisible » et s'est mérité le prestigieux Prix du progrès scientifique (*Breakthrough Prize*) en physique fondamentale, doté d'une bourse de 3 millions de dollars.

Au cours des 20 dernières années, l'Institut Péricètre et ses partenaires de l'écosystème de la *Quantum Valley* ont aidé l'Ontario et le Canada à se positionner comme chefs de file mondiaux de la nouvelle industrie quantique. Des organismes du monde entier se tournent vers Waterloo, en Ontario, pour savoir comment établir des liens entre théorie et expérimentation à la frontière quantique, et comment créer des technologies, des produits et des entreprises qui définiront et propulseront cette nouvelle industrie planétaire.

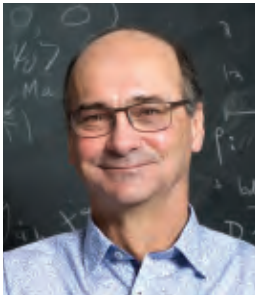
À l'approche de ce 20<sup>e</sup> anniversaire, nous célébrons les progrès accomplis par l'Institut Péricètre et la *Quantum Valley*. Nous saluons la vision, le courage et le dur labeur des nombreuses personnes qui ont donné vie à mon idée « audacieuse » et à qui j'exprime toute ma reconnaissance.

Je remercie en particulier nos investisseurs dans ce grand partenariat : les gouvernements de l'Ontario et du Canada pour leur soutien sans faille, et le nombre croissant de fondations et donateurs généreux qui forment une partie essentielle de l'équation.

Je tiens aussi à remercier toute l'équipe de l'Institut Péricètre, notamment les membres du conseil d'administration, des comités des finances et de gestion des placements, du conseil d'orientation ainsi que du comité consultatif scientifique, qui offrent tous bénévolement leur temps et leurs conseils à l'Institut. Je remercie en particulier Joanne Cuthbertson et Patrice Merrin, coprésidentes du conseil d'orientation, et Cosimo Fiorenza, vice-président du conseil d'administration.

À l'aube de la prochaine étape dans le développement de l'Institut Péricètre et de la *Quantum Valley*, nous soulignons les progrès réalisés à ce jour, qui témoignent de ce qui est possible dans l'avenir. Les bases que nous avons établies au cours des 20 dernières années nous permettent d'avancer à un rythme accéléré. Je crois que l'avenir nous réserve d'autres percées scientifiques, de nouvelles technologies quantiques et de nouvelles entreprises dans ce domaine, en Ontario et au Canada. Je suis très enthousiaste à propos de l'avenir de l'Institut Péricètre et de la *Quantum Valley*.

– Mike Lazaridis, O.C., O.Ont., FRS, MSRC,  
président du conseil d'administration



## MESSAGE DU DIRECTEUR DE L'INSTITUT

J'ai l'honneur et le plaisir de vous présenter le rapport annuel de l'Institut Périmètre pour l'exercice 2018-2019.

Je suis devenu le 3<sup>e</sup> directeur de l'Institut Périmètre en février 2019, mais j'ai entendu parler de l'Institut pour la première fois en 2000, lorsque j'ai rencontré son fondateur, Mike Lazaridis. Celui-ci venait tout juste de créer le premier véritable téléphone multifonctionnel.

Cet appareil allait transformer le monde, mais Mike ne voulait pas parler de cela. Il voulait parler de physique théorique. Il considérait le téléphone multifonctionnel comme un triomphe de la physique théorique, car chacune de ses capacités merveilleuses résultait de percées scientifiques dans notre domaine – électromagnétisme, relativité d'Einstein et beaucoup de mécanique quantique. Et il voulait parler des prochaines découvertes, celles qui allaient façonner la vie de nos enfants, petits-enfants et arrière-petits-enfants.

Mike proposait la création d'un nouvel institut qui se consacrerait à la réalisation de telles découvertes en s'attaquant aux problèmes les plus profonds et les plus difficiles de la physique, réunissant pour cela ici même au Canada beaucoup des plus grands esprits de la planète.

J'ai été frappé par la simplicité, la clarté et l'audace de sa vision, signes d'une idée puissante. Comme scientifique, je sais jusqu'à quel point de telles idées sont vraiment précieuses. Peu après cette rencontre, j'ai quitté mon poste à l'Université McGill pour devenir l'un des membres fondateurs du corps professoral de l'Institut Périmètre.

Dix-neuf ans plus tard, la puissance de la vision fondatrice de l'Institut continue d'éclairer tout ce que nous faisons. Et nous avons fait beaucoup.

Nous avons formé ici plus de 1 000 jeunes scientifiques. Nous continuons de le faire de nouvelles manières, afin de former des chercheurs et meneurs intrépides. Nos postdoctorants ont une entière autonomie et des possibilités qu'ils n'auraient nulle part ailleurs. Cette année a été celle de la 10<sup>e</sup> promotion de notre programme de maîtrise PSI. Notre programme de doctorat est en croissance, et nous venons de lancer un programme d'été pour étudiants de 1<sup>er</sup> cycle. Ces jeunes réaliseront des choses extraordinaires, que ce soit en recherche ou dans l'industrie, l'enseignement ou l'administration publique. Tous incarnent l'esprit de l'Institut Périmètre : des percées sont possibles, et il n'en tient qu'à nous d'y aspirer.

Notre équipe de diffusion des connaissances a créé pour les élèves du primaire et du secondaire des dizaines de trousseaux pédagogiques de grande qualité, qui ont été utilisés plus de 50 millions de fois partout

au Canada et dans le monde. Nous avons formé 30 000 enseignants à mieux intéresser les élèves à la physique et à l'esprit scientifique qu'elle inculque. Nos actions remarquables de vulgarisation scientifique – telles que le site interactif *Du quantum au cosmos* et nos célèbres conférences publiques – ont touché des millions de personnes et stimulé partout des esprits brillants.

Ce que nous recherchons avant tout, ce sont des percées scientifiques allant des fondements du monde quantique aux limites du cosmos. Nos réalisations en ce sens sont éblouissantes. Parmi de nombreux prix et distinctions, nos chercheurs ont remporté cette année pas moins de 3 prix prestigieux de la Fondation des Prix du progrès scientifique (*Breakthrough Prize Foundation*). Avery Broderick (titulaire de la chaire Famille-Delaney-John-Archibald-Wheeler) a été l'un des lauréats du Prix du progrès scientifique en tant qu'un des meneurs de l'équipe du télescope EHT. Lui et son équipe ont fait une grande partie du travail théorique crucial menant à la production de la première image d'un trou noir, qui a capté l'imagination de la planète entière. On estime que plus de 4 milliards de personnes – la moitié

de la population mondiale – ont vu cette image. Kendrick Smith (titulaire de la chaire Famille-Daniel-James-Peebles) a remporté un prix *Nouveaux horizons* pour le rôle essentiel qu'il a joué dans la détection d'un nombre sans précédent de sursauts radio rapides par le télescope canadien CHIME. Pedro Vieira (titulaire de la

chaire Clay-Riddell-Paul-Dirac) a remporté un prix *Nouveaux horizons* pour avoir ouvert de nouvelles voies de recherche en théorie quantique des champs.

L'avenir s'annonce très prometteur : on peut espérer résoudre des problèmes de longue date, à l'aide de nouvelles données, méthodes et expériences; des percées sont à nos portes en technologie quantique : capteurs ultraprécis, nouveaux matériaux et ordinateurs, et bien d'autres choses. Nos chercheurs contribuent à établir les fondements théoriques de ces futures technologies quantiques.

Ce qui était autrefois une idée audacieuse est devenu réalité à l'Institut Périmètre. Je suis persuadé que les idées, les théorèmes et les percées qui voient le jour ici aujourd'hui donneront lieu à une nouvelle génération de merveilles dont profiteront nos petits-enfants.

C'est pour moi un grand privilège de faire progresser la vision de Mike Lazaridis – avec simplicité, clarté et audace.

– **Robert Myers**, Directeur de l'Institut Périmètre et titulaire de la chaire Groupe-financier-BMO-Isaac-Newton de physique théorique de l'Institut

# RECHERCHE

« J'ai constaté qu'à l'Institut Périmètre on peut réaliser en quelques mois ce qui prendrait plusieurs années ailleurs. » [traduction]

— Avery Broderick, titulaire de la chaire Famille-Delaney-John-Archibald-Wheeler de physique théorique, lauréat du Prix du progrès scientifique



# RECHERCHE – Quelques statistiques

À l'Institut Péricimètre, nous aspirons à réaliser des percées dans notre compréhension de l'univers, à attirer des scientifiques invités exceptionnels et à créer la communauté la plus dynamique de chercheurs en physique théorique au monde.

5 792 articles publiés dans 218 revues depuis la fondation de l'Institut

459 articles publiés en 2018-2019

289 613 citations depuis la fondation de l'Institut

17 prix et distinctions en 2018-2019

## COMMUNAUTÉ SCIENTIFIQUE

(au 31 juillet 2019)

24 professeurs à plein temps

21 professeurs associés

11 titulaires de chaire de recherche de l'Institut

44 titulaires de chaire de chercheur invité distingué

63 postdoctorants

23 boursières Simons-Emmy-Noether (6 nouvelles en 2018-2019)

51 adjoints invités

15 chercheurs invités

113 membres affiliés

## CONFÉRENCES, ATELIERS ET SÉMINAIRES EN 2018-2019

11 conférences et ateliers auxquels ont participé 620 scientifiques

12 ateliers parrainés à l'extérieur de l'Institut

315 exposés scientifiques, séminaires et colloques

12 438 exposés (en tout) dans PIRSA, le système d'archivage en ligne de l'Institut

737 024 visionnements d'exposés de l'Institut en 2018-2019, par des personnes de 183 pays

## INVITÉS

512 scientifiques invités



## VOIR L'INVISIBLE

### BREAKTHROUGH PRIZE



mais de totalement nouveau. Nous avons mis notre carrière et notre réputation en jeu dans une entreprise qui finirait selon nous par porter des fruits. » [traduction]

Le 10 avril 2019, ce pari a rapporté gros.

Après des années de recherches théoriques et d'ingéniosité technique sur plusieurs continents, M. Broderick, titulaire de la chaire Famille-Delaney-John-Archibald-Wheeler à l'Institut Péricimètre et chef de l'initiative EHT (*Event Horizon Telescope* – Télescope Horizon des événements) de l'Institut, était l'un des dirigeants de l'équipe du télescope EHT qui ont dévoilé la première image d'un trou noir lors d'une conférence de presse tenue à Washington, DC.

Avery Broderick se souvient : « Il y a une vingtaine d'années, je faisais partie d'un groupe disparate de rêveurs qui aspiraient à faire quelque chose de non seulement intéressant sur le plan scientifique,

« Nous sommes allés jusqu'à la limite de l'horizon des événements et nous avons vu le point de non-retour », a-t-il déclaré au cours de la conférence de presse. « C'est un moment extraordinaire pour la science. » [traduction]

Cette image révèle le trou noir – objet incroyablement massif et compact, à la gravité si intense que même la lumière ne peut s'en échapper – situé au cœur de la galaxie Messier 87, dans l'amas galactique de la constellation de la Vierge, à 55 millions d'années-lumière de la Terre.

Les observations du télescope EHT et l'image qui en résulte correspondent aux prédictions théoriques avec une incroyable précision. Ces prédictions remontent à Albert Einstein, dont la théorie de la relativité générale a prédit la déviation de la lumière et la courbure de l'espace-temps sous l'action des trous noirs.

L'image historique résulte d'une collaboration à l'échelle mondiale de plus de 200 chercheurs de 13 organismes partenaires –



l'Institut PÉRIMÈTRE est le seul partenaire canadien – et de dizaines d'organismes affiliés. Cette collaboration a été nécessaire pour créer un réseau mondial de 8 télescopes reliés avec une grande précision, afin de former un télescope virtuel de la taille de la Terre et à la résolution sans précédent.

Avery Broderick, également professeur à l'Université de Waterloo dans le cadre d'une nomination conjointe, et des membres de l'initiative EHT de l'Institut PÉRIMÈTRE ont élaboré des modèles prédictifs et des simulations qui ont guidé la mise au point du télescope EHT. Ils ont aussi analysé les masses de données résultant des observations effectuées par le télescope. Une conférence tenue en 2014 à l'Institut PÉRIMÈTRE a en outre constitué l'une des premières réunions-clés à l'origine de l'équipe du télescope EHT.

L'image montre un anneau circulaire brillant formé par des gaz ultrachauds et entourant une tache sombre, où l'horizon des événements – le point de non-retour du trou noir – absorbe tout ce qui le traverse, produisant une ombre ou silhouette noire.

La mise sur pied du télescope EHT a constitué un formidable défi, qui a exigé la mise à niveau et la connexion d'un réseau planétaire de 8 télescopes existants situés au sommet de montagnes en Antarctique, au Chili, à Hawaï, au Mexique et dans d'autres lieux reculés.

Les observations du télescope EHT font appel à une technique appelée *interférométrie à très grande base*, qui synchronise plusieurs télescopes dans le monde et exploite la rotation de la Terre pour balayer le ciel. On obtient ainsi une résolution suffisante pour lire à

partir de New York les petits caractères d'une pièce de 10 cents placée en Afrique du Sud.

La saisie d'une image d'un trou noir est une réalisation remarquable, mais elle ne constitue qu'une étape. Nous sommes à l'aube d'une nouvelle ère de l'astrophysique. Avec le télescope EHT dans leur arsenal, les chercheurs ont un outil incroyablement puissant pour mieux comprendre l'espace, le temps et la gravité.

Tout comme le premier télescope de Galilée a révolutionné notre perception de la place de l'humanité dans l'univers, les découvertes du télescope EHT concernant les trous noirs – phénomènes les plus mystérieux et puissants de l'univers – façonneront notre avenir collectif. « Cette première image ne représente pas l'aboutissement d'une entreprise, mais plutôt le début d'une ère nouvelle, a déclaré M. Broderick. Nous entrons maintenant dans une ère de recherches dont nous commençons seulement à imaginer les bénéfices. » [traduction]

*Avery Broderick est titulaire de la chaire Famille-Delaney-John-Archibald-Wheeler de physique théorique. Voir à la page 39 d'autres renseignements sur la famille Delaney.*

Référence :

ÉQUIPE DU TÉLESCOPE EHT. « First M87 Event Horizon Telescope results. I », *Astrophysical Journal Letters*, vol. 875, n° 1, 2019, arXiv: 1906.11238.

**« L'Institut PÉRIMÈTRE est fier d'être partenaire de cette remarquable collaboration internationale. Elle nous montre jusqu'à quel point l'univers est extraordinaire et tout ce qu'il reste à y découvrir. » [traduction]**

*– Robert Myers, directeur de l'Institut PÉRIMÈTRE*

Avery Broderick





Tobias Fritz, Robert Spekkens et Elie Wolfe

## UNE PERCÉE DANS LA SCIENCE DES RELATIONS DE CAUSE À EFFET

Robert Spekkens, professeur à l'Institut Péricimètre, de même que Tobias Fritz et Elie Wolfe, postdoctorants à l'Institut, ont utilisé des méthodes inspirées par la physique quantique fondamentale pour créer un outil important, qui permet d'expliquer les causes de corrélations et fait des vagues bien au-delà de la physique.

Il peut être difficile d'établir des relations de causalité. Par exemple, lorsque l'on observe une corrélation positive, celle-ci peut être due à une relation de cause à effet, mais elle peut aussi être due à une cause commune : il semble y avoir une corrélation entre les ventes de crème glacée et les coups de soleil, mais seulement parce que les deux augmentent lors de journées ensoleillées.

C'est ce qui fait la difficulté des questions scientifiques sur la causalité. Un complexe génétique donné est-il vraiment la cause de tel syndrome? Un redressement de l'économie peut-il être vraiment attribué à une politique particulière? Un traitement médicamenteux est-il réellement efficace? La compréhension des mécanismes de

causalité est à n'en pas douter d'une importance vitale dans de nombreuses disciplines, dont l'épidémiologie, l'économie et les sciences de la santé. Elle est également cruciale en apprentissage automatique. De fait, elle donne lieu à un domaine entier, celui des inférences causales. Comme le souligne Judea Pearl, pionnière de l'intelligence artificielle (IA), pour que l'IA soit vraiment intelligente, elle devra inclure la compréhension des relations de cause à effet.

Pour une hypothèse donnée à propos d'une structure de causalité (ensemble des relations de cause à effet dans une collection de variables), il est possible de trouver les limites de la force des corrélations entre ces variables. À partir d'une hypothèse donnée sur la structure de causalité, on peut déterminer ces limites, et si l'on trouve par la suite des données qui violent ces limites, il faut en conclure que l'hypothèse est erronée. La question est de savoir comment on trouve ces limites (ou contraintes) pour une structure de causalité quelconque? C'est là un problème central que le domaine des inférences causales tente de résoudre.

S'interrogeant sur les implications des travaux sur les inférences causales, M. Spekkens a eu il y a plusieurs années une idée importante : il s'est rendu compte qu'un outil crucial des fondements de la physique quantique, appelé *inégalités de Bell*, pouvait être reformulé de manière à fournir une solution à un problème d'inférence causale pour une structure de causalité particulière. Ce résultat important a amené de nombreux chercheurs dans le domaine des fondements quantiques à reconsidérer certains problèmes quantiques sous l'angle des inférences causales.

Robert Spekkens et ses collaborateurs ont également commencé à réfléchir à des idées dans la direction opposée (du domaine des fondements quantiques à celui des inférences causales). Ils se sont demandé si des techniques de déduction d'inégalités semblables à celles de Bell pourraient être généralisées à d'autres structures de causalité.

Ils ont trouvé que la réponse est oui. Dès 2016, MM. Spekkens, Wolfe et Fritz avaient créé un algorithme complet, appelé *technique d'inflation*, permettant de calculer les valeurs limites des corrélations pour toute structure de causalité. Grâce à cet algorithme, les chercheurs peuvent évaluer des hypothèses sur une structure causale sous-jacente, à partir d'une configuration de corrélations dans les données. La technique d'inflation permet donc d'accepter ou d'exclure certaines hypothèses sur les relations de cause à effet.

Les 3 chercheurs savaient que cela serait utile en dehors de la physique. Par exemple, les spécialistes des données veulent aussi trouver des inégalités indiquant quelles corrélations sont compatibles avec une certaine structure de causalité. M. Spekkens et ses collaborateurs ont donc soumis leurs travaux à une revue d'informatique, le *Journal of Causal Inference*, où ils ont été très bien accueillis.

Faisant suite à l'article original, Elie Wolfe et Miguel Navascués, de l'Institut d'optique et d'information quantiques de l'Académie autrichienne des sciences, ont ensuite démontré que cette technique permet de découvrir toutes les contraintes possibles résultant d'une structure de causalité, peu importe sa complexité.

Aujourd'hui, la technique d'inflation suscite beaucoup d'intérêt à la fois en physique quantique et dans le domaine des inférences causales, où c'est en apprentissage automatique qu'elle aura vraisemblablement ses applications les plus importantes. Le physicien Nicolas Gisin, de l'Université de Genève, qui travaille aussi bien sur la théorie que l'expérimentation en physique quantique, croit que la technique d'inflation deviendra probablement un outil standard dans son domaine. L'informaticien Ilya Shpitser, de l'Université Johns-Hopkins, un chef de file de la recherche sur les inférences causales, a dit de ces travaux qu'ils constituent une nouvelle manière de réfléchir à un problème crucial : « Il semble que la technique d'inflation jettera un éclairage important sur cette question, ou peut-être même la résoudra complètement! » [traduction]

#### Références :

WOLFE, E., R. SPEKKENS ET T. FRITZ (Institut Périmètre). « The inflation technique for causal inference with latent variables », *Journal of Causal Inference*, vol. 7, n° 2, 2019, arXiv:1609.00672.

NAVASCUÉS, M. (IQOQI Vienne) et E. WOLFE (Institut Périmètre). « The inflation technique completely solves the causal compatibility problem », arXiv:1707.06476v2.

## DES FONDEMENTS QUANTIQUES À DES DIAGNOSTICS GUIDÉS PAR L'IA



La carrière de Ciaran Lee, diplômé du programme PSI (*Perimeter Scholars International* – Boursiers internationaux de l'Institut Périmètre) en 2013, montre comment la recherche fondamentale peut donner lieu à des applications concrètes étonnantes. Dans son cas, l'étude des fondements quantiques a finalement mené à des innovations en matière de diagnostic médical.

Dans le cadre du programme PSI, M. Lee a travaillé avec le professeur Robert Spekkens sur le théorème de Bell – un résultat fondamental en physique quantique – du point de vue d'une partie de l'apprentissage automatique appelée *inférence causale*. Ces recherches ont été publiées dans le *Journal of Causal Inference*, où l'on présente un nouvel outil pour faire la distinction entre diverses hypothèses de causalité à partir des corrélations observées.

Après le programme PSI, Ciaran Lee a fait son doctorat au Collège universitaire de Londres sur d'autres sujets de physique quantique, mais il a conservé un vif intérêt pour les inférences causales. En raison de son expertise, il a été ensuite embauché par la jeune pousse britannique Babylon Health, qui développe des systèmes d'IA pour le diagnostic médical.

En introduisant dans le logiciel d'IA de Babylon Health les techniques d'inférence causale apprises à l'Institut Périmètre, M. Lee et son équipe sont parvenus à une exactitude de diagnostic qui égale celle d'experts cliniciens – et qui continue de progresser. En 2018, Babylon Health a obtenu la somme impressionnante de 550 millions USD dans le cadre d'un financement de série C fondé en partie sur le nouveau logiciel d'IA en matière de diagnostic. L'entreprise est maintenant évaluée à plus de 2 milliards USD et accroît grandement l'accessibilité à des outils de diagnostic abordables afin d'améliorer la santé dans le monde.



Kendrick Smith

## NOTRE MYSTÉRIEUSE SURPRISE

### NEW HORIZONS PRIZE

« Une fois par décennie environ, les astronomes découvrent un nouveau genre d'événement mystérieux », affirme Kendrick Smith, professeur à l'Institut Périmètre. « Dans les années 1960, les pulsars ont été un mystère inattendu; dans les années 1970, les bouffées de rayons gamma ont été une surprise, et ainsi de suite. Au début du XXI<sup>e</sup> siècle, notre mystérieuse surprise est constituée des sursauts radio rapides. » [traduction]

Les sursauts radio rapides, en abrégé SRR, sont de brèves impulsions de lumière de fréquence radio provenant de l'espace lointain. Lorsqu'ils atteignent la Terre, ces signaux sont faibles – aussi faibles que des signaux de téléphone cellulaire venant de la Lune. Pourtant, ils ne sont pas faibles au départ. On ne connaît pas leur origine, mais ce qui les produit dégage en quelques millisecondes autant d'énergie que notre Soleil en 80 ans.

Le premier SRR a été détecté en 2007. Par la suite, une décennie de recherches intensives n'a permis d'en trouver que 25 autres. Étrangement, un seul de ces signaux semblait se répéter. Avec des données aussi rares, les recherches sur les SRR ne pouvaient progresser que lentement.

Tout cela a changé avec la mise en service d'un nouveau télescope, appelé CHIME (*Canadian Hydrogen Intensity Mapping Experiment* – Expérience canadienne de cartographie de l'intensité de l'hydrogène). « Dans un monde d'énormes équipes internationales, CHIME est un petit projet exclusivement canadien, dit M. Smith. En faire un chasseur de SRR constituait pour le Canada une possibilité de devenir un chef de file dans l'étude de l'un des problèmes de l'heure en astrophysique. » [traduction]

Le télescope CHIME est sous certains aspects inhabituel. Il ressemble à une suite de demi-lunes aménagées pour la planche à roulettes. Mais le plus intéressant est que c'est un « télescope logiciel », qui capte simultanément des signaux venant de nombreuses directions différentes et fait appel à des algorithmes perfectionnés pour les démêler. CHIME recueille chaque seconde une quantité de données énorme – équivalant au trafic de tous les téléphones cellulaires d'Amérique du Nord. Une telle masse de données constitue une des forces de CHIME, mais aussi un défi. Il est facile de manquer un SRR – signal faible et bref – dans une telle avalanche de données. Et pour rendre la chose encore plus difficile, les SRR doivent être détectés en temps réel. « Il y a trop de données pour les enregistrer sur disque, explique M. Smith, et on ne peut donc les examiner que pendant le bref moment où elles sont en mémoire. » [traduction]

C'est exactement le genre de chose dans laquelle Kendrick Smith excelle. Avec un premier doctorat en mathématiques, puis un second en cosmologie, et entre les deux une expérience d'ingénieur en logiciels, il adopte une démarche révolutionnaire qui combine la physique, l'analyse de données, les statistiques et les mathématiques pures pour trouver les signaux recherchés dans le flot incroyable de données produit par de nouvelles expériences comme celle du télescope CHIME.

À la tête d'une petite équipe de l'Institut Périmètre, M. Smith a mis au point plusieurs algorithmes révolutionnaires pour trier et analyser les données du télescope CHIME. Lui et son équipe ont ensuite mis en œuvre ces nouveaux outils mathématiques sous forme de logiciel. Cela a donné un outil de recherche de SRR fonctionnant 100 fois plus vite que tout ce qu'on pouvait espérer. Cela a ouvert de

nouvelles possibilités de recherche, et de nouveaux types d'expériences – et fait du télescope CHIME le meilleur chasseur de SRR au monde.

L'équipe du télescope CHIME a tout de suite commencé à détecter des SRR. En janvier 2019, elle a fait les manchettes – y compris la page couverture de la revue *Nature* – avec un premier lot de détections. En août, elle a annoncé la découverte de centaines de SRR. Elle a détecté en tout 9 répéteurs.

Ces découvertes alimentent abondamment l'étude des SRR. Par exemple, l'équipe du télescope CHIME commence à voir les différences entre les SRR qui se répètent et ceux pour lesquels on n'a pas encore observé de répétition. Une percée à ce sujet semble imminente.

Kendrick Smith a reçu l'un des prix *Nouveaux horizons 2020* en physique pour avoir mis au point de nouvelles techniques d'extraction de phénomènes physiques fondamentaux dans des données d'astronomie.

Entre-temps, ses méthodes d'exploration de données en astronomie ont des répercussions qui vont bien au-delà des SRR et du télescope CHIME.

La cosmologie était autrefois une science privée de données, trébuchant parfois dans le noir presque complet. Maintenant, avec de nouvelles expériences qui produisent plus de données que nous ne pouvons en conserver, elle est frappée d'une lumière aveuglante. Kendrick Smith et des scientifiques comme lui ouvrent la voie pour donner un sens à ces masses de données.

*Kendrick Smith est titulaire de la chaire Famille-Daniel-James-Peebles de physique théorique.*

Références :

ÉQUIPE SRR DU TÉLESCOPE CHIME. « A second source of repeating fast radio bursts », *Nature*, vol. 566, 2019, p. 235-238, arXiv:1901.04525.

ÉQUIPE SRR DU TÉLESCOPE CHIME. « Observations of fast radio bursts at frequencies down to 400 megahertz », *Nature*, vol. 566, 2019, p. 230-234, arXiv:1901.04524.



## UN BANQUET MULTIMESSAGE



Asimina Arvanitaki, Luis Lehner et William East

En 2015, des ondes gravitationnelles – ondulations dans le tissu de l'espace-temps – ont été détectées pour la première fois par un genre d'instrument inédit. Cette détection a donné naissance à un domaine nouveau, l'astronomie multimessage, qui combine les signaux gravitationnels avec ceux d'autres sources telles que les télescopes conventionnels. Ce domaine nous permet d'étudier des objets et événements astrophysiques comme jamais auparavant.

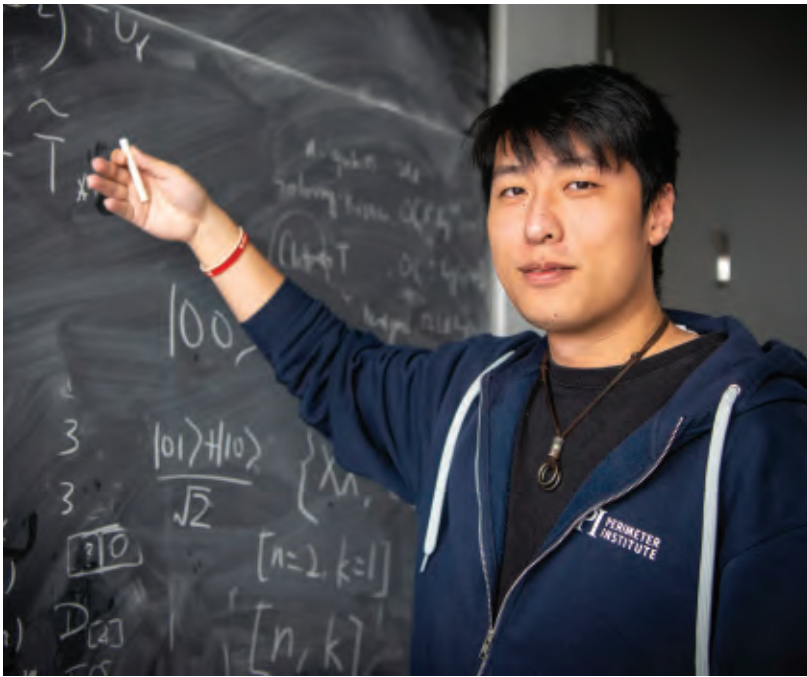
L'astronomie multimessage a déjà servi un banquet de nouvelles données d'observation – fusions de trous noirs, fusions d'étoiles à neutrons, bouffées de rayons gamma, etc. Cela a ouvert de nouvelles possibilités aux théoriciens, dont l'intervention est nécessaire pour interpréter ces données et faire des prédictions orientant des expériences à venir.

Luis Lehner, Asimina Arvanitaki, Huan Yang, Will East et d'autres chercheurs de l'Institut Péricètre utilisent tous des méthodes multimessages pour améliorer nos connaissances sur l'évolution et les composantes de l'univers.

« Il est crucial de nous réunir dans un esprit pluridisciplinaire, non seulement pour relever certains des défis qui se présentent à nous, mais aussi pour former la prochaine génération de chercheurs à l'utilisation de plusieurs langages », déclare M. Lehner, président du corps professoral de l'Institut Péricètre. « Je me préoccupe aujourd'hui d'une réponse qui, je le sais, sera nécessaire dans 20 ans. » [traduction]

*Asimina Arvanitaki est titulaire de la chaire Fondation-Stavros-Niarchos-Aristarque de physique théorique.*

# UN EXTRACTEUR UNIVERSEL DE JUS QUANTIQUES



Zi-Wen Liu

Selon la théorie des ressources, pour fabriquer un objet quelconque – que ce soit un ustensile de cuisine ou un nouveau type d'ordinateur –, il faut toujours prendre en considération les ressources nécessaires. Dans le cas de l'informatique quantique et d'expériences quantiques, on fait appel à la théorie des ressources quantiques. Jusqu'à récemment, cette théorie ciblait surtout des « fruits quantiques » individuels. Chaque type de « ressource » quantique, par exemple l'intrication, était comme un type de fruit distinct, pour lequel il fallait mettre au point un extracteur de jus (ou une théorie des ressources) spécifique.

Cela va bientôt changer, grâce aux récents travaux de Zi-Wen Liu, postdoctorant à l'Institut Périmètre, et de ses collaborateurs Kaifeng Bu (de l'Université du Zhejiang et de l'Université Harvard) et Ryuji Takagi (de l'Institut de technologie du Massachusetts). Les 3 chercheurs ont élaboré un cadre théorique – analogue quantique d'un extracteur de jus universel – qui peut caractériser l'utilité pratique de toute ressource quantique, peu importe son type.

Supposons que vous êtes propriétaire d'une boutique d'aliments naturels et que vous voulez offrir à vos clients une variété de jus pour répondre à la demande : pomme, orange, pamplemousse, carotte, betterave, herbe de blé, etc.

Imaginons maintenant que chaque type de fruit, de légume, etc., exige son propre type d'extracteur de jus : par exemple, un extracteur spécifique pour faire du jus de pomme, un autre extracteur pour faire du jus de carotte, et ainsi de suite. L'investissement nécessaire serait considérable, et vous seriez mal préparé pour profiter d'une nouvelle demande portant sur le dernier fruit tendance.

Leur article, publié dans *Physical Review Letters*, a été souligné comme suggestion du rédacteur en chef. On s'attend à ce que les travaux de M. Liu aient des applications dans divers sous-domaines, dont celui de l'informatique quantique, qui font appel à des ressources quantiques.

« Je voulais élaborer une théorie des ressources qui soit comme l'extracteur de jus le plus puissant possible ayant le plus de fonctions possible » [traduction], dit M. Liu.



## UN CORNICHON?

Nous avons tous entendu dire que l'apprentissage automatique est en train de transformer l'industrie. Ce que l'on sait moins, c'est qu'il est également très prometteur en physique fondamentale. L'apprentissage automatique est de plus en plus utilisé dans la recherche de pointe sur la matière, matériaux et dispositifs quantiques.

Pour profiter de cette nouvelle révolution, Roger Melko, professeur associé à l'Institut Périmètre, a récemment fondé le Laboratoire d'intelligence quantique de l'Institut Périmètre, en abrégé PIQuL (prononcé en anglais *pickle* – cornichon) pour *Perimeter Institute Quantum Intelligence Lab*.

Les travaux avant-gardistes de M. Melko ont contribué à lancer énormément de recherches à la jonction de l'intelligence artificielle (IA) et de la matière quantique. Le PIQuL est le premier laboratoire d'IA mis sur pied dans un institut de recherche en physique; ses travaux portent sur la physique quantique et l'apprentissage automatique. Réunissant l'Institut Périmètre, l'entreprise 1QBit et le Conseil national de recherches du Canada, ce partenariat a pour mission d'accélérer la recherche dans des domaines « à la frontière de la complexité ».

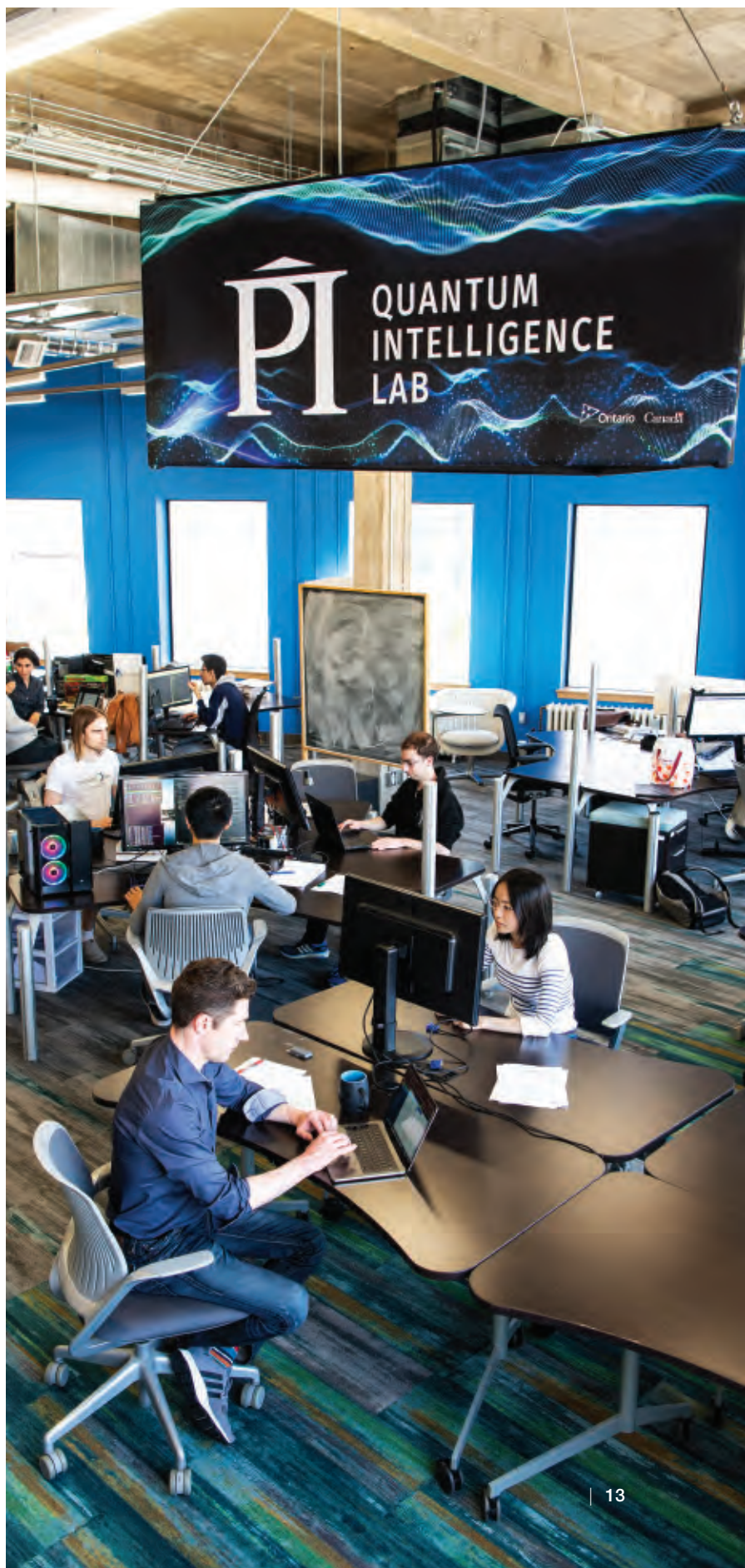
Il vise entre autres la construction d'ordinateurs quantiques et la synthèse de matériaux quantiques. Les scientifiques du PIQuL collaborent avec des laboratoires d'informatique quantique expérimentale ainsi qu'avec des théoriciens et praticiens de premier plan de l'apprentissage automatique. Grâce à des collaborations avec des instituts et entreprises de premier ordre tels que l'Institut d'informatique quantique, l'Université Harvard, Google et IBM, le PIQuL a un accès privilégié aux meilleurs appareils quantiques actuels.

Dans le but de former des innovateurs pour l'industrie quantique à venir, le PIQuL offre également des programmes de 1<sup>er</sup> cycle universitaire et d'études supérieures, puisant dans le vaste réservoir de talents issus d'universités canadiennes et étrangères.

Le PIQuL travaille activement au développement de logiciels d'IA de la prochaine génération pour la recherche scientifique et l'industrie. Ses membres ont déjà publié d'importants résultats, et mis au point un environnement et des algorithmes libres d'exploitation de l'IA.

Hébergé dans les locaux de l'incubateur d'entreprises Communitech, le PIQuL réunit actuellement plus d'une douzaine de chercheurs du milieu universitaire et de l'industrie, et ce nombre devrait passer à 24 en 2020. La jeune pousse d'informatique quantique 1QBit y a délégué 5 de ses chercheurs afin de profiter des synergies possibles.

C'est à suivre...





Bianca Dittrich, Etera Livine, Christophe Goeller et Aldo Riello

## DES DONNÉES OUVERTES POUR LA RECHERCHE

Les simulations informatiques sont maintenant vitales pour la recherche en physique. Mais il peut être difficile de reproduire des résultats et vérifier leur viabilité si le code source ou les données produites dans des simulations ne sont pas disponibles. Et en plus, les ordinateurs de grande puissance ne sont pas accessibles à tous les chercheurs.

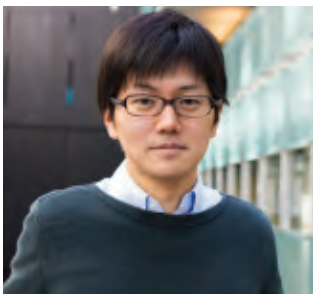
Des chercheurs de l'Institut Périclète ont récemment travaillé avec des informaticiens de l'Institut et avec des collègues des universités d'Erlangen, de Hambourg et de Vienne à la création d'une base de données ouverte pour l'échange de simulations et de données.

« Nous voulions accélérer la mise au point d'outils numériques pour l'étude de l'espace-temps quantique », a déclaré Bianca Dittrich, professeure à l'Institut Périclète. « Ces outils seront essentiels au calcul de prédictions pouvant orienter des expériences. » [traduction]

L'« Encyclopédie des géométries quantiques » est hébergée dans l'environnement ouvert Zenodo financé par le CERN, OpenAIRE et l'Union européenne. Les chercheurs peuvent télécharger leurs données dans l'encyclopédie avec un lien vers le code source. Les données sont ainsi accessibles, et leurs auteurs crédités à l'aide d'un DOI (identificateur d'objet numérique). Le DOI est un moyen stable d'associer des travaux à leurs auteurs. Un article sur ce nouvel environnement a été publié dans la revue *Nature* sous forme d'une lettre.

« Nous espérons que cette base de données incitera les membres de la communauté scientifique à partager leurs données, afin que davantage de personnes puissent étudier des techniques numériques » [traduction], a déclaré Sebastian Steinhaus, postdoctorant à l'Institut Périclète et co-auteur de l'article.

## RASSEMBLER DES QUBITS DISPERSÉS



Dans le monde quantique, il est notoirement difficile de suivre des objets.

Par exemple, pris isolément, un bit quantique – ou qubit, élément de base de l'informatique quantique – peut être assez bien compris. Par contre, il devient de plus en plus difficile à suivre

– ainsi que l'information qu'il porte – lorsqu'il interagit avec d'autres qubits. Imaginez que vous versez de la crème dans un café et que

vous tentez d'en suivre le mouvement à mesure que vous remuez. Le système devient trop chaotique pour que l'on puisse suivre son évolution à cette échelle.

Il est important d'étudier cette complexité croissante, autrement dit le brouillage de l'information quantique, parce que la manipulation d'un grand nombre de qubits dans les ordinateurs quantiques – technologie en développement rapide – pourrait nous permettre d'effectuer des calculs qui seraient autrement impossibles.

Beni Yoshida, professeur à l'Institut Périclète, est devenu fasciné par ce phénomène grâce à une improbable inspiration – un article de



Patrick Hayden et John Preskill, paru en 2007, sur le « paradoxe de l'information perdue des trous noirs » rendu célèbre par Stephen Hawking. Ce paradoxe s'énonce comme suit : en vertu de la relativité, tout ce qui tombe dans un trou noir – comme de la matière et de la lumière – reste piégé en permanence à l'intérieur. Par contre, la mécanique quantique nous enseigne que les trous noirs émettent des photons dotés d'énergie – ce que l'on appelle le *rayonnement de Hawking* –, et l'on croit qu'ils finissent ainsi par s'évaporer complètement. Cela signifierait toutefois que toute l'information sur tout ce qui est tombé dans les trous noirs serait perdue à jamais, ce qui serait contraire à une loi de la physique.

Cet article de 2007 proposait une expérience de la pensée dans laquelle l'information « perdue » dans un trou noir pourrait être reconstituée à partir du rayonnement de Hawking. M. Yoshida s'est demandé si une idée similaire permettrait de résoudre le problème du brouillage de l'information quantique.

Beni Yoshida a proposé une expérience de la pensée dans laquelle on mesure un système quantique au moment présent, puis dans l'avenir, puis à nouveau au moment présent, puis à retourner dans l'avenir pour faire une autre mesure. Ce serait un peu comme de déterminer où une goutte de crème est tombée dans la tasse une fois que le café a été remué. Il faudrait mesurer à nouveau toutes les molécules puis remonter leur parcours jusqu'au moment où la goutte de crème est entrée en contact avec la surface du café.

Évidemment, comme il est impossible de voyager à rebours dans le temps, ces mesures ne constituent qu'un outil théorique mathématique. Mais de tels outils sont souvent des points de départ d'expériences et d'applications pratiques – votre GPS, par exemple, ne fonctionnerait pas si Albert Einstein n'avait pas fait à son tableau noir ses prédictions sur l'espace-temps.

Après avoir exprimé son idée sous forme d'un outil mathématique, Beni Yoshida a travaillé avec Alexei Kitaev à l'Institut de technologie de la Californie pour la mettre à l'épreuve avec de véritables qubits. Ils ont mis au point un protocole simple de reconstitution d'états quantiques en mesurant le rayonnement de Hawking. Une équipe dirigée par Christopher Monroe a ensuite mis en œuvre ce protocole dans un prototype d'ordinateur quantique au Centre conjoint d'informatique et d'information quantique de l'Université du Maryland – probablement le meilleur système de piège à ions au monde.

Résultat : la première vérification expérimentale du brouillage d'information quantique, qui a fait l'objet d'une publication dans la prestigieuse revue *Nature*.

C'est un résultat enthousiasmant, qui a des implications possibles non seulement pour la recherche sur les trous noirs, mais aussi pour l'informatique quantique et la recherche sur la matière quantique. Ces travaux étudient comment la maîtrise d'états quantiques permet de créer de nouveaux états de la matière aux propriétés puissantes.

Pour Beni Yoshida, c'est une démonstration stimulante de l'interaction entre recherche théorique fondamentale et science expérimentale.

« Je suis intéressé à réfléchir à des observations expérimentales qui se rapportent à des questions très très fondamentales sur la gravitation quantique, dit-il. C'est vraiment bien qu'il y ait un lien entre des questions aussi profondes et des réalisations expérimentales concrètes. Les deux volets peuvent se stimuler mutuellement. » [traduction]

#### Référence :

LANDSMAN, K.A. (Université du Maryland – UM), C. FIGGATT (UM), T. SCHUSTER (Université de la Californie à Berkeley – UCB), N.M. LINKE (UM), B. YOSHIDA (Institut Périclète), N.Y. YAO (UCB) et C. Monroe (UM). « Verified quantum information scrambling », *Nature*, vol. 567, 2019, p. 61-65, arXiv:1806.02807.

## DES PLANS DE PHÉNOMÈNES PUISSANTS



La physique consiste souvent à décomposer les choses en éléments de plus en plus petits, afin de comprendre comment elles fonctionnent. Timothy Hsieh procède à l'inverse.

En imaginant de nouvelles combinaisons des pièces les plus minuscules de la nature, il cherche à créer des plans de nouveaux matériaux et à découvrir des phénomènes qui pourraient être plus puissants que la somme de leurs parties, grâce au pouvoir du monde quantique.

M. Hsieh travaille dans le domaine de la matière condensée. Il se spécialise dans les états de la « matière quantique », dont les comportements physiques sont dictés par la topologie, c'est-à-dire l'étude mathématique des propriétés qui résistent aux torsions et déformations. Son but est d'imaginer des arrangements et des interactions de composantes élémentaires qui produisent de nouveaux phénomènes.

« C'est comme un jeu de Lego quantique, dont on ne peut pas vraiment voir les pièces, explique-t-il. On peut être inventif, ce qui est très important pour moi. » [traduction]

# ÉQUITÉ, DIVERSITÉ ET INCLUSION

## CHANGER LE VISAGE DE LA RECHERCHE

« Si nous pouvons trouver des moyens de créer ici une communauté inclusive, cela pourrait avoir de réels effets à une plus grande échelle et constituer un exemple éclatant que d'autres, espère-t-on, pourraient suivre. » [traduction]

– Shohini Ghose, chercheuse affiliée à l'Institut Péricimètre et spécialiste de l'équité, de la diversité et de l'inclusion

Le génie se présente sous bien des formes et de nombreux points de vue. Pour résoudre les problèmes de physique les plus difficiles, nous avons besoin des esprits les plus brillants. Nous nous sommes engagés à éliminer les obstacles systémiques à la formation et à la recherche en physique ainsi qu'à offrir à tous un environnement réellement inclusif.

### INITIATIVES DE L'INSTITUT PÉRICIMÈTRE EN 2018-2019

- L'Institut a participé aux consultations concernant le programme *Dimensions* du Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie (CRSNG) et a adhéré à la nouvelle charte *Dimensions*, ensemble de principes visant à promouvoir l'équité, la diversité et l'inclusion dans le milieu universitaire partout au Canada.
- La physicienne quantique et chercheuse affiliée Shohini Ghose est devenue la première spécialiste de l'Institut Péricimètre en matière d'équité, de diversité et d'inclusion.
- L'Institut a créé un milieu d'inclusion constitué d'un ensemble de groupes de travail totalisant 60 étudiants, scientifiques et membres du personnel. Chaque groupe de travail se penche sur des domaines d'intérêt commun tels que la santé mentale, les personnes LGBTQ+ et l'avancement professionnel.
- En partenariat avec ses bailleurs de fonds privés et publics, l'Institut a permis à des personnes talentueuses – élèves du secondaire, étudiants de 1<sup>er</sup> cycle universitaire, étudiants diplômés et enseignants – de participer gratuitement à des programmes de formation, afin que le statut économique ne soit pas un obstacle à l'accès à la formation.
- L'Institut a mené des consultations avec des enseignants autochtones de collectivités nordiques, afin de mieux comprendre leurs besoins et définir en conséquence les ressources pédagogiques et leurs méthodes de diffusion pour l'avenir.

### INITIATIVES EMMY-NOETHER

L'Institut Péricimètre vise à réellement corriger la sous-représentation des femmes en physique théorique, grâce à une série d'initiatives particulières portant le nom de la grande mathématicienne allemande Emmy Noether. Ces initiatives forment un continuum – vulgarisation scientifique pour les élèves du secondaire, formation pour étudiantes de 1<sup>er</sup> cycle et étudiantes diplômées, perfectionnement professionnel pour les chercheuses jusqu'aux niveaux les plus avancés – visant à stimuler les femmes en physique et à leur donner un pouvoir d'influence.

### CONSEIL EMMY-NOETHER

Le Conseil Emmy-Noether est une source d'expertise, de dons et d'autres appuis visant à amener davantage de femmes vers la physique.

**Jennifer Scully-Lerner**, coprésidente  
Vice-présidente, Goldman Sachs|  
Membre du conseil d'orientation, Institut Péricimètre

**Sherry Shannon-Vanstone**, coprésidente  
PDG, S.V. Initiatives

**Julie Barker-Merz**  
Présidente régionale, Grand Toronto,  
Groupe financier BMO

**Lisa Lyons Johnston**  
Présidente et éditrice en chef, Kids Can Press,  
Corus Entertainment inc.

**Michelle Osry**  
Associée, Deloitte Canada (Vancouver)

**Laura Reinholz**  
Directrice, BMO pour elles, Groupe financier BMO

**Vicki Saunders\***  
Fondatrice, SheEO

**Sandra Wear**  
Vice-présidente, Marketing, ActiveState

\*Mandat terminé en juillet 2019



## LE PROGRAMME DE BOURSES SIMONS-EMMY-NOETHER

Conçues pour appuyer des femmes à un stade crucial de leur carrière, ces bourses annuelles permettent à des scientifiques invitées de passer jusqu'à un an au sein de la communauté vivante et pluridisciplinaire de l'Institut Péricètre. Les boursières bénéficient d'une occasion unique de poursuivre leurs recherches de manière intensive, libérées des tâches d'enseignement et d'administration, et de développer leur réseau international de pairs.

Ce programme se caractérise par sa souplesse. L'Institut collabore avec les boursières pour personnaliser leur séjour, en négociant des congés d'enseignement avec leur institution d'appartenance, et en recherchant s'il y a lieu un logement et des services de garde d'enfants à proximité de l'Institut. Les boursières Simons-Emmy-Noether peuvent revenir à titre de scientifiques invitées au cours des 3 années suivant le terme de leur bourse. Ce programme a des répercussions remarquables.

En 2018-2019 :

- 11 boursières et scientifiques invitées ont passé en tout 818 jours de recherche et de collaboration à l'Institut Péricètre;
- ces séjours ont donné lieu à environ 40 articles;
- 7 boursières ont fait des exposés à l'Institut Péricètre, dont une conférence publique de Phiala Shanahan visionnée plus de 55 000 fois dans YouTube;
- les boursières ont organisé plusieurs conférences et ateliers;
- pendant son séjour en tant que boursière, Christine Muschik a préparé avec succès une demande de subvention de 250 000 \$ du fonds *Nouvelles frontières en recherche* du gouvernement du Canada. En juin 2019, elle est devenue professeure associée à l'Institut Péricètre.

*Le programme de bourses Simons-Emmy-Noether est financé par la Fondation Simons.*



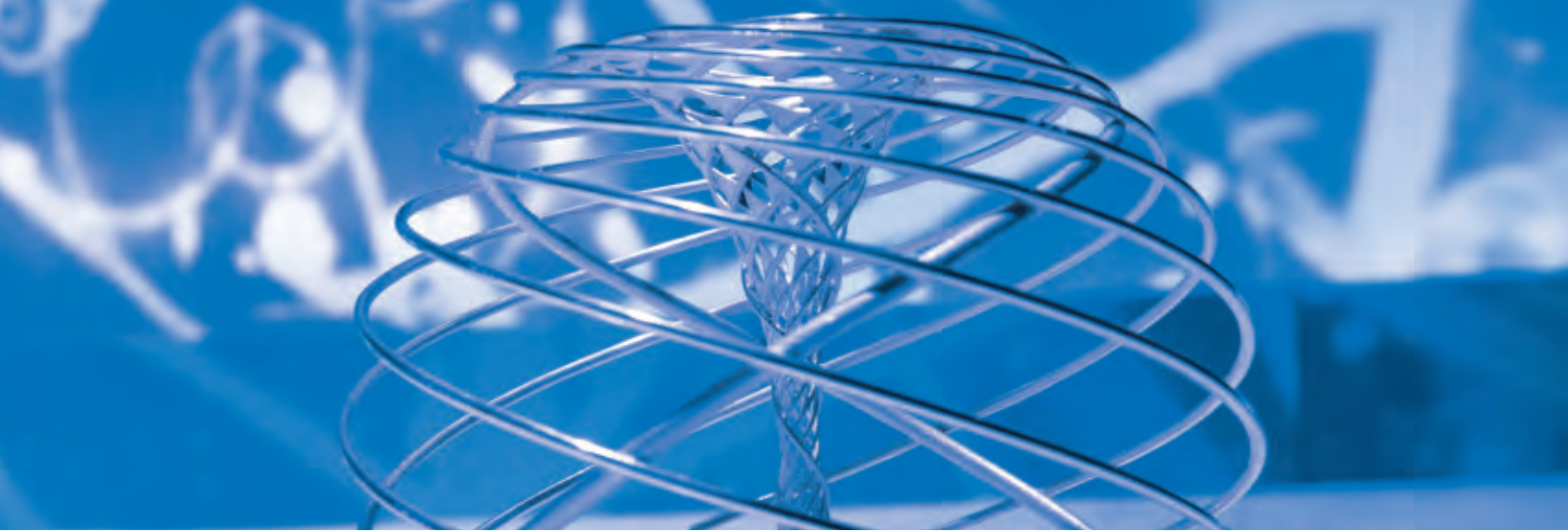
Phiala Shanahan

*« J'ai entrepris plusieurs projets de recherche allant dans des directions entièrement nouvelles et j'ai mis sur pied des collaborations avec des gens travaillant dans des domaines très différents. » [traduction]*

*– Phiala Shanahan,  
Institut de technologie du Massachusetts  
boursière Simons-Emmy-Noether en 2018-2019*

### LES BOURSIÈRES SIMONS-EMMY-NOETHER EN 2018-2019

**Valentina Forini**, Université de la Ville de Londres  
**Ling-Yan (Janet) Hung**, Centre de contrôle quantique, Université Fudan  
**Karen Livesey**, Université du Colorado à Colorado Springs  
**Christine Muschik**, Université de Waterloo  
**Phiala Shanahan**, Institut de technologie du Massachusetts  
**Sherry Suyu**, Institut Max-Planck d'astrophysique



## PRIX, DISTINCTIONS ET SUBVENTIONS MAJEURES

- **Robert Myers**, directeur de l'Institut Péricimètre et titulaire de la chaire Groupe-financier-BMO-Isaac-Newton, a reçu le Prix 2018 d'ancien étudiant éminent de l'Université de Waterloo, présenté par la Faculté des sciences.
- **Neil Turok**, directeur émérite de l'Institut Péricimètre et titulaire de la chaire Mike-et-Ophelia-Lazaridis-Niels-Bohr, a été nommé Officier honoraire de l'Ordre du Canada, distinction remise par la gouverneure générale du Canada.
- **Neil Turok** a également obtenu un doctorat honorifique de l'Université catholique de Louvain.
- Le professeur **Jaume Gomis** a remporté cette année le prix ACP-CRM de physique théorique et mathématique, pour ses apports à la théorie des cordes et aux théories de jauge fortement couplées.
- Le professeur **Kendrick Smith**, titulaire de la chaire Famille-James-Peebles, a remporté un prix *Nouveaux horizons* en physique 2020 de la Fondation des Prix du progrès scientifique (*Breakthrough Prize Foundation*).
- **Kendrick Smith** a également été l'un des lauréats du prix Giuseppe-et-Vanna-Cocconi de la Division de la physique des hautes énergies et des particules de la Société européenne de physique, pour ses travaux sur les expériences WMAP (*Wilkinson Microwave Anisotropy Probe* – Sonde d'anisotropie de micro-onde de Wilkinson) et Planck.
- **Kendrick Smith** a en outre été nommé membre du programme *Extrême univers et gravité* de l'Institut canadien de recherches avancées (ICRA).
- Le professeur **Pedro Vieira**, titulaire de la chaire Clay-Riddell-Paul-Dirac, a remporté un prix *Nouveaux horizons* en physique 2020 de la Fondation des Prix du progrès scientifique (*Breakthrough Prize Foundation*).
- Le professeur associé **Avery Broderick**, titulaire de la chaire Famille-Delaney-John-Archibald-Wheeler, a été l'un des lauréats du Prix du progrès scientifique (*Breakthrough Prize*) 2020, à titre de membre de l'équipe du télescope EHT (*Event Horizon Telescope* – Télescope Horizon des événements).
- **Avery Broderick** a également reçu un prix diamant de la Fondation nationale des sciences des États-Unis (conjointement avec l'équipe du télescope EHT).
- Le professeur **Kevin Costello**, titulaire de la chaire Krembil-William-Rowan-Hamilton, a remporté le prix Leonard-Eisenbud 2020 de mathématiques et physique, attribué par la Société américaine de mathématiques.
- **Subir Sachdev**, titulaire de la chaire Cenovus-Energy-James-Clerk-Maxwell (à titre de chercheur invité), de même que **Dam Thanh Son** et **Xiao-Gang Wen**, titulaires de chaires de chercheur invité distingué, ont obtenu la médaille et le prix Dirac 2018 remis par le Centre international Abdus-Salam de physique théorique.
- Le professeur associé **Matthew Johnson** a obtenu un prix Buchalter 2018 de cosmologie.
- Le postdoctorant **Davide Racco** a obtenu un prix Buchalter 2018 de cosmologie.
- Le professeur **Guifre Vidal** a été nommé membre du programme *Informatique quantique* de l'ICRA.
- Le professeur associé **Ben Webster** a reçu un prix d'excellence en recherche du Jubilé d'or de la Faculté de mathématiques de l'Université de Waterloo.
- La postdoctorante **Lena Funcke** a reçu le prix Dieter-Rampacher 2019, remis par la Société Max-Planck.

En 2018-2019, des scientifiques de l'Institut Péricimètre ont obtenu 2,4 millions de dollars en nouvelles subventions de recherche, de la part d'organismes tels que le Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada, l'Institut FQXi (*Foundational Questions Institute*) et l'ICRA.

# DES CHERCHEURS DE L'INSTITUT PÉRIMÈTRE REMPORTENT DES PRIX DU PROGRÈS SCIENTIFIQUE ET *NOUVEAUX HORIZONS*

La première image jamais obtenue de l'horizon des événements d'un trou noir a fait les manchettes dans le monde entier et a valu à l'équipe du télescope EHT de nombreuses distinctions, dont le Prix du progrès scientifique (*Breakthrough Prize*) de physique fondamentale, doté d'une bourse de 3 millions USD, l'un des prix les plus prestigieux dans le domaine.

Avery Broderick, titulaire de la chaire Famille-Delaney-John-Archibald-Wheeler de l'Institut Péricimètre et responsable de l'Initiative EHT de l'Institut, a dirigé les travaux théoriques à l'origine de l'image aujourd'hui emblématique et est l'un des lauréats du prix.

« Nous sommes maintenant à l'aube d'une ère empirique de la science des trous noirs qui aurait été considérée comme de la science-fiction il y a une dizaine d'années, a déclaré M. Broderick. Nous sommes extrêmement enthousiastes à l'idée d'être parties prenantes dans le flot de résultats révolutionnaires qui suivront au cours de bien des années à venir. » [traduction]

Les autres chercheurs de l'Institut Péricimètre qui se partagent le prix sont le professeur associé Ue-Li Pen, le postdoctorant Hung-Yi Pu, le doctorant Paul Tiede, de même que les doctorants associés Boris Georgiev, Britton Jeter et Chunhong (Rufus) Ni.

L'Institut Péricimètre est la seule institution canadienne parmi les 13 organismes partenaires de l'équipe du télescope EHT.

C'est la 2<sup>e</sup> fois que des chercheurs de l'Institut Péricimètre font partie des lauréats du Prix du progrès scientifique, doté d'une bourse de 3 millions USD. Kendrick Smith, titulaire de la chaire Famille-Daniel-James-Peebles, a été l'un des lauréats du prix 2018.

Des scientifiques de l'Institut Péricimètre ont également remporté des prix *Nouveaux Horizons* en physique, dotés d'une bourse de 100 000 USD chacun, remis à des scientifiques en début de carrière

qui ont réalisé d'importants progrès dans la résolution de problèmes fondamentaux.

Kendrick Smith et deux de ses collègues ont été récompensés « pour la mise au point de nouvelles techniques d'extraction de propriétés physiques fondamentales à partir de données d'astronomie » [traduction]. M. Smith a été l'un des chercheurs principaux responsables de la détection d'un nombre sans précédent de sursauts radio rapides (SRR) par le télescope canadien CHIME.

Pedro Vieira, titulaire de la chaire Clay-Riddell-Paul-Dirac, et l'adjoint invité Simon Caron-Huot ont été récompensés « pour des contributions extrêmement importantes à la compréhension de la théorie quantique des champs » [traduction]. M. Vieira ouvre des voies conceptuelles nouvelles et riches vers la compréhension du langage qui décrit la nature à son niveau le plus fondamental.

Des chercheurs de l'Institut Péricimètre ont remporté jusqu'à ce jour 7 prix *New Horizons* au cours de la brève histoire de ces prix, soit plus que toute autre institution au monde.



L'initiative EHT de l'Institut Péricimètre



Kendrick Smith



Pedro Vieira

# COMMUNAUTÉ SCIENTIFIQUE

## CORPS PROFESSORAL

En 2018-2019, l'Institut PÉRIMÈTRE a nommé un nouveau directeur en la personne de Robert Myers et accueilli Chong Wang comme professeur. L'Institut compte maintenant 24 professeurs à plein temps. Il a également recruté 3 nouveaux professeurs associés dans le cadre de nominations conjointes avec des universités canadiennes partenaires. L'Institut compte maintenant 21 professeurs associés nommés conjointement avec 9 universités d'un bout à l'autre du Canada.

Les pages 49 à 56 donnent les biographies des professeurs à plein temps et professeurs associés de l'Institut.

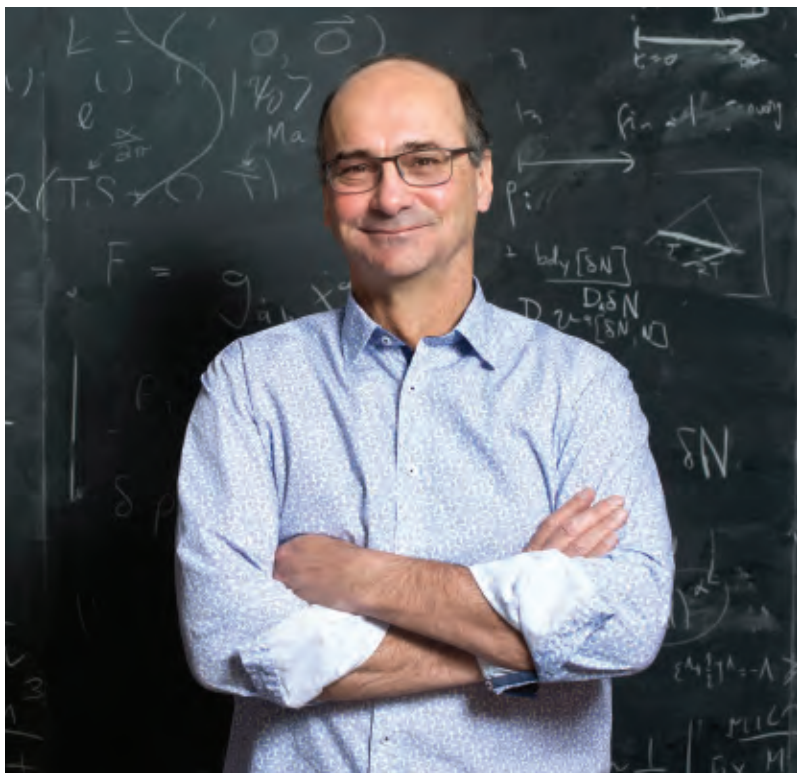
## ROBERT MYERS NOUVEAU DIRECTEUR

Robert Myers, physicien théoricien classé parmi les scientifiques les plus influents au monde, est maintenant le nouveau directeur de l'Institut PÉRIMÈTRE. M. Myers est également titulaire de la chaire Groupe-financier-BMO-Isaac-Newton.

Né à Deep River, en Ontario, Robert Myers a été l'un des membres fondateurs du corps professoral de l'Institut. Il est reconnu depuis longtemps comme l'un des scientifiques les plus influents au monde : en 2014, 2015, 2016 et 2017, il a figuré sur la liste de Thomson Reuters et Clarivate Analytics des chercheurs abondamment cités. Cette liste regroupe ceux qui font partie du 1 % des chercheurs les plus cités dans leur domaine.

Ses recherches portent sur des questions fondamentales concernant la physique quantique et la gravitation. Ses travaux actuels mettent l'accent sur l'interaction entre l'intrication quantique et la géométrie de l'espace-temps, de même que sur l'application de nouveaux outils d'informatique quantique à l'étude de la gravitation quantique.

La nomination de M. Myers comme directeur fait suite aux 10 années de Neil Turok à la tête de l'Institut. M. Turok reste à l'Institut PÉRIMÈTRE comme directeur émérite, chercheur à plein temps titulaire de la chaire Mike-et-Ophelia-Lazaridis-Niels-Bohr et responsable du nouveau pôle de cosmologie de l'Institut, le Centre de recherches de l'Institut PÉRIMÈTRE sur l'univers.



**PI**  
LES GENS  
DE L'IP



Professeur à plein temps  
**CHONG WANG**

La matière condensée et la physique des systèmes quantiques à N corps englobent certains des phénomènes les plus étranges au sein de systèmes parmi les plus complexes de la nature.

Traditionnellement, les scientifiques trouvent comment fonctionne un système complexe en faisant des calculs sur une petite partie du système et en extrapolant pour l'ensemble. Cette méthode ne fonctionne pas pour les systèmes que Chong Wang étudie.

Il travaille sur certains des cas les plus étranges de systèmes quantiques à N corps, comme les liquides de spin quantiques, les

isolants topologiques, les effets Hall quantiques, les transitions d'états quantiques, de même que leurs liens avec des aspects récents de la théorie quantique des champs.

Résoudre ces casse-tête représente un défi, mais aussi une occasion rêvée. « Le problème est compliqué, dit M. Wang, mais au bout du compte il en ressort une belle image. C'est un miracle que la simplicité puisse émerger de quelque chose d'aussi complexe. » [traduction]

## NOUVEAUX PROFESSEURS ASSOCIÉS

**PI**  
LES GENS  
DE L'IP



Professeure associée  
**DEBBIE LEUNG**

Debbie Leung étudie : les propriétés fondamentales de l'information quantique, notamment les propriétés d'intrication; les jeux non locaux; les méthodes de communication de données quantiques, classiques, ou classiques privées; les propriétés et applications des codes de correction d'erreurs quantiques; la manière dont la confidentialité se manifeste en mécanique quantique. De plus, elle s'intéresse vivement à la compréhension de la physique quantique dans le contexte de la dynamique des trous noirs, ainsi qu'à d'autres non-linéarités potentielles telles que les courbes fermées temporelles. Mme Leung a été nommée conjointement avec le Département de combinatoire et d'optimisation et l'Institut d'informatique quantique (IQC) de l'Université de Waterloo.

**PI**  
LES GENS  
DE L'IP



Professeure associée  
**CHRISTINE MUSCHIK**

Christine Muschik travaille sur de nouvelles méthodes de traitement de l'information quantique et sur des simulations quantiques de problèmes de physique des hautes énergies, dans le but de comprendre les constituants fondamentaux de la nature. À l'Institut Péricimètre, elle rassemblera des experts de nombreux domaines afin d'élaborer de nouvelles méthodes de simulation quantique permettant d'aborder de nombreuses questions non résolues en physique : Pourquoi y a-t-il davantage de matière que d'antimatière? Que se passe-t-il à l'intérieur des étoiles à neutrons? Que s'est-il passé exactement lors du Big Bang? Mme Muschik a été nommée conjointement avec l'IQC de l'Université de Waterloo, où elle dirige le groupe de théorie de l'optique quantique.

**PI**  
LES GENS  
DE L'IP



Professeur associé  
**DANIEL SIEGEL**

Daniel Siegel s'intéresse à l'infiniment petit dans le contexte de l'infiniment grand : à l'aide de superordinateurs, il simule des événements cosmiques violents tels que la collision d'étoiles à neutrons, en examinant plus particulièrement les processus subatomiques. En modélisant la physique des particules dans des phénomènes astrophysiques, il trouve de nouvelles idées sur la formation de l'univers. Cette année par exemple, M. Siegel et ses collaborateurs ont avancé que la plus grande partie de l'or présent dans l'univers ne vient pas de la fusion d'étoiles à neutrons comme on le pensait auparavant, mais plutôt d'étoiles mourantes et tournoyantes appelées *collapsars*. Ces travaux ont été publiés dans la revue *Nature*. Daniel Siegel a été nommé conjointement avec l'Université de Guelph.

## TITULAIRES DE CHAIRE DE RECHERCHE DE L'INSTITUT PÉRICIMÈTRE

Portant les noms de scientifiques légendaires dont les idées ont contribué à définir la physique, les chaires de recherche de l'Institut Péricimètre sont occupées par des pionniers dans leur domaine.

### Robert Myers

Directeur de l'Institut Péricimètre  
Chaire Groupe-financier-BMO-Isaac-Newton de physique théorique

### Neil Turok

Directeur émérite  
Chaire Mike-et-Ophelia-Lazaridis-Niels-Bohr de physique théorique

### Asimina Arvanitaki

Chaire Fondation-Stavros-Niarchos-Aristarque de physique théorique

### Avery Broderick

Chaire Famille-Delaney-John-Archibald-Wheeler de physique théorique

### Freddy Cachazo

Chaire Gluskin-Sheff-Onex-Freeman-Dyson de physique théorique

### Kevin Costello

Chaire Krembil-William-Rowan-Hamilton de physique théorique

### Savas Dimopoulos

Chaire Coril-Holdings-Archimède de physique théorique (à titre de chercheur invité)

### Davide Gaiotto

Chaire Krembil-Galilée de physique théorique

### Subir Sachdev

Chaire Cenovus-Energy-James-Clerk-Maxwell de physique théorique (à titre de chercheur invité)

### Kendrick Smith

Chaire Famille-Daniel-James-Peebles de physique théorique

### Pedro Vieira

Chaire Clay-Riddell-Paul-Dirac de physique théorique

## CHAIRES DE CHERCHEUR INVITÉ DISTINGUÉ

L'Institut Péricentre est la seconde résidence de recherche de nombreux physiciens parmi les plus grands au monde. Les titulaires de chaire de chercheur invité distingué sont nommés pour des mandats renouvelables de 3 ans et font des séjours prolongés à l'Institut Péricentre, tout en conservant leur poste dans leur établissement d'origine.

Ils mettent à profit leurs séjours à l'Institut pour se consacrer de manière intensive à leurs recherches tout en dynamisant de diverses façons notre communauté scientifique : nouvelles collaborations avec des chercheurs résidents; organisation conjointe de conférences; exposés sur les idées qui les enthousiasment le plus.

En 2018-2019, les titulaires de chaire de chercheur invité distingué ont passé 201 jours à l'Institut. D'autre part, 5 nouveaux titulaires ont été nommés et le mandat de 6 autres a été renouvelé. L'Institut compte maintenant 44 titulaires de chaire de chercheur invité distingué.

Voici ceux qui ont été nommés cette année :

**Mina Aganagic**, Université de la Californie à Berkeley

**Gian Francesco Giudice**, Organisation européenne pour la recherche nucléaire (CERN)

**David B. Kaplan**, Université de l'État de Washington

**Carlo Rovelli**, Université de la Méditerranée – Centre de physique théorique de Luminy

**Subir Sachdev**, Université Harvard

Le programme de chaires de chercheur invité distingué bénéficie de l'appui de Cenovus Energy.

*« Je connais l'Institut Péricentre depuis ses tout débuts. J'ai assisté à sa croissance très rapide, et sa réputation est fantastique. Beaucoup de mes collègues ne se considèrent pas vraiment à jour s'ils ne sont pas allés plusieurs fois à cet institut. »*

*[traduction]*

*– Gerard 't Hooft, titulaire d'une chaire de chercheur invité distingué de l'Institut Péricentre et lauréat d'un prix Nobel en 1999*







## ADJOINTS INVITÉS, CHERCHEURS INVITÉS ET MEMBRES AFFILIÉS

L'Institut Péricimètre crée des liens avec la communauté scientifique élargie tout en diversifiant la sienne, en amenant des chercheurs accomplis pour des séjours réguliers à l'Institut selon différentes modalités.

Les **adjoints invités** sont nommés pour des termes renouvelables, conservent leur poste dans leur établissement d'origine et enrichissent la communauté scientifique de l'Institut Péricimètre pendant des séjours de recherche prolongés. Cette année, l'Institut a accueilli 8 nouveaux adjoints invités et a renouvelé le mandat de 4 autres, portant leur nombre à 51.

Les **membres affiliés** sont des scientifiques d'universités canadiennes qui ont une invitation permanente à rendre visite à l'Institut Péricimètre pour y faire de la recherche. Cette année, l'Institut a procédé à la nomination ou renouvelé le mandat de 34 membres affiliés, portant leur nombre à 113.

L'Institut encourage également des scientifiques à poser leur candidature pour séjourner à titre de **chercheurs invités** pendant qu'ils sont en congé de leur institution d'appartenance. En 2018-2019, 15 chercheurs invités ont passé en tout 2 475 jours à l'Institut Péricimètre.

**PI**  
LES GENS  
DE L'IP



Chercheur invité  
**OLIVER SCHLOTTERER**

Oliver Schlotterer, postdoctorant à l'Institut Max-Planck de physique gravitationnelle, en Allemagne, est venu passer une année complète à l'Institut Péricimètre.

Pendant son séjour à l'Institut, il a entamé une intense collaboration avec Freddy Cachazo, titulaire de la chaire Gluskin-Sheff-Onex-Freeman-Dyson de l'Institut Péricimètre. Les 2 chercheurs ont abordé de différents points de vue un sujet important en physique des hautes énergies : les amplitudes de diffusion. Les amplitudes de diffusion, prédictions calculées du comportement de particules lors d'interactions à haute énergie, sont cruciales pour comprendre la composition et le comportement de la matière.

En plus de mener ses recherches, Oliver Schlotterer a supervisé 2 étudiants à la maîtrise, organisé un atelier et donné des cours. Maintenant qu'il a obtenu une prestigieuse subvention du Conseil européen de la recherche pour mettre sur pied un groupe de recherche à l'Université d'Uppsala, il compte rendre la pareille à l'Institut Péricimètre en créant des ponts avec l'Institut – et, bien entendu, en invitant Freddy Cachazo pour des séjours scientifiques.

*« L'Institut Péricimètre est un rêve devenu réalité, un lieu génial et inspirant. Pour un jeune scientifique qui s'intéresse aux questions fondamentales, il est difficile d'imaginer un meilleur endroit pour étudier, faire de la recherche, et être stimulé et transformé. » [traduction]*

*– Valerio Faraoni, professeur à l'Université Bishop's et membre affilié de l'Institut Péricimètre*

# CONFÉRENCES ET ATELIERS

La physique théorique connaît des progrès rapides sur de nombreux fronts. La collaboration et la communication sont cruciales, et l'Institut Péricône joue un rôle-clé en ce sens, en stimulant la recherche grâce à des ateliers et conférences essentiels, auxquels participent des scientifiques venus du monde entier. Les conférences et séminaires de l'Institut sont enregistrés et accessibles en ligne sans restriction à la communauté scientifique.

En 2018-2019, 620 scientifiques du monde entier sont venus à l'Institut Péricône pour participer à 11 conférences et ateliers dans des domaines tels que la cosmologie, l'apprentissage automatique, la physique mathématique et la théorie quantique des champs.

## CRÉER UNE COMMUNAUTÉ SCIENTIFIQUE GRÂCE À DES AMORCES

Des tablées se forment, des tableaux noirs se remplissent, des idées sont échangées. De nouvelles collaborations sont entamées sur place. Ordinairement tranquille, l'atrium de l'Institut Péricône devient le centre de tout un domaine de recherche pendant la conférence *Bootstrap 2019* (Amorce 2019), à laquelle participent plus de 200 chercheurs venus du monde entier.

« Nous aimons les idées brutes » [traduction], déclare Pedro Vieira, professeur à l'Institut Péricône et coorganisateur de la conférence, qui stimule à l'aide de diapositives les discussions au tableau.

Il est difficile de croire qu'il y a 10 ans cette communauté scientifique n'existait pas.

M. Vieira et João Penedones (alors postdoctorant à l'Institut Péricône) ont organisé à l'Institut la première conférence de ce type en 2011.

Ce fut une conférence modeste, réunissant environ 20 participants pendant 3 jours.

Les choses ont évolué depuis : partout dans le monde, des centaines de chercheurs explorent des « amorces » dans des domaines allant de la matière condensée à la gravitation quantique, en passant par la physique des particules. Des dizaines d'articles importants sont produits chaque année.

« À mon avis, on peut affirmer que cette communauté scientifique est née ici lors de cette première réunion, dit M. Vieira. De nombreux projets importants ont commencé ici. » [traduction]

*Pedro Vieira est titulaire de la chaire Clay-Riddell-Paul-Dirac de physique théorique.*



# SÉMINAIRES ET COLLOQUES

La formation continue, l'exploration interdisciplinaire et une collaboration ouverte sont caractéristiques de notre communauté scientifique. Pendant toute l'année, chercheurs et étudiants de l'Institut Péricimètre et de l'extérieur sont invités à participer à des séminaires et colloques qui nourrissent l'esprit et suscitent de nouvelles manières d'aborder les problèmes. Ces activités sont enregistrées et publiquement accessibles dans PIRSA, le système d'archivage en ligne de l'Institut Péricimètre.

En 2018-2019, 315 séminaires et colloques ont été présentés, avec la participation d'orateurs d'institutions remarquables telles que les universités Harvard et Yale, l'Institut Max-Planck, le MIT, le Laboratoire JPL de la NASA, ainsi que les universités de Kyoto, d'Oxford et de Princeton.

## DE PIRSA À L'INSTITUT PÉRICIMÈTRE

Il y a 10 ans, Vasudev Shyam était un élève médiocre qui s'ennuyait dans une école de Bangalore. Alors âgé de 13 ans, il trouvait peu stimulant ce qu'on lui enseignait, mais il n'avait pas accès aux meilleures écoles de l'Inde.

Il s'intéressait à la physique et est tombé par hasard sur PIRSA, archives en ligne de plus de 10 000 cours et exposés donnés à l'Institut Péricimètre. Après avoir visionné des conférences publiques, il est passé à des séminaires et colloques plus complexes. Bien vite, il résolvait par lui-même certains problèmes et menait même ses propres recherches.

Il a fait part de ces travaux à l'Institut Péricimètre et a été admis dans le programme de maîtrise PSI (*Perimeter Scholars International* – Boursiers internationaux de l'Institut Péricimètre) à l'âge de 18 ans.

Maintenant âgé de 23 ans, M. Shyam est doctorant à l'Institut Péricimètre. Il a publié à ce jour 9 articles (dont 5 en tant qu'auteur unique) et est sur la voie d'une brillante carrière de chercheur.

Avec 12 438 exposés (au 31 juillet 2019), PIRSA est la plus grande vidéothèque en physique théorique au monde. C'est une ressource indispensable pour les physiciens de toute la planète, qu'ils soient étudiants ou scientifiques confirmés – ou pour un nombre inconnu de talents cachés comme Vasudev Shyam, mus par la curiosité et une soif de connaissance. L'Institut Péricimètre aspire à faire en sorte que tous les esprits brillants aient accès à l'excellence, peu importe leur provenance géographique, leur situation économique ou leurs antécédents culturels. Accessible gratuitement partout dans le monde, PIRSA joue un rôle important en ce sens.



Vasudev Shyam et William Donnelly

*« À mon ordinateur, à Bangalore, j'ai ouvert un portail de l'Institut Péricimètre, et cela a changé ma vie. » [traduction]*

*– Vasudev Shyam, doctorant à l'Institut Péricimètre*

# FORMATION

*« Depuis l'obtention de mon diplôme, j'ai eu une carrière passionnante, d'abord comme scientifique à la Défense nationale, et maintenant comme spécialiste des données. La philosophie et l'ambiance uniques de l'Institut Péricimètre m'ont permis d'acquérir des compétences fondamentales cruciales pour réussir dans le monde réel. » [traduction]*

*— Ross Diener, spécialiste des données, Intersect Cybersecurity (PSI 2010; Ph.D. 2016)*



# FORMATION – Quelques statistiques

L'Institut PÉRIMÈTRE cherche à attirer et à développer la prochaine génération d'esprits brillants. Nous savons que les jeunes sont les forces vives de la science, et nous avons des programmes – de notre tout nouveau programme d'enrichissement pour étudiants de 1<sup>er</sup> cycle à notre programme inégalé de postdoctorat – qui visent à en faire de véritables scientifiques.

Plus de **1 000** jeunes scientifiques formés depuis 2006

**63** postdoctorants (au 31 juillet 2019)

**58** doctorants de **28** pays (en 2018-2019)

**25** doctorants associés (en 2018-2019)

**46** adjoints diplômés invités (en 2018-2019)

**4** bourses d'études supérieures du Canada Vanier (en 2018-2019)

**1** prix de doctorat Gilles-Brassard du CRSNG pour la recherche interdisciplinaire (en 2018-2019)

**310** diplômés du programme PSI en 10 ans, dont **97** femmes (31 %)

**33** étudiants à la maîtrise dans le programme PSI, dont **10** femmes (en 2018-2019)

**23** participants à l'école d'été pour étudiants de 1<sup>er</sup> cycle (en 2018-2019)

**120** participants à la conférence *Trajectoires de carrière*

## POSTDOCTORANTS

Membres à part entière de la communauté de l'Institut Périmètre pour une période allant de 3 à 5 ans, ces scientifiques en début de carrière bénéficient d'occasions uniques en leur genre : une liberté scientifique complète, un encouragement à entreprendre des recherches ambitieuses, un mentorat de scientifiques établis. Cette autonomie et l'expérience acquise rapportent des dividendes : en 2018-2019, 2 postdoctorants ont été embauchés comme spécialistes des données – un chez Xanadu, jeune pousse d'informatique quantique de Toronto, et un dans une grande entreprise internationale en forte croissance; certains ont entrepris une carrière universitaire; d'autres ont obtenu des postes de chercheur ou des bourses prestigieuses. Les bourses postdoctorales de l'Institut Périmètre sont très recherchées : les 19 nouveaux postdoctorants qui se sont joints à l'Institut Périmètre en 2018-2019 ont été recrutés parmi 673 candidats.

## ADJOINTS DIPLÔMÉS INVITÉS

L'Institut Périmètre offre à des doctorants avancés une occasion unique d'élargir leurs perspectives et de participer pleinement à la vie scientifique de l'Institut. En 2018-2019, l'Institut a accueilli 46 adjoints diplômés invités provenant de 20 pays, pour des séjours d'une durée variable pouvant aller jusqu'à près d'un an, avec une moyenne de 5 mois.



Postdoctorante

**BÉATRICE BONGA**

La postdoctorante Béatrice Bonga se décrit comme une passionnée de relativité générale. Entre autres choses, elle modélise les systèmes astrophysiques susceptibles de produire des ondes gravitationnelles, afin d'améliorer les observations effectuées par les détecteurs d'ondes gravitationnelles de la prochaine génération. Avec ses collaborateurs, elle a récemment découvert des résonances tidales surprenantes qui peuvent survenir dans des systèmes où 2 petits trous noirs sont en orbite autour d'un trou noir supermassif.

Selon elle, l'Institut Périmètre est l'endroit idéal pour poursuivre ces travaux exigeants : « Ici, je suis entourée de chercheurs de premier ordre en physique numérique et en relativité générale. Il y a beaucoup de scientifiques invités. Les chercheurs en astronomie et en cosmologie fournissent de nouvelles données. Les gens sont enthousiastes et optimistes. » [traduction]

Béatrice Bonga termine son postdoctorat à l'Institut Périmètre en 2019 et occupera un nouveau poste de professeure en 2020.



## DOCTORANTS

Le programme de maîtrise PSI (*Perimeter Scholars International* – Boursiers internationaux de l'Institut Périmètre) attire des étudiants exceptionnels de partout dans le monde, et ceux-ci restent à l'Institut Périmètre par la suite. Cette année, 65 % des doctorants de l'Institut étaient des diplômés du programme PSI : ils ont été recrutés par leurs superviseurs de l'Institut afin de poursuivre leur formation et leurs recherches au Canada.

Les doctorants de l'Institut reçoivent leur diplôme de l'université partenaire où leur directeur de thèse est professeur à plein temps ou professeur auxiliaire. Les universités partenaires sont l'Université de Waterloo, l'Université de Guelph et l'Université de Toronto, de même que les universités York, McMaster et Western.

À la fin de l'année écoulée, l'Institut Périmètre comptait 58 doctorants venant de 28 pays, ainsi que 25 doctorants associés dirigés par des professeurs à plein temps et professeurs associés de l'Institut dans des universités partenaires.

*En 2018-2019, 2 doctorants de l'Institut ont obtenu des bourses de la Fondation familiale de Peter et Shelagh Godsoe pour jeune talent exceptionnel. De plus, un étudiant a reçu la bourse d'études supérieures Joanne-Cuthbertson-et-Charlie-Fischer.*

**PI**  
LES GENS  
DE L'IP



Doctorante

**ANNA GOLUBEVA**

Les recherches de la doctorante Anna Golubeva combinent la physique et l'apprentissage automatique. Elle travaille au sein de l'équipe de recherche de son directeur de thèse Roger Melko à l'Université de Waterloo et au laboratoire d'intelligence quantique de l'Institut Périmètre. « Nous nous servons de la physique pour développer l'apprentissage automatique, dit-elle, et nous utilisons l'apprentissage automatique pour résoudre des problèmes de physique. » [traduction]

Il s'agit d'une combinaison puissante, et les recherches de Mme Golubeva lui ont valu des distinctions. Cette année, elle a reçu le prestigieux prix de doctorat Gilles-Brassard du CRSNG pour la recherche interdisciplinaire, remis chaque année à un titulaire d'une bourse d'études supérieures du Canada Vanier qui incarne parfaitement la recherche interdisciplinaire.

Anna Golubeva estime que des travaux interdisciplinaires sont la clé pour percer certains des secrets les mieux gardés de l'univers. « La nature n'est pas divisée en sous-domaines – biologie, physique, mathématiques –, mais elle constitue un tout. Notre compréhension de la nature peut progresser lorsque l'on franchit les frontières entre disciplines. » [traduction]

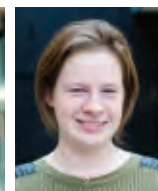
## BOURSES D'ÉTUDES SUPÉRIEURES DU CANADA VANIER



Anna Golubeva



Florian  
Hopfmüller



Fiona McCarthy



David  
Schmid

Quatre doctorants à l'Institut Périmètre et à l'Université de Waterloo ont obtenu de prestigieuses bourses d'études supérieures du Canada Vanier. Anna Golubeva, Florian Hopfmüller, Fiona McCarthy et David Schmid recevront chacun 50 000 \$ par année pendant 3 ans au cours de leurs études de doctorat. Financées par le gouvernement du Canada, les bourses Vanier sont conçues pour aider les établissements canadiens à attirer des doctorants hautement qualifiés. Les boursiers sont choisis pour leur excellence universitaire, leur potentiel de recherche et leurs compétences en leadership.





## LE PROGRAMME PSI

Il y a 10 ans, le programme PSI est né d'un désir de repenser les études supérieures en physique, afin de former des scientifiques en leur donnant les moyens de s'attaquer de manière indépendante et créative à des problèmes très difficiles.

La formule est aussi simple qu'efficace : recruter dans le monde entier des étudiants exceptionnels; viser délibérément la diversité; offrir de brefs cours donnés par des physiciens de classe mondiale; mettre l'accent sur la collaboration plutôt que sur la compétition. Les cours donnent des bases dans un vaste éventail de sujets de la physique théorique moderne.

Ce programme de 10 mois présente aux étudiants les recherches dans toutes les branches de la physique théorique et leur fournit les outils, les compétences et l'état d'esprit requis pour réussir en physique – et dans bien des domaines. Les finissants reçoivent un diplôme de maîtrise de l'Université de Waterloo et un certificat du programme PSI de l'Institut Péricimètre.

Dix ans plus tard, plus de 300 « PSions », comme on les appelle, ont été formés à l'Institut Péricimètre. Certains se sont orientés vers

la recherche en poursuivant des études de doctorat suivies de postdoctorats. Certains ont fondé des entreprises. D'autres travaillent sur des traitements contre le cancer, ou en finance et technologie. Tous conservent l'esprit du programme PSI.

En 2018-2019, 33 jeunes talentueux, dont 10 femmes, venant du Canada et de 22 autres pays, ont été choisis parmi 512 candidats. Vingt-cinq d'entre eux font maintenant des études de doctorat dans des institutions prestigieuses, dont 11 à l'Université de Waterloo, ainsi qu'à l'Institut Max-Planck, au MIT, à l'Université de Princeton et à l'Université Stanford, et d'autres poursuivent une carrière dans le secteur privé.

Les pages 58 et 59 donnent la liste des membres du corps professoral et des étudiants du programme PSI.

*En 2018-2019, le programme PSI a bénéficié du soutien des personnes et organismes suivants : la Fondation du patrimoine hellénique; Brad et Kathy Marsland; Margaret et Larry Marsland; la Fondation familiale Savvas-Chamberlain; des membres du Cercle Emmy-Noether.*

## LE PROGRAMME PSI A 10 ANS

« Cela vient vraiment en tête de liste des choses les plus extraordinaires que j'aie jamais réalisées » [traduction], déclare Imogen Wright à propos de son expérience du programme PSI.

Cela en dit long, de la part de quelqu'un qui a 2 doctorats, qui a travaillé en développement de logiciels pour Amazon puis a été l'une des fondatrices d'une entreprise de bio-informatique. Mme Wright a été majeure de la première promotion du programme PSI, en 2010.

Son entreprise, Hyrax Biosciences, dont le siège est au Cap, en Afrique du Sud, réalise de grands progrès sur l'un des défis les plus pressants en matière de santé en Afrique subsaharienne : utiliser

la génétique et l'analyse statistique pour prédire la résistance aux médicaments chez les personnes atteintes du VIH.

Elle dit que le programme PSI lui a permis d'améliorer des compétences-clés qu'elle utilise encore aujourd'hui.

« J'exploite massivement la méthode de pensée abstraite que l'on acquiert en faisant beaucoup de physique théorique, dit-elle. Si l'informaticien moyen peut parvenir au 3<sup>e</sup> ou 4<sup>e</sup> degré d'abstraction à partir des données qu'il examine, j'arrivais au 7<sup>e</sup> ou 8<sup>e</sup> degré à la fin du programme PSI. » [traduction]



# ACCÉLÉRATEUR D'ÉTÉ DE 1<sup>ER</sup> CYCLE

En mai 2019, 23 étudiants de 1<sup>er</sup> cycle universitaire en sciences venus du Canada et de l'étranger se sont mis aux tableaux noirs de l'Institut Péricimètre, dans le cadre de sa nouvelle École d'été de physique théorique pour étudiants de 1<sup>er</sup> cycle.

Pendant 2 semaines intensives, ils se sont instruits auprès de scientifiques de premier plan et ont travaillé en petits groupes de vrais sujets de recherche. Quatorze d'entre eux sont restés tout l'été pour travailler à des projets de recherche avec des scientifiques de l'Institut Péricimètre, et l'un d'eux reste à l'Institut pour faire une maîtrise.

« Ce programme est vraiment bien pour découvrir ce qui nous intéresse et acquérir une certaine expérience pratique », a déclaré

Anya Forestell, 22 ans, de Fredericton, au Nouveau-Brunswick, étudiante en physique et astronomie à l'Université de Waterloo. « Les sujets de physique abordés ici sont très diversifiés. » [traduction]

Gebremedhin Dagnaw, 23 ans, étudie à l'Université Middlebury College, dans le Vermont. Il a dit que le temps passé à l'Institut Péricimètre a élargi ses connaissances dans le domaine et clarifié son avenir.

« Cela me confirme que je veux faire de la recherche et poursuivre des études supérieures en physique. » [traduction]

*Le programme d'été de physique théorique pour étudiants de 1<sup>er</sup> cycle a été rendu possible grâce à l'appui de Michael Serbinis et Laura Adams.*

## ASSIS SUR UNE MINE D'OR

Que pouvez-vous faire avec un diplôme d'études supérieures en physique théorique? En fait, presque n'importe quoi.

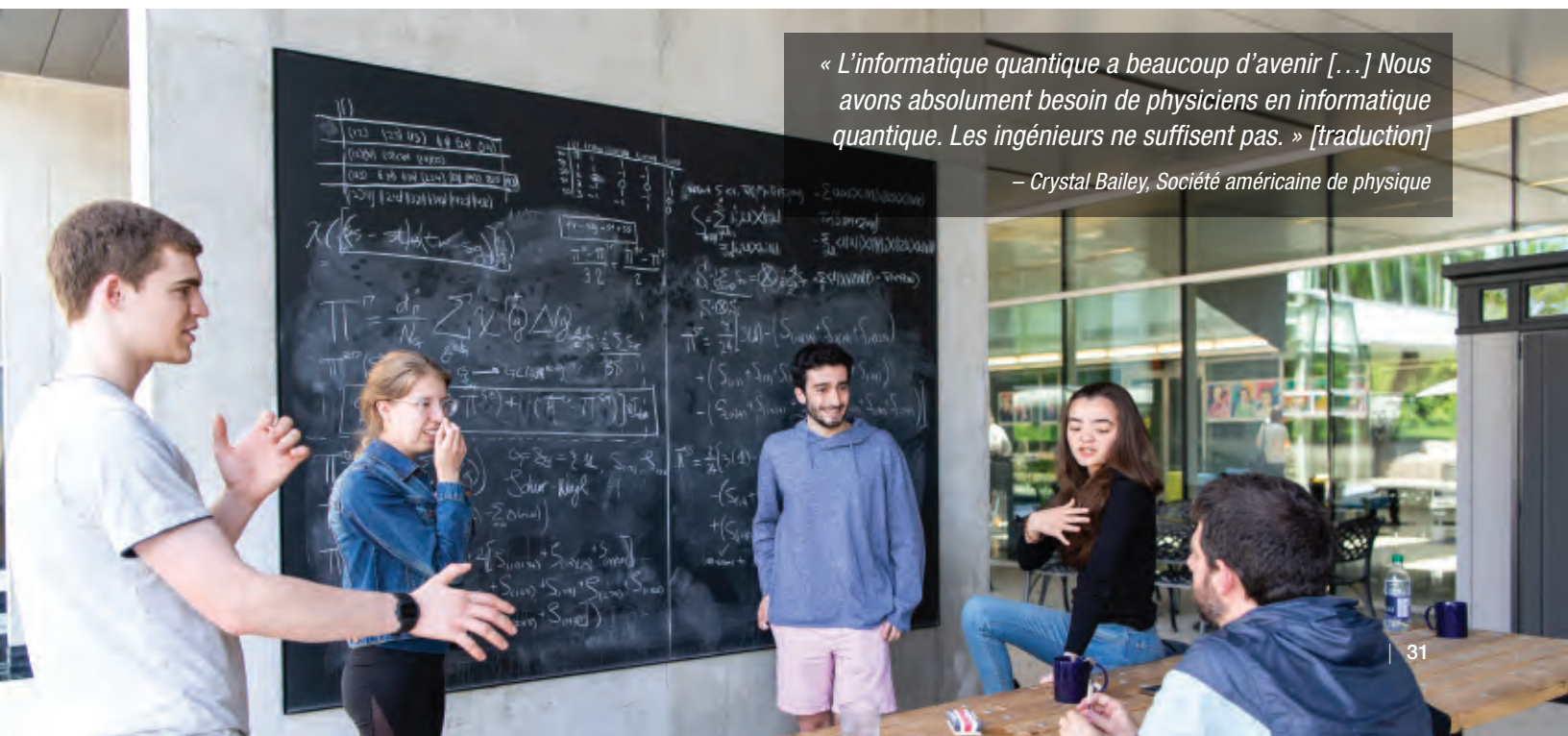
C'est ce que vise à souligner la journée *Trajectoires de carrière*, organisée chaque année par l'Institut Péricimètre afin d'encourager les étudiants diplômés et les postdoctorants à envisager tous les plans de carrière possibles – dans le milieu universitaire et ailleurs – et à réfléchir sérieusement aux meilleures manières d'apporter une contribution à notre monde. La formation en physique est une éducation à la pensée critique et à la résolution de problèmes. Elle peut fournir à la société des personnes qui utilisent ces compétences dans une variété de domaines.

« Les étudiants en physique sont assis sur une mine d'or », a déclaré Natacha Altamirano, ancienne de l'Institut Péricimètre qui a obtenu une maîtrise et un doctorat en cosmologie, et est maintenant scientifique des données dans le domaine du capital de risque, « et certains d'entre eux ne s'en rendent pas compte. Nous avons les compétences requises pour résoudre de grands problèmes. » [traduction]

La conférence de cette année a réuni 120 participants de l'Institut Péricimètre et de 8 autres institutions et universités des environs, ainsi que des représentants d'entreprises canadiennes telles que Sun Life, Shopify, D-Wave Systems et OpenText.

### UN DIPLÔME EN PHYSIQUE THÉORIQUE PEUT MENER À DES CARRIÈRES DANS DIVERS DOMAINES :

- informatique quantique
- apprentissage automatique
- finance et assurances
- science des données
- fabrication de pointe
- médecine de précision
- recherche pharmaceutique
- administration et politiques publiques
- communications scientifiques



« L'informatique quantique a beaucoup d'avenir [...] Nous avons absolument besoin de physiciens en informatique quantique. Les ingénieurs ne suffisent pas. » [traduction]

– Crystal Bailey, Société américaine de physique

# DIFFUSION DES CONNAISSANCES

*« Ce que j'ai appris sur la physique va améliorer le contenu de mes cours. Et ce que j'ai appris sur l'apprentissage va les révolutionner. » [traduction]*

*– Jeremy Wegner, enseignant*



# DIFFUSION DES CONNAISSANCES

## – Quelques statistiques

Les merveilles de la science méritent d'être communiquées aux personnes dont elles transforment la vie – c'est-à-dire nous tous. L'Institut Périmètre est reconnu comme un chef de file mondial de la diffusion des connaissances scientifiques. Il s'efforce d'accroître la culture scientifique en faisant connaître le pouvoir transformateur de la physique aux élèves, aux enseignants et aux gens curieux où qu'ils soient.

### ÉLÈVES

52 189 800	interactions en classe depuis 2006
10 972 000	interactions en classe en 2018-2019
13 396	élèves ont assisté à des présentations en 2018-2019.
174	élèves du secondaire ont participé à la conférence <i>Inspiring Future Women in Science</i> (Inspirer les futures scientifiques) en 2019.
40	élèves exceptionnels du secondaire – 16 du Canada et 24 de l'étranger – ont participé à l'École internationale d'été 2019 de l'Institut Périmètre pour jeunes physiciens et physiciennes.

### ENSEIGNANTS

31 181	enseignants rejoints dans le monde par le réseau des enseignants de l'Institut Périmètre
5 132	enseignants formés dans 153 ateliers en 2018-2019
36	participants au camp de formation <i>EinsteinPlus</i> pour enseignants en 2018-2019
106	pays dans lesquels les ressources pédagogiques de l'Institut Périmètre sont utilisées
107	trousses pédagogiques de sciences disponibles pour les enseignants partout au Canada et dans le monde
22	trousses pédagogiques traduites en français

### GRAND PUBLIC

9	conférences publiques qui ont fait l'objet de 546 825 visionnements en 2018-2019
2,5	millions de visionnements dans YouTube en 2018-2019 – une augmentation de 77 %
7,1	millions de visionnements dans YouTube depuis 2009

# EINSTEINPLUS ET RÉSEAU DES ENSEIGNANTS

Comment devient-on un enseignant de physique spectaculaire? Pour Katemari Rosa, cela a commencé par un camp intensif d'une semaine pour enseignants, qui donne vie à la science.

« J'ai vécu une expérience extraordinaire à l'Institut Périmètre, dit-elle, et j'en parle encore à mes élèves et à des collègues. J'encourage toujours les gens à regarder (et à utiliser!) les ressources de l'Institut et à participer à ses ateliers. » [traduction].

*EinsteinPlus* a des effets exponentiels. Chaque enseignant revient chez lui prêt à présenter la physique moderne à des classes d'environ 25 élèves chacune. Chaque enseignant devenu formateur peut former des dizaines d'autres enseignants. Chaque jeu de trousse pédagogique envoyé à une école servira à de multiples classes année après année.

Il s'agit d'une équation puissante. L'Institut Périmètre forme des enseignants depuis une décennie. Au cours de cette période, le nombre d'élèves qui en ont ultimement profité est passé de milliers à des dizaines de milliers, puis à des millions.

Mme Rosa est allée faire un doctorat en sciences de l'éducation à l'Université Columbia, puis est rentrée au Brésil où elle travaille à



l'Université fédérale de l'État de Bahia, coordonnant un programme qui met sur pied des partenariats dans des écoles publiques.

*EinsteinPlus* a bénéficié du soutien de Maplesoft.

## RESSOURCES PÉDAGOGIQUES

De l'Île-du-Prince-Édouard à la Colombie-Britannique, en passant par le Nunavut, les ressources pédagogiques de l'Institut Périmètre sont utilisées partout au Canada, et aussi dans plus de 100 autres pays. Des trousse numériques conçues pour aider les enseignants à expliquer divers sujets importants de physique – et plus généralement de sciences – sont disponibles pour les élèves de la 5<sup>e</sup> année à la 12<sup>e</sup> année de scolarité. Chaque trousse comprend des plans de cours, des activités pratiques, des démonstrations, de l'information complémentaire pour les enseignants et des vidéos originales produites par l'Institut Périmètre. Et surtout, ces ressources sont directement liées au programme scolaire de sciences.

Les nouvelles trousse produites en 2018-2019 sont *Physique contemporaine* (12<sup>e</sup> année) et *Champs* (12<sup>e</sup> année) toutes deux disponibles en français et en anglais. L'Institut Périmètre a aussi produit un plan de cours pour mettre en contexte la grande nouvelle de la première image d'un trou noir : *Comprendre l'image de M87\**. Plus de 100 000 élèves l'ont utilisé en classe, découvrant ainsi la science qui sous-tend les trous noirs et cette image emblématique. Huit trousse ont été traduites en portugais et sont actuellement utilisées dans des ateliers et en classe au Brésil.

## À L'INSTITUT ET EN TOURNÉE

Les démonstrations pratiques rendent la physique amusante et accessible. C'est pour cela que l'Institut Périmètre part en tournée et visite des collectivités de toutes les régions de l'Ontario avec l'exposition *Le pouvoir des idées*, expérience multimédia qui montre les 6 idées les plus puissantes de l'histoire de la physique et leur effet transformateur sur notre monde.

L'équipe de diffusion des connaissances, enrichie d'invités spéciaux, donne aussi à des groupes scolaires des présentations interactives et

intéressantes, entre autres *Physica Phantastica*, dans le Théâtre des idées Mike-Lazaridis de l'Institut, d'une capacité de 200 sièges.

En 2018-2019, près de 27 000 élèves, enseignants et membres du grand public ont participé à ces activités éducatives.

*L'exposition Le pouvoir des idées a bénéficié du soutien du ministère de l'Éducation de l'Ontario.*

**« Maintenant plus que jamais, le travail d'organismes tels que l'Institut Périmètre est d'une importance vitale pour faire de nous des citoyens du Canada et du monde qui soient responsables et engagés. » [traduction]**

**– Alison Peden, donatrice de l'Institut Périmètre**



## L'ÉCOLE INTERNATIONALE D'ÉTÉ POUR JEUNES PHYSIENS ET PHYSIENNES

Chaque année, l'École internationale d'été de l'Institut Périmètre pour jeunes physiciens et physiciennes (ISSYP) immerge au cœur de la physique théorique 40 élèves exceptionnels du secondaire venus de toutes les régions du Canada et du monde entier. Les participants se voient en outre, souvent pour la première fois de leur vie, entourés de pairs qui partagent la même passion pour la science.

« C'est comme de voir des copies de soi-même », dit Vennisa Owusu-Barfi, venue d'Accra, au Ghana. « Parce qu'on n'a jamais rencontré de ses semblables, on a l'impression d'être seuls, perdus dans la masse. Mais ici nous constatons que d'autres personnes nous ressemblent beaucoup. » [traduction]

La promotion de cette année, formée d'autant de filles que de garçons, comprenait 16 élèves représentant 8 provinces canadiennes, ainsi que 24 participants de divers pays dont le Brésil, les États-Unis, l'Éthiopie, la Roumanie, le Royaume-Uni, la Suisse et la Turquie.

Ces élèves exceptionnels ont assisté à des exposés sur divers sujets, dont la mécanique quantique, la relativité et la cosmologie, puis ils

se sont répartis en petites équipes pour s'attaquer à des sujets de recherche avec un mentor. Ils ont eu l'occasion de rencontrer des chercheurs de classe mondiale et ont même visité l'Observatoire de neutrinos de Sudbury, enfoui profondément dans une mine de nickel en exploitation.

Taylor Walters, de Mill Bay, en Colombie-Britannique, se souvient de discussions avec des chercheurs de l'Institut Périmètre qui lui ont ouvert les yeux sur les possibilités de recherches interdisciplinaires englobant son intérêt pour la physique, les sciences cognitives et l'informatique.

« Trouver ma propre intersection de mes passions est ce qui va me faire progresser » [traduction], a-t-elle déclaré.

*En 2018-2019, l'ISSYP a été rendue possible grâce au soutien de la Fondation RBC, commanditaire principal. Maplesoft a fourni un appui supplémentaire.*

## INSPIRER LES FUTURES SCIENTIFIQUES

La science a un problème d'image : les étudiantes qui aiment cette matière n'ont souvent aucune idée du grand nombre de carrières qui s'ouvrent à elles.

La conférence *Inspiring Future Women in Science* (Inspirer les futures scientifiques) de 2019 a contribué à donner des repères à 174 jeunes élèves du secondaire. Cette conférence annuelle est une occasion de briser les stéréotypes à propos de qui peut exercer une profession

de STGM. Cette année, il y a eu entre autres des exposés d'une chercheuse en photonique, d'une médecin, d'une PDG d'entreprise en sciences de l'environnement et d'une pathologiste judiciaire.

*La conférence Inspiring Future Women in Science (Inspirer les futures scientifiques) de 2019 a été rendue possible grâce au soutien de Linamar Corporation, commanditaire principal.*

# COMMUNICATIONS SCIENTIFIQUES ET MÉDIAS

L'intérêt de la science va au-delà du progrès technologique et de la prospérité qui en découle. La science enseigne la pensée critique, récompense l'audace intellectuelle et honore la curiosité pure.

L'Institut Péricimètre est une source digne de confiance de contenu scientifique pour les esprits curieux du Canada et du monde entier. Grâce à ses sites Web, à son magazine *Inside the Perimeter* (Dans le périmètre), à ses comptes de médias sociaux et à ses partenariats, l'Institut continue d'être une source importante de contenu exact et intéressant en physique.

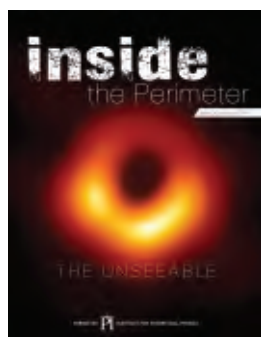
Nous constatons un appétit croissant pour un contenu scientifique de grande qualité dans tous les médias. L'an dernier, notre canal YouTube a enregistré plus de 2,5 millions de visionnements de vidéos, et son nombre d'abonnés a augmenté de 50 %. Notre site Web de contenu scientifique accessible et partageable, [insidetheperimeter.ca](http://insidetheperimeter.ca), a enregistré près d'un demi-million de consultations et plus de 200 000 visiteurs distincts.

Nous essayons d'aller à la rencontre des gens là où ils sont : dans les médias sociaux. Cette année, les abonnés au compte LinkedIn de l'Institut Péricimètre ont augmenté de 24 %, et de 14 % dans le cas de son compte Twitter. Plus de 30 000 personnes suivent maintenant le compte Facebook de l'Institut.

La première image jamais produite d'un trou noir a fait la une de centaines de médias partout dans le monde. À titre de seul partenaire canadien au sein de l'équipe du télescope EHT (*Event Horizon Telescope* – Télescope Horizon des événements), l'Institut Péricimètre a fait l'objet d'une large couverture en première page de médias tels que le *New York Times* et le *Washington Post*. Notre contenu vidéo original, y compris des vidéos explicatives et une table ronde, a rapidement atteint plus de 500 000 visionnements dans YouTube.

## DES PRIX DE COMMUNICATION ET DE VULGARISATION SCIENTIFIQUES

- *Inside the Perimeter* (Dans le périmètre), notre magazine semestriel imprimé, a remporté l'argent dans la catégorie *Meilleur magazine ou meilleure revue en format imprimé* à la remise des Prix d'Excellence du Conseil canadien pour l'avancement de l'éducation (CCAÉ).
- [QuantumToCosmos.ca](http://QuantumToCosmos.ca) a remporté le bronze à la remise des Prix d'Excellence du CCAÉ. Lancé en 2018, ce site Web interactif propose aux visiteurs un voyage dans tous les ordres de grandeur de l'univers et a accumulé jusqu'à ce jour plus de 1 million de pages consultées.



## LES 10 PRINCIPALES MANCHETTES

- « Darkness visible, finally: Astronomers capture first ever image of a black hole »  
(L'obscurité enfin visible : des astronomes captent la première image d'un trou noir)  
*The New York Times*, le 10 avril 2019
- « This is what a black hole looks like: Researchers photograph an abyss larger than our solar system »  
(Voici à quoi ressemble un trou noir : des chercheurs photographient un abysse plus grand que notre système solaire)  
*The Globe and Mail*, le 10 avril 2019
- « A second mysterious repeating fast radio burst has been detected in space »  
(Un 2<sup>e</sup> mystérieux sursaut radio rapide répéteur vient d'être détecté dans l'espace)  
CNN, le 10 janvier 2019
- « Perimeter Institute for Theoretical Physics appoints new director »  
(L'Institut Péricimètre de physique théorique a un nouveau directeur)  
*The Globe and Mail*, le 1<sup>er</sup> mars 2019
- « The physics of Kawhi Leonard's game-winning shot »  
(La physique du tir gagnant de Kawhi Leonard)  
*The National*, CBC, le 13 mai 2019
- « In Einstein's Unfinished Revolution, author Lee Smolin argues it's time for realism to reassert itself at the core of physics »  
(Dans *La révolution inachevée d'Einstein*, l'auteur Lee Smolin dit qu'il est temps que le réalisme réaffirme sa place au cœur de la physique)  
*The Globe and Mail*, le 14 juin 2019
- « How Canadian astronomy made the black hole photo possible »  
(Comment l'astronomie canadienne a rendu possible la photo d'un trou noir)  
*Quirks & Quarks*, CBC, le 12 avril 2019
- « Robert Myers named as new director of the Perimeter Institute for Theoretical Physics »  
(Robert Myers devient le nouveau directeur de l'Institut Péricimètre de physique théorique)  
*Physics World*, le 28 février 2019
- « The secret of dark matter could be a particle the size of a planet »  
(Le secret de la matière sombre pourrait être une particule aussi grosse qu'une planète)  
*New Scientist*, le 29 mai 2019
- « Perimeter Public Lecture: A pioneering female physicist on discovering a new kind of star »  
(Conférence publique de l'Institut Péricimètre : une pionnière de la physique parle de la découverte d'une nouvelle sorte d'étoile)  
*Maclean's*, le 24 octobre 2018

## CONFÉRENCES PUBLIQUES

« La série de conférences publiques me donne la chance, comme membre du grand public, de m'intéresser à la science d'aujourd'hui et de mieux connaître le monde qui nous entoure. » [traduction]

– Personne présente à une conférence publique de l'Institut Périmètre

Avec des exposés captivants sur des sujets scientifiques variés allant de la découverte des pulsars à la prise d'images de trous noirs, la série de conférences publiques de l'Institut Périmètre a continué d'enthousiasmer et d'informer le public.

Cette année, 9 conférences ont été présentées à guichets fermés ainsi qu'à des publics en ligne de plus en plus nombreux. Plus de 78 000 personnes ont suivi les conférences en direct, et les conférences de 2018-2019 ont fait l'objet de plus de 546 000 visionnements.

Ces conférences ont des effets réels : 97 % des répondants à un sondage ont dit qu'elles les ont amenés à en apprendre davantage. « Je tiens à remercier l'Institut Périmètre, parce que ses conférences et ses activités de vulgarisation m'ont instruit et ont stimulé mes enfants » [traduction], a déclaré l'un des répondants, dont les enfants ont fait des études postsecondaires en informatique et en génie nanotechnologique.

BMO pour elles a commandité les 4 conférences publiques prononcées par des femmes en 2018-2019.



Jocelyn Bell Burnell

## ACTIVITÉS CULTURELLES

Les activités culturelles de l'Institut Périmètre stimulent l'esprit et l'imagination – pour nos scientifiques résidents et la collectivité de la région.

En 2018-2019, la série de concerts classiques de l'Institut a permis d'assister à des performances captivantes de la violoniste Leila Josefowicz avec le pianiste John Novacek, du violoncelliste Jonathan Roozeman, du pianiste David Fray, ainsi que de l'ensemble vocal Schola Antiqua de Chicago. L'Institut Périmètre a également été le théâtre d'installations et de performances d'artistes tels que le musicien canadien Ron Sexsmith et le marionnettiste italien Massimo Shuster.

La série de concerts classiques de l'Institut Périmètre est soutenue par le Fonds Musagetes de la Fondation communautaire de Kitchener-Waterloo.

Leila Josefowicz



# DÉVELOPPEMENT DE L'INSTITUT

## ACCOMPLIR SA MISSION

*« C'est la réputation mondiale de l'Institut Périmètre qui a d'abord attiré mon attention. Sa démarche en tant qu'incubateur de l'innovation et sa mission de découvrir les secrets de l'univers pour le bien de l'humanité a capté mon imagination. Mais c'est la création du Fonds Emmy-Noether pour talents émergents – consacré au développement des femmes et des jeunes en physique – qui a gagné mon cœur et mon soutien indéfectible. » [traduction]*

*– Anne-Marie Canning, philanthrope de Toronto et donatrice au Fonds Emmy-Noether pour talents émergents*

L'Institut Périmètre bénéficie de l'appui des gouvernements du Canada et de l'Ontario, ainsi que d'un nombre croissant de donateurs du secteur privé, canadiens et autres. Ensemble, nous visons à former le meilleur institut de physique théorique au monde.

Nos partenaires gouvernementaux et privés comprennent que la physique théorique constitue un investissement peu coûteux et à fort impact dans la science, la technologie et l'avenir. Des percées en physique théorique peuvent révolutionner la société – de l'informatique quantique à la recherche pharmaceutique, en passant par l'apprentissage automatique et la médecine de précision.

L'exercice 2018-2019 a été pour l'Institut Périmètre la 2<sup>e</sup> année d'ententes de financement, chacune de 50 millions de dollars sur 5 ans, avec les gouvernements de l'Ontario et du Canada. Ces investissements prolongent un partenariat essentiel pour le succès constant de l'Institut, et contribuent à faire de l'Ontario et du Canada un pôle mondial de premier plan en physique théorique.

En 2018-2019, des individus, des entreprises et des fondations se sont engagés à faire des dons totalisant 21 millions de dollars. Mentionnons des engagements sur plusieurs années de la Fondation de bienfaisance de la famille Riddell, de la Fondation Krembil et de Gluskin Sheff + Associates. *Friends of Perimeter Institute* (Amis de l'Institut Périmètre), établi aux États-Unis en vertu de l'article 501(c)(3), fait des progrès au cours de sa 2<sup>e</sup> année depuis l'obtention du statut d'organisme de bienfaisance public et pourrait connaître une croissance soutenue dans les années à venir. L'Institut a recueilli jusqu'à maintenant 52 millions de dollars, sur un objectif de 100 millions pour sa campagne de financement privé.

Le modèle de financement de l'Institut Périmètre doit son succès à sa conception visionnaire qui réunit des partenaires des secteurs public et privé qui partagent les occasions, les bénéfices et les responsabilités d'un investissement à long terme dans la recherche fondamentale. L'Institut Périmètre est maintenant considéré comme l'un des plus grands instituts de physique théorique au monde, à l'une des périodes les plus enthousiasmantes de l'histoire de ce domaine.

## APPUIS À LA VISION DE L'INSTITUT

L'Institut Périmètre exprime sa reconnaissance envers les personnes et organismes ci-dessous, qui ont donné au moins 100 000 \$ depuis 2014. Ils s'ajoutent à Mike Lazaridis, le principal donateur fondateur de l'Institut Périmètre. Ces généreux dons ont permis à notre campagne de financement privé de dépasser la moitié de son objectif de 100 millions de dollars, avec 52 millions de dollars d'engagements à ce jour.

Anonyme (1)  
Groupe financier BMO  
Gary Brown  
Anne-Marie Canning  
Cenovus Energy  
Coril Holdings Ltée  
Fondation Cowan  
Joanne Cuthbertson et Charlie Fischer  
Fondation Famille-Daniel  
Famille Delaney  
Fondation de bienfaisance  
Ira-Gluskin-et-Maxine-Granovsky-Gluskin

Gluskin Sheff + Associates inc.  
Fondation familiale de Peter  
et Shelagh Godsoe  
Fondation Scott-Griffin  
Fondation Krembil  
Linamar Corporation  
Maplesoft  
Famille Marsland  
Pattison Outdoor Advertising  
Power Corporation du Canada  
Fondation RBC  
Fondation de bienfaisance de la famille Riddell

Banque Scotia  
Michael Serbinis et Laura Adams  
Shaw Communications  
Fondation Simons  
Fondation Stavros-Niarchos  
Financière Sun Life inc.  
Fondation John-Templeton  
Neil Turok  
Famille de Scott A. et Sherry Vanstone  
Mac Van Wielingen, Fondation Viewpoint



## CONSEIL D'ORIENTATION DE L'INSTITUT PÉRIMÈTRE

### Joanne Cuthbertson, coprésidente

Membre du conseil d'administration, Institut Périmètre  
Chancelière émérite, Université de Calgary

### Patrice Merrin, coprésidente

Membre du conseil d'administration, Institut Périmètre  
Administratrice, Glencore Plc, Kew Media Group et Samuel, Son & Co.

### Susan Baxter

Vice-présidente, RBC Gestion de patrimoine, Groupe financier RBC

### Donald W. Campbell

Conseiller stratégique principal, DLA Piper

### Harbir Chhina

Vice-président directeur et directeur de la technologie,  
Cenovus Energy

### Catherine Delaney

Présidente, C.A. Delaney Capital Management Itée

### Edward Goldenberg

Associé, cabinet d'avocats Bennett Jones

### Carol Lee

Directrice générale et cofondatrice, Linacare Cosmethery inc.

### Brad Marsland

Vice-président, Marsland Centre Itée

### Jennifer Scully-Lerner

Vice-présidente, Goldman Sachs  
Coprésidente, Conseil Emmy-Noether, Institut Périmètre

### Trevin Stratton

Économiste en chef, Chambre de commerce du Canada

### Alfredo Tan

Directeur des systèmes numériques et de l'innovation, WestJet

## UN MOMENT MARQUANT

En plein milieu d'une journée de travail occupée, Ian Delaney a – événement rare – mis une communication d'affaires en attente. Mais l'équipe du télescope EHT (*Event Horizon Telescope* – Télescope Horizon des événements) s'apprêtait à faire une annonce importante, et il ne voulait pas manquer cela.

Ian Delaney est président de Westaim Corporation et de Ontario Air Ambulance Services Co. Depuis 2 ans, la Fondation de la famille Delaney appuie les recherches d'Avery Broderick en finançant la chaire Famille-Delaney-John-Archibald-Wheeler de physique théorique. De plus, Catherine (Kiki) Delaney, l'épouse d'Ian, est membre du conseil d'orientation de l'Institut Périmètre depuis 2010.

Lorsque l'équipe du télescope EHT a dévoilé au monde la première image jamais produite d'un trou noir, Avery Broderick était l'un des

dirigeants représentant l'équipe sur le podium, décrivant aux médias du monde réunis ce jour-là le rôle de son équipe dans cette réalisation historique.

Ce fut un moment exaltant. « Cela confirme une fois de plus pourquoi l'Institut Périmètre existe et comment il fonctionne, a déclaré M. Delaney. C'est un modèle fantastique pour le Canada ». Ian Delaney est convaincu que cette image – un exploit remarquable en soi – sera aussi un point de départ d'autres percées scientifiques.

« Ma famille croit fermement au concept novateur de l'Institut Périmètre. Cette contribution canadienne est spectaculaire. »

[traduction]

Avery Broderick, Catherine Delaney et Ian Delaney



# MERCI À CEUX QUI NOUS SOUTIENNENT

*Des donateurs publics et privés toujours plus nombreux ont contribué à faire de l'Institut Périmètre ce qu'il est aujourd'hui : un chef de file mondial de la recherche fondamentale, de la formation scientifique et de la diffusion des connaissances. Nous exprimons notre profonde reconnaissance à tous ceux qui nous soutiennent.*

## FONDS DE DOTATION

### FONDATEUR (150 millions de dollars et plus)

Mike Lazaridis

### 25 millions de dollars et plus

Doug Fregin

### 10 millions de dollars et plus

Jim Balsillie

## PARTENAIRES GOUVERNEMENTAUX

Gouvernement du Canada

Gouvernement de l'Ontario

## DOTATIONS PARTICULIÈRES

Chaire Groupe-financier-BMO-Isaac-Newton de physique théorique (4 millions de dollars)

Chaire Fondation-Stavros-Niarchos-Aristarque de physique théorique (4 millions de dollars)

Bourse de la Fondation familiale de Peter et Shelagh Godsoe pour jeune talent exceptionnel (1 million de dollars)

## DONS MAJEURS POUR LA RECHERCHE À L'INSTITUT PÉRIMÈTRE

Centre de recherches de l'Institut Périmètre sur l'univers (5 millions de dollars)\*

Chaire Mike-et-Ophelia-Lazaridis-Niels-Bohr de physique théorique (4 millions de dollars)

Chaire Krembil-Galilée de physique théorique (4 millions de dollars)

Chaire Krembil-William-Rowan-Hamilton de physique théorique (4 millions de dollars)

Chaire Gluskin-Sheff-Onex-Freeman-Dyson de physique théorique (2 millions de dollars)

Chaire Clay-Riddell-Paul-Dirac de physique théorique (1 million de dollars)

Chaire Coril-Holdings-Archimède de physique théorique (à titre de chercheur invité) (1 million de dollars)

Chaire Famille-Daniel-P.-James-E.-Peebles de physique théorique (1 million de dollars)

Chaire Famille-Delaney-John-Archibald-Wheeler de physique théorique (500 000 \$)

Chaire Cenovus-Energy-James-Clerk-Maxwell (à titre de chercheur invité)

\* Donateur anonyme

## PARTENAIRES COMMANDITAIRES (100 000 \$ ET PLUS)

Cenovus Energy, en appui au programme de chaires de chercheur invité distingué

Maplesoft, promoteur de la diffusion des connaissances par l'Institut Périmètre

Power Corporation du Canada, supporteur d'*EinsteinPlus* et du réseau des enseignants de l'Institut Périmètre

Groupe financier RBC, partenaire principal, École d'été internationale pour jeunes physiciens et physiciennes

Mike Serbinis et Laura Adams, en appui au programme d'été de physique théorique pour étudiants de 1<sup>er</sup> cycle

## CERCLE DES ACCÉLÉRATEURS

### (50 000 \$ ET PLUS)

Fondation Cowan

Robert et Pearl Radnitz\*\*

Mac Van Wielingen, Fondation Viewpoint

## BOURSES (35 000 \$ ET PLUS)

Bourse Anaximandre de la Fondation familiale Savvas-Chamberlain

Bourse d'études supérieures Joanne-Cuthbertson-et-Charlie-Fischer

Bourse Anaximandre de la Fondation du patrimoine hellénique

Bourse PSI honorifique de Brad et Kathy Marsland

Bourse PSI honorifique de Margaret et Larry Marsland



## CERCLE DES DIRECTEURS (DE 10 000 \$ À 49 999 \$)

### 25 000 \$ et plus

Fonds communautaire Bosch,  
au nom d'ESCRYPT au Canada

Robin et Robert Ogilvie

Toyota Motor Manufacturing Canada (TMMC)

### 10 000 \$ et plus

Denise et Terry Avchen,  
Environmental Research Advocates

The Boardwalk

Mary et Ted Brough

Fondation communautaire de Kitchener-Waterloo

– Fonds de la famille McMurtry

– Fonds Musagetes

– Fonds de la famille Pollock

Fondation communautaire d'Ottawa

Fondation familiale de Donald et Eleanor Seaman

Brian Sullivan

Fondation TRH

Alex White

## AMIS (JUSQU'À 9 999 \$)

### 5 000 \$ et plus

Jerome Bolce

Fondation familiale  
Savvas-Chamberlain

Harbir et  
Monica Chhina

Michael Duschenes

Renée Schingh  
et Robert Myers

... plus 1 donateur  
anonyme

### 2 500 \$ et plus

Don Campbell

Goldman Sachs\*\*

Michael Horgan

Robert Korhals  
et Janet Charlton

John Matlock

Jennifer

Scully-Lerner\*\*

### 1 000 \$ et plus

Debbie et Ian Adare

John Attwell

Famille Breunsbach\*\*

Douglas Brock

David Cook

Ben et Mona Davies

J. DesBrisay  
et M. Cannell

Greg Dick

Edward Goldenberg

Ed Kernaghan

Leslie McCarley

ODC Tooling & Molds,  
en mémoire de

Leejay Julius Levene

Zoltan Petrany

W. Michael Roche

Steve Woods

... plus 6 donateurs  
anonymes

### De 250 \$ à 999 \$

Rick et Tricia Barfoot

Jeremy Bell et

Sunny Tsang

Mike Birch

Caroline Cathcart

René et Janet Couture

Gheorghe  
Curelet-Balan

Leslie Dickie

Matt Douglas

Jane G. Hill

Colin Hunter

Kate Inglis

Nagaraja D Srinivas  
Jonnavittula

Jane E. Kay

Sheri et David Keffer

Chandra et  
Wendy Kudsia

D'Arcy et

Catherine Little

Mario C. Lourenco

Stefan et

Shani Pregelj

L. Elizabeth Quinn

Nem Radenovic

Neil Steven Rieck

Duncan Shaw

John et Bridget

Tielemans

Dale Vaillencourt

Jacqueline Watty

Nancy Wong

John Yee

... plus 15 donateurs  
anonymes

149 donateurs ont fait  
une contribution de  
moins de 250 \$.

## CERCLE EMMY-NOETHER

*Emmy Noether a été une brillante scientifique dont les travaux sous-tendent une grande partie de la physique moderne. Financées par les donateurs du Cercle Emmy-Noether, les initiatives Emmy-Noether de l'Institut Périmètre appuient et encouragent les femmes en sciences.*

### DONATEUR FONDATEUR

Fonds de fiducie communautaire Bluma-Appel

### DONS MAJEURS

Programme de bourses Simons-Emmy-Noether de  
l'Institut Périmètre (600 000 \$)

### 100 000 \$ et plus

Anne-Marie Canning

Linamar Corporation

Scott Vanstone, Ph.D., Sherry Vanstone et leur famille

### 25 000 \$ et plus

Andrew et Lillian Bass

BMO pour elles

Patrice E. Merrin

### 10 000 \$ et plus

Burgundy Asset Management Itée

Jane Kinney et Christian Bode

### 5 000 \$ et plus

Mark Caplan et Claire Angus

Dorian Hausman

### 2 500 \$ et plus

Heather et John Clark

### 1 000 \$ et plus

Andrea Grimm

Beth Horowitz et Pat Munson

Laura Reinholz et Tony Fedun

### De 250 \$ à 999 \$

Sylvia Anstey

Mary Ann Burrows et Luke Hohenadel

Lisa Lyons Johnston

Douglas Mortley-Wood

Kim Tremblay

... plus 2 donateurs anonymes

## DONS COMMÉMORATIFS

Carolyn Crowe Ibele, en mémoire de Richard A. Crowe, Ph.D.

## DONS COMMÉMORATIFS

Margaret Tovell, en mémoire de David Tovell

\*\* Supporteur de Friends of Perimeter Institute (Amis de l'Institut Périmètre), organisme de bienfaisance établi aux États-Unis en vertu de l'article 501(c)(3), qui se consacre à la promotion et au soutien de l'éducation, de la recherche et de programmes qui augmentent les connaissances et la compréhension du public en physique théorique.

La liste ci-dessus correspond aux dons reçus entre le 1<sup>er</sup> août 2018 et le 31 juillet 2019, ainsi qu'aux engagements sur plusieurs années de 50 000 \$ et plus.

Numéro d'enregistrement d'organisme de bienfaisance : 88981 4323 RR0001

## GOVERNANCE

L'Institut Péricètre est une société de bienfaisance à but non lucratif indépendante, régie par un conseil d'administration bénévole composé de membres issus du secteur privé et du milieu universitaire. Ce conseil est l'autorité suprême pour toutes les questions liées à la structure générale et au développement de l'Institut.

La planification financière, la comptabilité et la stratégie de placement relèvent du comité de gestion des placements ainsi que du comité des finances et de l'audit. Le conseil d'administration forme également d'autres comités, selon les besoins, pour l'aider à exercer ses fonctions.

Relevant du conseil d'administration, le directeur général de l'Institut est un scientifique éminent chargé d'établir et de mettre en œuvre l'orientation stratégique globale de l'Institut. Le directeur administratif et chef de l'exploitation relève du directeur général et est responsable du fonctionnement quotidien de l'établissement. Il est soutenu dans sa tâche par une équipe de cadres administratifs.

Les chercheurs résidents de l'Institut Péricètre jouent un rôle actif dans la gestion opérationnelle des activités scientifiques de l'Institut, en participant à différents comités chargés des programmes scientifiques. Les présidents de ces comités relèvent du président du corps professoral, qui assiste le directeur général de l'Institut en ce qui concerne la révision des programmes, le recrutement et l'accès à la permanence.

Composé de scientifiques de renommée internationale, le comité consultatif scientifique est un corps d'examen et un organe consultatif indépendant. Il fournit un appui crucial en vue de l'atteinte des objectifs stratégiques de l'Institut, notamment en matière de recrutement.

## MEMBRES DU CONSEIL D'ADMINISTRATION

**Mike Lazaridis**, O.C., O.Ont., FRS, MSRC  
Président du conseil  
Fondateur de l'Institut Péricètre  
Associé directeur et cofondateur, Quantum Valley Investments

**Cosimo Fiorenza**  
Vice-président du conseil  
Membre fondateur du conseil d'administration de l'Institut Péricètre  
Vice-président et avocat-conseil, Quantum Valley Investments

**Amit Chakma**  
Recteur émérite, Université Western

**Joanne Cuthbertson**, O.C.  
Chancelière émérite, Université de Calgary  
Coprésidente du conseil d'orientation de l'Institut Péricètre

**Michael Horgan**  
Conseiller principal, cabinet d'avocats Bennett Jones

**Jane Kinney**  
Vice-présidente à la retraite, Deloitte

**Patrice Merrin**  
Administratrice, Glencore Plc, Kew Media Group et Samuel, Son & Co.  
Coprésidente du conseil d'orientation de l'Institut Péricètre

**Jeff Moody**  
PDG, Gluskin Sheff + Associates inc.

**Michael Serbinis**  
Fondateur et PDG, League inc.

Nous remercions **John Reid**, membre fondateur du conseil d'administration de l'Institut Péricètre, qui s'est retiré le 31 décembre 2018 après avoir servi pendant 19 ans au sein du conseil.

*Les biographies des membres du conseil d'administration sont accessibles (en anglais) à l'adresse*

[www.perimeterinstitute.ca/fr/people/board-directors](http://www.perimeterinstitute.ca/fr/people/board-directors).



## MEMBRES DU COMITÉ CONSULTATIF SCIENTIFIQUE

**Gabriela González**  
Présidente du comité  
Université d'État de Louisiane

**Steve Carlip**  
Université de la Californie à Davis

**Katherine Freese**  
Université du Texas à Austin

**David B. Kaplan**  
Université de l'État de Washington

**Ramesh Narayan**  
Université Harvard

Nous remercions **Barbara Terhal** (Université de technologie de Delft) et **Shamit Kachru** (Université Stanford), qui ont tous deux terminé en avril 2019 leur mandat au sein du comité consultatif scientifique.

## HAUTS DIRIGEANTS

**Robert C. Myers**  
Directeur

**Michael Duschenes**  
Directeur administratif et chef de l'exploitation

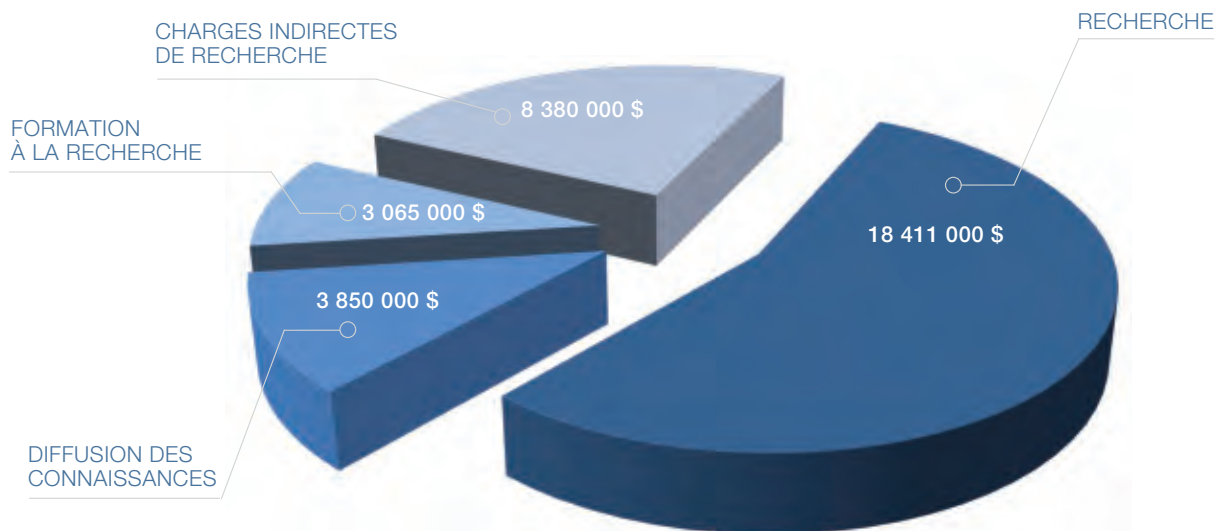
**Luis Lehner**  
Président du corps professoral



# FINANCES

## SOMMAIRE DES CHARGES DE FONCTIONNEMENT (voir la page 48)

Pour l'exercice terminé le 31 juillet 2019



### Recherche

Faire progresser notre compréhension de l'univers au niveau le plus fondamental demeure la principale raison d'être de l'Institut Péricètre. Pour accomplir sa mission, l'Institut a continué d'investir dans la création d'un milieu de recherche favorisant les percées scientifiques, en augmentant le nombre de chercheurs résidants. Même si l'Institut compte peu de chercheurs par rapport à une université, leur impact est énorme. En 2018-2019, les investissements de l'Institut Péricètre en recherche ont augmenté de plus de 10 % par rapport à l'année précédente, conformément aux objectifs de croissance.

### Formation à la recherche

Au cours de la dernière année, l'Institut Péricètre a continué d'offrir des programmes innovateurs de formation à la recherche tels que le programme de maîtrise PSI (*Perimeter Scholars International* – Boursiers internationaux de l'Institut Péricètre), le programme de doctorat et le programme d'adjoints diplômés invités, qui ont tous attiré de jeunes scientifiques. En plus de former la prochaine génération de grands physiciens, ces programmes de fort calibre leur permettent d'acquérir des compétences des plus utiles de résolution de problèmes, de pensée critique et de collaboration. Les sommes consacrées à ces programmes sont demeurées importantes et comparables à celles de l'année précédente, avec une augmentation de 2 %.

### Diffusion des connaissances et communications scientifiques

Le programme de classe mondiale de diffusion des connaissances de l'Institut Péricètre s'appuie sur le principe de l'effet de levier : l'Institut forme des enseignants pour qu'ils forment des élèves. Ces enseignants font connaître les merveilles et les mystères de l'univers ainsi que l'importance des percées scientifiques. Avec la conclusion de certains programmes financés de manière spécifique, les dépenses de l'Institut dans ce domaine ont diminué par rapport à l'année précédente. Néanmoins, grâce à l'efficacité de l'effet de levier, l'Institut a continué d'avoir une influence importante auprès des élèves, des enseignants et du grand public, au moyen d'un ensemble de programmes, produits et outils de communication stimulants.

### Charges indirectes de recherche et de fonctionnement

Les charges indirectes de recherche et de fonctionnement comprennent les coûts des activités centrales de soutien, notamment l'administration, le développement de l'Institut, la technologie de l'information et les installations. L'Institut Péricètre continue de chercher à être le plus efficace possible et de demeurer un institut de recherche de classe mondiale en investissant la majorité de ses fonds dans son mandat fondamental de recherche, de formation et de diffusion des connaissances. En 2018-2019, les charges indirectes de recherche et de fonctionnement ont constitué un peu moins de 25 % des dépenses totales de l'Institut, ce qui correspond à la moyenne historique en la matière.

## PRODUITS

La campagne de collecte de fonds de l'Institut PÉRIMÈRE auprès du secteur privé a continué de connaître beaucoup de succès, apportant plus de 3 millions de dollars à l'appui du fonctionnement de l'Institut, et les subventions de recherche octroyées par des fondations privées ont dépassé le million de dollars. Entre-temps, les gouvernements fédéral et provincial ont continué de fournir des fonds conformément aux termes des accords de subvention. Au cours de l'exercice précédent, la réception hâtive de certaines contributions fédérales s'est traduite par des produits supplémentaires. Les investissements majeurs et constants des gouvernements du Canada et de l'Ontario montrent que l'Institut PÉRIMÈRE en vaut la peine et qu'il rapporte beaucoup à ses partenaires publics.

## SITUATION FINANCIÈRE

(voir la page 47)

La situation financière de l'Institut PÉRIMÈRE continue d'être très solide. Son fonds de dotation est géré de manière à procurer la meilleure stabilité financière à long terme possible, en préservant le capital tout en fournissant un apport stable de fonds à l'appui de l'exécution et de l'accélération du mandat de l'Institut.

Les investissements de l'Institut PÉRIMÈRE comprennent des titres canadiens, des titres étrangers, des titres à revenu fixe et d'autres placements spécifiques conformes aux objectifs de l'Institut en matière de risque et de rendement. Cela permet d'accumuler des fonds privés afin de répondre aux besoins futurs de l'Institut et assure la souplesse à court terme voulue pour réagir aux occasions ciblées de recherche qui peuvent se présenter. Les placements en valeurs mobilières ont rapporté près de 2,5 % au cours de la dernière année.

## PLAN À LONG TERME

L'Institut PÉRIMÈRE doit son existence à des partenariats publics et privés coopératifs et très fructueux qui pourvoient aux activités courantes tout en préservant les possibilités futures.

Au 31 juillet 2019, l'Institut PÉRIMÈRE a terminé la 2<sup>e</sup> année d'ententes de financement, chacune de 50 millions de dollars sur 5 ans, avec les gouvernements fédéral et provincial, soit un financement total de 100 millions de dollars pour la période de 5 ans. Les engagements des gouvernements sur plusieurs années dont l'Institut PÉRIMÈRE bénéficie depuis sa fondation témoignent d'une étroite collaboration de l'Institut avec ses partenaires publics et montrent que l'Institut PÉRIMÈRE constitue un excellent investissement stratégique pour les gouvernements.

En plus de l'appui du secteur public, l'Institut PÉRIMÈRE est constamment à la recherche de moyens innovateurs d'accroître ses sources de fonds privés. Selon les désirs des donateurs, les sommes provenant du secteur privé servent à assumer des charges d'exploitation ou sont placées dans un fonds de dotation conçu pour maximiser la croissance et réduire le plus possible les risques. Le rendement des placements est toutefois susceptible de varier et est assujéti à la situation économique. Sous la direction du comité de gestion des placements, les fonds sont investis conformément aux politiques et procédures de placement approuvées par le conseil d'administration.





## RAPPORT DES AUDITEURS INDÉPENDANTS SUR LES ÉTATS FINANCIERS RÉSUMÉS

À l'attention du conseil d'administration  
de l'Institut Périmètre

### Opinion

Les états financiers résumés, qui comprennent l'état résumé de la situation financière au 31 juillet 2019, l'état résumé des résultats et l'évolution du solde des fonds pour l'exercice terminé à cette même date, ont été établis à partir des états financiers audités de l'Institut Périmètre (« l'Institut ») pour l'exercice terminé le 31 juillet 2019.

À notre avis, les états financiers résumés ci-joints constituent un résumé fidèle des états financiers audités, établi conformément aux méthodes élaborées par la direction, qui consistent à supprimer l'état des flux de trésorerie, à conserver les principaux sous-totaux et totaux ainsi que les données comparatives, et à conserver les renseignements contenus dans les états financiers audités à propos de questions ayant un effet généralisé ou important sur les états financiers résumés.

### États financiers résumés

Les états financiers résumés ne contiennent pas toutes les informations requises selon les normes comptables canadiennes pour les organismes à but non lucratif. Par conséquent, la lecture des états financiers résumés ne peut remplacer la lecture des états financiers audités de l'Institut.

### États financiers audités et notre opinion à leur sujet

Dans notre rapport daté du 5 décembre 2019, nous avons exprimé une opinion sans réserve sur les états financiers audités. Ces états financiers, de même que les états financiers résumés ci-joints, ne tiennent pas compte d'événements survenus après la date de notre rapport sur les états financiers audités.

### Responsabilité de la direction à l'égard des états financiers résumés

La direction est responsable de la préparation d'un résumé des états financiers audités conformément aux méthodes élaborées par la direction, qui consistent à supprimer l'état des flux de trésorerie, à conserver les principaux sous-totaux et totaux ainsi que les données comparatives, et à conserver les renseignements contenus dans les états financiers audités à propos de questions ayant un effet généralisé ou important sur les états financiers résumés.

### Responsabilité de l'auditeur

Notre responsabilité consiste à exprimer une opinion sur le fait que les états financiers résumés constituent ou non un résumé fidèle des états financiers audités, d'après nos procédures, qui sont conformes à la Norme canadienne d'audit 810, *Missions visant la délivrance d'un rapport sur des états financiers résumés*.

### Divers

Les états financiers audités de l'Institut sont disponibles sur demande adressée à l'Institut.

Toronto (Ontario)  
Le 5 décembre 2019

Comptables agréés  
Experts-comptables autorisés



## INSTITUT PÉRIMÈTRE

État résumé de la situation financière  
au 31 juillet 2019

	2019	2018
<b>ACTIF</b>		
Actif à court terme :		
Trésorerie et équivalents	23 923 000 \$	16 881 000 \$
Placements	338 050 000	342 928 000
Subventions à recevoir	126 000	3 442 000
Autre actif à court terme	759 000	679 000
	<u>362 858 000</u>	<u>363 930 000</u>
 Immobilisations	 40 786 000	 42 046 000
 TOTAL DE L'ACTIF	 <u>403 644 000 \$</u>	 <u>405 976 000 \$</u>
 <b>PASSIF ET SOLDE DES FONDS</b>		
Passif à court terme :		
Comptes créditeurs et autre passif à court terme	1 850 000 \$	1 294 000 \$
TOTAL DU PASSIF	<u>1 850 000</u>	<u>1 294 000</u>
 Solde des fonds :		
Investis dans les immobilisations	40 692 000	41 948 000
Grevés d'affectations d'origine externe	17 396 000	56 567 000
Grevés d'affectations d'origine interne	343 006 000	305 441 000
Non grevés	700 000	726 000
	<u>401 794 000</u>	<u>404 682 000</u>
 SOLDE TOTAL DES FONDS	 <u>403 644 000 \$</u>	 <u>405 976 000 \$</u>

## INSTITUT PÉRIMÈTRE

État résumé des résultats et du solde des fonds  
pour l'exercice terminé le 31 juillet 2019

	<b>2019</b>	<b>2018</b>
<b>Produits</b>		
Subventions gouvernementales	22 192 000 \$	29 383 000 \$
Dons	3 293 000	6 424 000
Autres produits	1 325 000	1 086 000
	<u>26 810 000</u>	<u>36 893 000</u>
<b>Charges</b>		
Recherche	18 411 000	16 466 000
Formation à la recherche	3 065 000	2 996 000
Diffusion des connaissances et communications scientifiques	3 850 000	4 880 000
Charges indirectes de recherche et de fonctionnement	8 380 000	8 068 000
	<u>33 706 000</u>	<u>32 410 000</u>
Excédent des produits par rapport aux charges (des charges par rapport aux produits) avant amortissement, gain sur la disposition d'immobilisations et produits (perte) de placement	(6 896 000)	4 483 000
Amortissement	(2 563 000)	(2 747 000)
Produits de placement	<u>6 571 000</u>	<u>28 608 000</u>
Excédent des produits par rapport aux charges	(2 888 000)	30 344 000
Solde des fonds au début de l'exercice	404 682 000	374 338 000
Solde des fonds à la fin de l'exercice	<u>401 794 000</u> \$	<u>404 682 000</u> \$

# ANNEXES

## PROFESSEURS À PLEIN TEMPS

**Robert Myers** (Ph.D., Université de Princeton, 1986) est directeur de l'Institut Péricône et titulaire de la chaire Groupe-financier-BMO-Isaac-Newton de physique théorique. Né à Deep River, en Ontario, il a été l'un des membres fondateurs du corps professoral de l'Institut en 2001, directeur scientifique en 2007 et 2008, président du corps professoral de 2011 à 2018, puis est devenu directeur en 2019. Avant de se joindre à l'Institut Péricône, il a été professeur de physique à l'Université McGill. Les recherches de M. Myers portent sur des questions fondamentales concernant la physique quantique et la gravitation. Ses contributions scientifiques couvrent une grande variété de domaines, allant de la théorie quantique des champs à la cosmologie, en passant par la physique de la gravitation et les trous noirs. Plusieurs de ses découvertes, notamment l'« effet Myers » et la « cosmologie de la dilatation linéaire », ont joué un rôle important dans l'ouverture de nouvelles avenues de recherche. Ses travaux actuels mettent l'accent sur l'interaction entre l'intrication quantique et la géométrie de l'espace-temps, de même que sur l'application de nouveaux outils d'informatique quantique à l'étude de la gravitation quantique. Il a reçu de nombreuses distinctions, dont la médaille Herzberg de l'Association canadienne des physiciens et physiciennes (1999), le prix ACP-CRM de physique théorique et mathématique remis par l'Association canadienne des physiciens et physiciennes et le Centre de recherches mathématiques (2005), la médaille Vogt remise par l'Association canadienne des physiciens et physiciennes ainsi que TRIUMF (2012), la Médaille du jubilé de diamant de la reine Elizabeth II (2013) et le Prix d'ancien étudiant éminent de l'Université de Waterloo (2018). Il a été élu en 2006 membre de la Société royale du Canada. Robert Myers est reconnu comme l'un des scientifiques les plus influents au monde, ayant figuré plusieurs fois sur la liste de Thomson Reuters et Clarivate Analytics des chercheurs abondamment cités. Il a été membre du programme *Cosmologie et gravité* de l'Institut canadien de recherches avancées (1998-2017) et membre associé du programme *Extrême univers et gravité* (depuis 2017). Il a été membre de nombreux conseils consultatifs scientifiques, dont ceux de la Station internationale de recherche de Banff (2001-2005), de l'Institut Kavli de physique théorique (2012-2016), de l'Institut de physique théorique William-L.-Fine (depuis 2015) et de l'Institut Max-Planck de physique gravitationnelle (depuis 2018). Il a en outre été membre du comité de rédaction des revues *Annals of Physics* (2002-2012) et *Journal of High Energy Physics* (depuis 2007). M. Myers demeure actif comme professeur et comme directeur de recherche d'étudiants diplômés dans le cadre de son poste de professeur auxiliaire au Département de physique et d'astronomie de l'Université de Waterloo. Au cours de sa carrière, il a dirigé ou codirigé plus de 150 postdoctorants, doctorants et étudiants à la maîtrise, dont 48 sont professeurs dans diverses universités du monde, comme celles de Princeton, de Cambridge et d'Oxford.



**Asimina Arvanitaki** (Ph.D., Université Stanford, 2008) est titulaire de la chaire Fondation-Stavros-Niarchos-Aristarque de physique théorique de l'Institut Péricône, où elle est professeure depuis 2014. Elle a été auparavant chercheuse au Laboratoire national Lawrence-Berkeley de l'Université de la Californie à Berkeley (2008-2011) et à l'Institut de physique théorique de l'Université Stanford (2011-2014). Mme Arvanitaki est physicienne des particules et se spécialise dans la conception de nouvelles expériences pour mettre à l'épreuve des théories fondamentales au-delà du modèle standard. Ces expériences font appel aux développements les plus récents en métrologie, dont les horloges atomiques, ainsi qu'au piégeage et au refroidissement optiques d'objets macroscopiques. Elle a récemment inventé une expérience qui permet de rechercher dans la nature de nouvelles forces dépendant du spin, avec une précision sans précédent. Asimina Arvanitaki a également montré comment des trous noirs astrophysiques peuvent diagnostiquer la présence de nouvelles particules grâce au processus de superradiance, donnant des signatures détectables par le LIGO ou tout appareil futur de détection d'ondes gravitationnelles. En 2017, elle a été lauréate d'un prix *Nouveaux Horizons en physique* de la Fondation des Prix du progrès scientifique (*Breakthrough Prize Foundation*).



**Latham Boyle** (Ph.D., Université de Princeton, 2006) s'est joint au corps professoral de l'Institut Péricône en 2010. De 2006 à 2009, il a été boursier postdoctoral à l'Institut canadien d'astrophysique théorique et a été boursier junior de l'Institut canadien de recherches avancées. Ses recherches englobent la cosmologie, la physique fondamentale et la physique mathématique. En cosmologie, il a récemment proposé (avec Kieran Finn et Neil Turok) un nouveau modèle cosmologique, celui de l'« univers à symétrie CPT », selon lequel l'univers avant le Big Bang est l'image miroir de l'univers après le Big Bang selon la symétrie CPT (charge, parité, temps). Ce modèle explique clairement certaines caractéristiques observées de notre univers et fait quelques prédictions qui pourraient être testées dans des expériences à venir. En physique fondamentale, M. Boyle a développé (avec Shane Farnsworth) le domaine de la « géométrie non associative » et montré comment on peut l'utiliser pour réinterpréter le modèle standard de la physique des particules et prédire certaines extensions de ce modèle. En physique mathématique, il a élaboré (avec Kendrick Smith) la notion de « cristaux chorégraphiques » dont les éléments constitutifs exécutent une chorégraphie pouvant avoir une symétrie beaucoup plus riche que ce que révèle tout instantané de ces cristaux; il a trouvé (avec Paul Steinhardt) tous les analogues naturels (en 2 dimensions et plus) des fameux pavages de Penrose; et il a montré (avec Felix Flicker et Madeline Dickens) comment de proches cousins de ces pavages (qu'ils appellent des « quasicristaux conformes ») existent naturellement à la frontière de l'espace hyperbolique et sont liés à la notion d'holographie, qui joue un rôle central en physique des hautes énergies.





**Freddy Cachazo** (Ph.D., Université Harvard, 2002) est titulaire de la chaire Gluskin-Sheff-Onex-Freeman-Dyson de physique théorique de l'Institut Péricimètre, où il est professeur depuis 2005. M. Cachazo est l'un des plus grands experts mondiaux de l'étude et du calcul des amplitudes de diffusion dans les théories de jauge telles que la chromodynamique quantique et les théories de Yang-Mills supersymétriques  $N=4$ , ainsi que de la théorie de la gravitation d'Einstein. Il a reçu de nombreuses distinctions, dont la médaille Gribov de la Société européenne de physique (2009), la médaille commémorative Rutherford de physique de la Société royale du Canada (2011), la médaille Herzberg de l'Association canadienne des physiciens et physiciennes (2012), un prix *Nouveaux horizons en physique* de la Fondation des Prix de physique fondamentale (2014), ainsi que le prix ACP-CRM de physique théorique et mathématique remis par l'Association canadienne des physiciens et physiciennes et le Centre de recherches mathématiques (2016). En 2018, Freddy Cachazo a été choisi pour inaugurer la série de conférences de physique mathématique mise sur pied par le Centre de sciences et d'applications mathématiques de l'Université Harvard en l'honneur de Raoul Bott.



**Kevin Costello** (Ph.D., Université de Cambridge, 2003) s'est joint à l'Institut Péricimètre en août 2014, en provenance de l'Université Northwestern, où il était professeur depuis 2006. Il est titulaire de la chaire Fondation-Krembil-William-Rowan-Hamilton de physique théorique. M. Costello travaille sur les aspects mathématiques de la théorie quantique des champs et de la théorie des cordes. Il est l'auteur de *Renormalization and Effective Field Theory* (Renormalisation et théorie effective des champs), monographie innovatrice qui introduit de nouveaux et puissants outils mathématiques dans la théorie quantique des champs. Il est également co-auteur de l'ouvrage *Factorization Algebras in Quantum Field Theory* (Algèbres de factorisation en théorie quantique des champs). Entre autres distinctions, Kevin Costello a reçu une bourse de recherche Sloan, le prix Berwick de la Société mathématique de Londres et plusieurs subventions prestigieuses de la Fondation nationale des sciences des États-Unis. En 2018, il a été élu membre de la Société royale de Londres.



**Neal Dalal** (Ph.D., Université de la Californie à San Diego, 2002) s'est joint à l'Institut Péricimètre en octobre 2017, en provenance de l'Université de l'Illinois à Urbana-Champaign, où il était professeur adjoint depuis 2011. Auparavant, il avait été postdoctorant à l'Institut d'études avancées de Princeton et associé principal de recherche à l'Institut canadien d'astrophysique théorique. Ses recherches portent sur la physique fondamentale de la cosmologie, la structure de l'univers et la formation des galaxies. Neal Dalal a créé à partir de données cosmologiques plusieurs tests portant sur la nature de la matière sombre.



**Bianca Dittrich** (Ph.D., Institut Max-Planck de physique gravitationnelle, 2005) est devenue professeure à l'Institut Péricimètre en 2012. Auparavant, elle dirigeait le groupe de recherche Max-Planck sur la dynamique canonique et covariante de la gravitation quantique à l'Institut Albert-Einstein de Potsdam, en Allemagne. Ses recherches mettent l'accent sur l'élaboration et l'examen de modèles de gravitation quantique. Entre autres importantes découvertes, elle a mis au point un cadre de calcul d'observables invariants de jauge en relativité générale canonique, réalisé de nouvelles constructions de géométrie quantique et identifié des propriétés holographiques de la gravité indépendante du fond. Bianca Dittrich a reçu la médaille Otto-Hahn, remise par la Société Max-Planck à de jeunes scientifiques d'exception, ainsi qu'une bourse de nouveau chercheur du ministère de la Recherche et de l'Innovation de l'Ontario.



**William East** (Ph.D., Université de Princeton, 2013) s'est joint à l'Institut Péricimètre en 2016 à titre de boursier du directeur et est devenu membre du corps professoral en janvier 2018. Auparavant, il a été postdoctorant à l'Institut Kavli d'astrophysique des particules et de cosmologie de l'Université Stanford (2013-2016). M. East fait appel à des méthodes numériques et à l'informatique de haute performance pour étudier des phénomènes astrophysiques violents – tels que les fusions de trous noirs et les collisions d'étoiles denses – pour sonder la gravité extrême et de nouveaux volets de la physique fondamentale. Pour sa thèse, il a obtenu le prix Nicholas-Metropolis de la Société américaine de physique (2015) et le prix Jürgen-Ehlers de la Société internationale de la relativité générale et de la gravitation (2016).



**Laurent Freidel** (Ph.D., École normale supérieure de Lyon, 1994) s'est joint à l'Institut Péricimètre en 2002 à titre de chercheur invité, puis est devenu professeur à l'Institut en 2006. C'est un physicien mathématicien qui a fait de nombreuses contributions dignes de mention en gravitation quantique, dont l'élaboration de modèles de mousse de spin. Il a de plus introduit dans ce domaine plusieurs nouveaux concepts, comme ceux de théorie des groupes en théorie quantique des champs, de localité relative, ainsi que de théorie des métacordes et d'espace-temps modulaire. M. Freidel possède des connaissances très étendues dans bien des domaines, notamment la physique gravitationnelle, les systèmes intégrables, les théories des champs topologiques, les théories conformes bidimensionnelles, la théorie des cordes et la chromodynamique quantique. Il a occupé des postes à l'Université d'État de Pennsylvanie et à l'École normale supérieure de Lyon. Laurent Freidel est membre du Centre national de la recherche scientifique de France depuis 1995 et a reçu de nombreuses distinctions.



**Davide Gaiotto** (Ph.D., Université de Princeton, 2004) est professeur à l'Institut Péricimètre depuis 2012 et titulaire de la chaire Fondation-Krembil-Gallée de physique théorique. Auparavant, il a été postdoctorant à l'Université Harvard (2004-2007), puis membre à long terme de l'Institut d'études avancées de Princeton (2007-2012). M. Gaiotto travaille dans le domaine des champs quantiques à couplage fort et a réalisé plusieurs percées conceptuelles importantes. Il a obtenu la médaille Gribov de la Société européenne de physique (2011) et un prix *Nouveaux horizons en physique* de la Fondation des Prix de physique fondamentale (2013).

**Jaume Gomis** (Ph.D., Université Rutgers, 1999) est devenu professeur à l'Institut Péricètre en 2004, renonçant du même coup à une bourse de jeune chercheur européen qui lui avait été attribuée par la Fondation européenne de la science. Auparavant, il a travaillé à l'Institut de technologie de la Californie à titre de postdoctorant et de boursier principal Sherman-Fairchild. Ses domaines privilégiés de recherche sont la théorie des cordes, la théorie quantique des champs et la physique mathématique. M. Gomis a obtenu une bourse de nouveau chercheur du ministère de la Recherche et de l'Innovation de l'Ontario, pour un projet visant à mettre au point de nouvelles techniques de description des phénomènes quantiques en physique nucléaire et corpusculaire. En 2019, il a remporté le prix ACP-CRM de physique théorique et mathématique remis par l'Association canadienne des physiciens et physiciennes et le Centre de recherches mathématiques, pour ses apports à la théorie des cordes et aux théories de jauge fortement couplées.



**Daniel Gottesman** (Ph.D., Institut de technologie de la Californie, 1997) est professeur à l'Institut Péricètre depuis 2002. De 1997 à 2002, il a été postdoctorant au Laboratoire national de Los Alamos, à la Division de la recherche de Microsoft et à l'Université de la Californie à Berkeley (à titre de boursier CMI à long terme de l'Institut de mathématiques Clay). M. Gottesman est l'auteur de contributions majeures qui continuent de façonner le domaine de l'informatique quantique, grâce à son travail sur la correction d'erreurs quantiques et la cryptographie quantique. Il a publié plus de 50 articles qui ont fait l'objet de plus de 13 000 citations à ce jour. Il a également été élu membre de la Société américaine de physique et est scientifique principal chez Quantum Benchmark.



**Lucien Hardy** (Ph.D., Université de Durham, 1992) est devenu professeur à l'Institut Péricètre en 2002, après avoir occupé des postes de chercheur et d'enseignant dans diverses universités européennes, dont l'Université d'Oxford, l'Université *La Sapienza* de Rome, l'Université de Durham, l'Université d'Innsbruck et l'Université nationale d'Irlande. En 1992, il a trouvé une preuve très simple de la non-localité en physique quantique, aujourd'hui appelée *théorème de Hardy*. Il s'est intéressé à la caractérisation de la physique quantique sous forme de postulats opérationnels et a fourni des reformulations opérationnelles de la physique quantique et de la relativité générale, qui pourraient constituer un pas vers une théorie de la gravitation quantique. Il vient de proposer tout récemment le principe d'équivalence quantique, considéré comme un lien possible entre la théorie quantique des champs et la gravitation quantique.



**Yin-Chen He** (Ph.D., Université Fudan, 2014) s'est joint à l'Institut Péricètre en juillet 2018, en provenance de l'Université Harvard, où il était boursier postdoctoral Moore depuis 2016. Auparavant, il avait passé 2 ans comme postdoctorant à l'Institut Max-Planck de physique des systèmes complexes. C'est un chercheur dans le domaine de la matière condensée qui s'intéresse aux systèmes fortement corrélés, en particulier les liquides de spin, de même qu'aux systèmes critiques quantiques, à la théorie conforme des champs, aux états topologiques de la matière, à la théorie quantique des champs et aux simulations numériques.



**Timothy Hsieh** (Ph.D., Institut de technologie du Massachusetts, 2015) s'est joint à l'Institut Péricètre en mars 2018, en provenance de l'Institut Kavli de physique théorique de l'Université de la Californie à Santa Barbara, où il était boursier postdoctoral Moore depuis 2015. M. Hsieh travaille dans le domaine de la matière condensée et se spécialise dans les états exotiques de la matière dont les comportements physiques sont dictés par les structures mathématiques que l'on trouve en topologie. Il s'intéresse également aux matériaux quantiques, à l'intrication, de même qu'aux applications de systèmes quantiques synthétiques à la simulation quantique.



**Luis Lehner** (Ph.D., Université de Pittsburgh, 1998) a d'abord été professeur associé à l'Institut Péricètre en 2009, dans le cadre d'une nomination conjointe avec l'Université de Guelph. Il est devenu professeur à plein temps à l'Institut Péricètre en 2012, puis il a été vice-président du corps professoral de 2014 à 2017, avant de devenir président du corps professoral en mars 2018. Il avait été auparavant professeur à l'Université d'État de Louisiane (2002-2009). M. Lehner a reçu de nombreuses distinctions, dont le Prix d'honneur de l'Université nationale de Córdoba, en Argentine, une bourse de doctorat de la Fondation Mellon, le prix CGS/UMI pour une thèse exceptionnelle, de même que le prix Nicholas-Metropolis. Il a été boursier de l'Institut du Pacifique pour les sciences mathématiques (PIMS), boursier national de l'Institut canadien d'astrophysique théorique, ainsi que récipiendaire d'une bourse de recherche Sloan. Luis Lehner est actuellement membre élu de l'Institut de physique du Royaume-Uni et de la Société américaine de physique. Il est également membre de la Société internationale de la relativité générale et de la gravitation, ainsi que boursier principal du programme *Cosmologie et gravité* de l'Institut canadien de recherches avancées. Il est membre du conseil scientifique de l'Institut sudaméricain de recherche fondamentale du Centre international de physique théorique, ainsi que du conseil consultatif de l'Institut Kavli de physique théorique de l'Université de la Californie à Santa Barbara. Il est également le théoricien en résidence du Comité international des ondes gravitationnelles.



**Kendrick Smith** (Ph.D., Université de Chicago, 2007) est titulaire de la chaire Famille-Daniel-P.-James-E.-Peebles de physique théorique de l'Institut Péricètre, où il est professeur depuis 2012. Auparavant, il a été postdoctorant à l'Université de Princeton (2009-2012) et à l'Université de Cambridge (2007-2009). M. Smith est un cosmologiste actif dans les milieux de la théorie et de l'observation. Il est membre de plusieurs équipes d'expérimentateurs, notamment celle de l'expérience WMAP (*Wilkinson Microwave Anisotropy Probe* – Sonde d'anisotropie de micro-onde de Wilkinson) – qui a reçu le prix Gruber 2012 de cosmologie et le Prix du progrès scientifique (*Breakthrough Prize*) 2018 de physique fondamentale –, ainsi que des projets CHIME (*Canadian Hydrogen Intensity Mapping Experiment* – Expérience canadienne de cartographie de l'intensité de l'hydrogène) et Planck. Avec 2 collègues, il a reçu un prix *Nouveaux Horizons* en physique 2020. Il a obtenu plusieurs résultats importants, dont la première détection de l'effet lentillaire gravitationnel dans le rayonnement fossile (ou fonds diffus cosmologique). Kendrick Smith détient aussi un doctorat en mathématiques de l'Université du Michigan.





**Lee Smolin** (Ph.D., Université Harvard, 1979) est l'un des professeurs fondateurs de l'Institut Périclète. Auparavant, il a été professeur à l'Université Yale, à l'Université de Syracuse et à l'Université d'État de Pennsylvanie. Ses recherches portent surtout sur le problème de la gravitation quantique – où il a contribué à l'élaboration de la gravitation quantique à boucles. Ses contributions s'étendent toutefois sur de nombreux domaines, dont les fondements quantiques, la cosmologie, la physique des particules, la philosophie de la physique et l'économie. Il a publié 207 articles qui ont fait l'objet de plus de 11 741 citations à ce jour. Il a écrit 5 ouvrages non techniques et est co-auteur d'un livre sur la philosophie du temps. Entre autres distinctions, Lee Smolin a reçu le prix Majorana (2007), le prix commémoratif Klopsteg (2009) et le prix Buchalter de cosmologie (2014). Il a aussi été élu membre de la Société américaine de physique et de la Société royale du Canada.



**Robert Spekkens** (Ph.D., Université de Toronto, 2001) est devenu professeur à l'Institut Périclète en 2008, après avoir été titulaire d'une bourse internationale de la Société royale de Londres à l'Université de Cambridge. Il travaille dans le domaine des fondements de la physique quantique, où il est connu pour ses recherches sur l'interprétation de l'état quantique, le principe de non-contextualité, la nature de la causalité dans un monde quantique, de même que sur la caractérisation des propriétés de violation de symétrie et propriétés thermodynamiques d'états quantiques en tant que ressources. Robert Spekkens est corédacteur de l'ouvrage *Quantum Theory: Informational Foundations and Foils* (Physique quantique : fondements informationnels et théories de remplacement) et il dirige l'initiative *Inférence causale et fondements quantiques* de l'Institut Périclète. Il a reçu le prix Birkhoff-von-Neumann de l'Association internationale pour les structures quantiques en 2008, et a remporté en 2012 le 1<sup>er</sup> prix au concours d'essais de l'Institut FQXi (*Foundational Questions Institute*) pour son article intitulé *Questioning the Foundations: Which of Our Assumptions are Wrong?* (Remise en question des fondements : Lesquelles de nos hypothèses sont fausses?).



**Neil Turok** (Ph.D., Collège impérial de Londres, 1983) est directeur émérite et titulaire de la chaire Mike-et-Ophelia-Lazaridis-Niels-Bohr de l'Institut Périclète, où il dirige également le Centre de recherches sur l'univers. Auparavant, il a été professeur de physique à l'Université de Princeton et titulaire de la chaire de physique mathématique de l'Université de Cambridge. M. Turok est un chef de file reconnu de l'élaboration et de la mise à l'épreuve de théories de l'univers. Les prédictions de son équipe concernant les corrélations entre la polarisation et la température du rayonnement fossile (ou fonds diffus cosmologique) et celles du rayonnement de fond produit par l'énergie sombre ont été confirmées avec une grande précision. Il a lancé l'étude de nombreuses propositions théoriques, notamment les cordes cosmiques, les univers inflationnaires semblables à une bulle – fondements du système de multivers – et des modèles d'univers cyclique. Récemment, Neil Turok et ses collaborateurs ont élaboré une nouvelle démarche fondamentale de l'étude des intégrales de chemin, avec des applications allant de la cosmologie quantique à la physique des particules, en passant par la radioastronomie. Ils ont aussi proposé un nouveau modèle du cosmos – l'univers à symétrie CPT – qui donne l'explication la plus simple à ce jour de l'existence de la matière sombre cosmique. M. Turok a fondé l'Institut africain des sciences mathématiques (AIMS), réseau de centres d'excellence à la grandeur du continent africain pour la formation, la recherche et la vulgarisation en mathématiques et en sciences. En 2019, il a été nommé officier honoraire de l'Ordre du Canada. En 2016, il a été élu membre honoraire de l'Institut de physique du Royaume-Uni et a reçu de l'Institut américain de physique la médaille John-Torrence-Tate pour son action déterminante en physique à l'échelle internationale. Il est l'auteur de *The Universe Within*, traduit en français sous le titre *L'univers vu de l'intérieur*, livre scientifique à succès au Canada.



**Guifre Vidal** (Ph.D., Université de Barcelone, 1999) est devenu professeur à l'Institut Périclète en 2011, en provenance de l'Université du Queensland à Brisbane, où il était professeur à l'École de mathématiques et physique. M. Vidal travaille à la jonction entre la théorie de l'information quantique, la physique de la matière condensée et la théorie quantique des champs. Il élabore des algorithmes sur des réseaux de tenseurs pour calculer l'état fondamental de systèmes quantiques à N corps, et a proposé une formulation moderne du groupe de renormalisation, à partir de circuits et de l'intrication quantiques. Il travaille actuellement à la mise au point d'outils non perturbatifs pour des champs quantiques en interaction forte, ainsi que sur l'utilisation de réseaux de tenseurs en holographie. Guifre Vidal a reçu entre autres distinctions une bourse Marie-Curie de l'Union européenne, une bourse de la Fondation Sherman-Fairchild et une bourse de la Fédération australienne des conseils de recherche. Il est boursier de l'Institut canadien de recherches avancées et membre de l'équipe de recherche de la Fondation Simons sur le problème des électrons multiples.



**Pedro Vieira** (Ph.D., École normale supérieure de Paris et Centre de physique théorique de l'Université de Porto, 2008) est titulaire de la chaire Clay-Riddell-Paul-Dirac de physique théorique de l'Institut Périclète, où il est professeur depuis 2009. Auparavant, il a été chercheur associé à l'Institut Max-Planck de physique gravitationnelle (Institut Albert-Einstein) en 2008 et 2009. Ses recherches portent sur la mise au point de nouveaux outils mathématiques pour les théories de jauge et des cordes dans leurs régimes non perturbatifs. Il s'intéresse surtout à une théorie particulière, dite N=4 SYM, qui permet de développer de tels outils, ainsi qu'à la théorie autocohérente des matrices S, qui restreint l'espace possible de toute théorie physique, en particulier les théories de jauge et théories des cordes en régime de couplage fort. Il est chercheur principal au sein de l'équipe de la Fondation Simons sur l'autocohérence non perturbative. Parmi ses nombreuses distinctions, mentionnons une bourse de recherche Sloan, la médaille Gribov de la Société européenne de physique, le prix international Raymond-et-Beverly-Sackler de physique remis par l'Université de Tel Aviv et un prix *Nouveaux horizons* en physique.

**Chong Wang** (Ph.D., Institut de technologie du Massachusetts, 2015) s'est joint à l'Institut Périclète en 2018, en provenance de l'Université Harvard, où il était boursier junior à la Société des boursiers de Harvard depuis 2015. M. Wang travaille sur la théorie de la physique de la matière condensée quantique, notamment les états topologiques de la matière, les systèmes critiques quantiques, les effets Hall quantiques et les liquides de spin, ainsi que leurs relations avec des aspects modernes de la théorie quantique des champs.



**Beni Yoshida** (Ph.D., Institut de technologie du Massachusetts, 2012) est devenu professeur à l'Institut Périclète en juillet 2017, où il était d'abord arrivé comme postdoctorant principal en 2015. Auparavant, il a été boursier Burke à l'Institut de physique théorique de l'Institut de technologie de la Californie (2012-2015), où il a travaillé au sein de l'équipe de John Preskill. Les recherches de M. Yoshida portent principalement sur les applications de la théorie de l'information quantique à des problèmes de physique des systèmes quantiques à N corps. En particulier, il s'est servi des techniques de théorie du codage quantique pour trouver de nouveaux états topologiques de la matière et a élaboré un cadre de classification des portes logiques insensibles aux défaillances à l'aide de théories de jauge topologiques. De plus, Beni Yoshida s'intéresse depuis quelque temps aux trous noirs.



## PROFESSEURS ASSOCIÉS

**Niyesh Afshordi** (Ph.D., Université de Princeton, 2004), nommé conjointement avec l'Université de Waterloo, a été boursier de l'Institut de théorie et de calcul du Centre Harvard-Smithsonian d'astrophysique (2004-2007), puis boursier de recherche distingué à l'Institut Périclète (2008-2009). Il est professeur associé à l'Institut depuis 2009. M. Afshordi se spécialise dans les problèmes interdisciplinaires de la physique fondamentale, de l'astrophysique et de la cosmologie. Entre autres distinctions, il a reçu un supplément d'accélération à la découverte accordé par le Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada, une bourse de nouveau chercheur du ministère de la Recherche et de l'Innovation de l'Ontario, et la médaille d'or Vainu-Bappu de la Société d'astronomie de l'Inde. Il a aussi remporté le 3<sup>e</sup> prix Buchalter de cosmologie 2015 de la Société américaine d'astronomie.



**Alexander Braverman** (Ph.D., Université de Tel Aviv, 1998) s'est joint à l'Institut Périclète en 2015, dans le cadre d'une nomination conjointe avec l'Université de Toronto. Il a été auparavant membre du corps professoral de l'Université Brown (2004-2015), de même que chargé de cours à l'Université Harvard (2000-2004) et à l'Institut de technologie du Massachusetts (1997-1999). M. Braverman se spécialise dans plusieurs domaines ayant des applications en physique mathématique, dont la géométrie algébrique, la théorie des représentations, la théorie des nombres et le programme de Langlands géométrique. Il a été boursier de l'Institut de mathématiques Clay et boursier Simons en mathématiques.



**Avery Broderick** (Ph.D., Institut de technologie de la Californie, 2004) est devenu professeur associé à l'Institut Périclète en septembre 2011, dans le cadre d'une nomination conjointe avec l'Université de Waterloo, et a été nommé en janvier 2017 titulaire de la chaire Famille-Delaney-John-Archibald-Wheeler de physique théorique. Auparavant, il avait été postdoctorant à l'Institut de théorie et de calcul du Centre Harvard-Smithsonian d'astrophysique (2004-2007) et à l'Institut canadien d'astrophysique théorique (2007-2011). M. Broderick est un astrophysicien aux intérêts de recherche variés, depuis la formation des étoiles jusqu'à la physique des extrêmes au voisinage des naines blanches, des étoiles à neutrons et des trous noirs. C'est un membre-clé de l'équipe internationale du télescope EHT (*Event Horizon Telescope* – Télescope horizon des événements), qui a dévoilé en avril 2019 la première image de l'horizon des événements d'un trou noir. Il étudie comment les trous noirs accumulent de la matière et projettent les rayonnements ultrarelativistes observés, sondant la nature de la gravité au voisinage de ces objets célestes. Broderick est lauréat (conjointement avec l'équipe du télescope EHT) d'un prix diamant de la Fondation nationale des sciences des États-Unis ainsi que du Prix du progrès scientifique (*Breakthrough Prize*) de physique fondamentale 2020.



**Alex Buchel** (Ph.D., Université Cornell, 1999) est professeur associé à l'Institut Périclète depuis 2003, dans le cadre d'une nomination conjointe avec l'Université Western. Auparavant, il a été chercheur à l'Institut Kavli de physique théorique de l'Université de la Californie à Santa Barbara (1999-2002), puis au Centre de physique théorique de l'Université du Michigan (2002-2003). Ses recherches portent sur la compréhension des propriétés quantiques des trous noirs et sur l'origine de l'univers dans le cadre de la théorie des cordes, de même que sur la mise au point d'outils analytiques qui pourraient apporter un éclairage nouveau sur les interactions fortes des particules subatomiques. En 2007, M. Buchel a reçu une bourse de nouveau chercheur du ministère de la Recherche et de l'Innovation de l'Ontario.





**Cliff Burgess** (Ph.D., Université du Texas à Austin, 1985) est devenu professeur associé à l'Institut Péricône en 2004, dans le cadre d'une nomination conjointe avec l'Université McMaster entrée en vigueur en 2005. Auparavant, il a été membre de l'École de sciences naturelles de l'Institut d'études avancées de Princeton, puis professeur à l'Université McGill. Pendant 2 décennies, M. Burgess a appliqué les techniques de la théorie effective des champs à la physique des hautes énergies, à la physique nucléaire, à la théorie des cordes, à la cosmologie de l'univers primitif et à la physique de la matière condensée. Avec ses collaborateurs, il a mis au point des modèles importants d'expansion de l'univers fondés sur la théorie des cordes, qui constituent le cadre le plus prometteur pour une vérification expérimentale. Entre autres distinctions récentes, Cliff Burgess a été titulaire d'une bourse Killam et a été élu membre de la Société royale du Canada. Il a aussi remporté le prix ACP-CRM de physique théorique et mathématique. Il a reçu un prix Buchalter de cosmologie en 2016 et en 2017.



**David Cory** (Ph.D., Université Case Western Reserve, 1987) s'est joint à l'Institut Péricône en 2010, dans le cadre d'une nomination conjointe avec l'Université de Waterloo, où il est professeur de chimie et directeur adjoint, Recherche, de l'Institut d'informatique quantique. Auparavant il a été professeur de sciences et génie nucléaires à l'Institut de technologie du Massachusetts. Depuis 1996, M. Cory explore les défis expérimentaux de la construction de petits processeurs quantiques fondés sur les spins nucléaires, les spins électroniques, les neutrons, les dispositifs supraconducteurs à courant persistant et l'optique. En 2010, il s'est vu attribuer la chaire d'excellence en recherche du Canada sur le traitement de l'information quantique. Il est le chercheur principal du programme *Technologies quantiques transformatrices* doté d'un financement de 144 millions de dollars, dont 76 millions du Fonds d'excellence en recherche Apogée Canada. David Cory préside le comité consultatif du programme *Information quantique* de l'Institut canadien de recherches avancées. Il est membre élu de la Société américaine de physique et de la Société royale du Canada.



**Matthew Johnson** (Ph.D., Université de la Californie à Santa Cruz, 2007) est devenu professeur associé à l'Institut Péricône en 2012, dans le cadre d'une nomination conjointe avec l'Université York. Auparavant, il a été boursier postdoctoral Moore à l'Institut de technologie de la Californie, puis postdoctorant à l'Institut Péricône. M. Johnson est un cosmologiste théoricien dont les recherches interdisciplinaires visent à comprendre comment l'univers a commencé, comment il a évolué et vers quoi il s'en va. Il est l'auteur de contributions dans des domaines allant de la théorie de l'inflation cosmique à la théorie des cordes, en passant par la relativité numérique et l'analyse de données sur le rayonnement fossile. Matthew Johnson a obtenu par voie de concours des subventions du Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada, de l'Institut FQXi (*Foundational Questions Institute*), ainsi que du programme *New Frontiers in Astronomy and Cosmology* (Nouvelles frontières en astronomie et cosmologie) administré par l'Université de Chicago.



**Raymond Laflamme** (Ph.D., Université de Cambridge, 1988) est professeur associé dans le cadre d'une nomination conjointe avec l'Institut d'informatique quantique de l'Université de Waterloo, dont il a été le directeur général de 2002 à 2017. Il est également titulaire de la chaire Mike-et-Ophelia-Lazaridis-John-von-Neumann d'informatique quantique à l'Université de Waterloo et titulaire de la Chaire de recherche du Canada sur l'information quantique. Il a été chercheur à l'Université de la Colombie-Britannique et au Collège Peterhouse de l'Université de Cambridge, avant de passer au Laboratoire national de Los Alamos en 1992, où il a réorienté ses travaux de la cosmologie à l'informatique quantique. Depuis le milieu des années 1990, M. Laflamme a élaboré des méthodes théoriques de correction d'erreurs quantiques et en a mis certaines en œuvre dans des expériences. Il a été directeur du programme *Information quantique* de l'Institut canadien de recherches avancées (ICRA) de 2003 à 2016. Il est conseiller auprès du programme *Information quantique* de l'ICRA, ainsi que membre élu de la Société américaine de physique, de la Société royale du Canada et de l'Association américaine pour l'avancement de la science. Raymond Laflamme a été nommé officier de l'Ordre du Canada en 2017. Il a remporté le prix ACP-CRM 2017 de physique théorique et mathématique remis par l'Association canadienne des physiciens et physiciennes et le Centre de recherches mathématiques. Avec des collègues, il a fondé l'entreprise Universal Quantum Devices, qui commercialise certaines retombées des recherches en physique quantique. Il dirige aussi QuantumLaf inc., une jeune pousse de services-conseils.



**Sung-Sik Lee** (Ph.D., Université scientifique et technologique de Pohang, 2000) est devenu professeur associé à l'Institut Péricône en 2011, dans le cadre d'une nomination conjointe avec l'Université McMaster, où il est professeur titulaire. Auparavant, il a été postdoctorant à l'Université scientifique et technologique de Pohang, à l'Institut de technologie du Massachusetts, ainsi qu'à l'Institut Kavli de physique théorique de l'Université de la Californie à Santa Barbara. Les recherches de M. Lee portent principalement sur l'étude des systèmes quantiques à N corps en interaction forte, la théorie quantique des champs et la correspondance AdS/CFT. Ses travaux récents concernent les théories effectives des champs à faible énergie pour les non-liquides de Fermi, de même que la construction de théories holographiques duales de théories quantiques des champs à partir du groupe de renormalisation quantique.



**Debbie Leung** (Ph.D., Université Stanford, 2000) s'est jointe à l'Institut Péricètre en 2019. Elle est professeure à l'Institut d'informatique quantique et au Département de combinatoire et d'optimisation de l'Université de Waterloo depuis 2005. Elle est actuellement titulaire d'une chaire de recherche de l'université et a été titulaire d'une chaire de recherche du Canada de niveau 2 (2005-2015). Auparavant, elle avait été boursière postdoctorale Tolman à l'Institut d'information quantique de l'Institut de technologie de la Californie (Caltech), après avoir passé 4 mois à l'Atelier de calcul quantique de l'Institut de recherche en mathématiques de Berkeley (septembre-décembre 2002), au terme d'une bourse postdoctorale de 2 ans au sein du groupe d'information physique du Centre de recherche T.J.Watson d'IBM (2000-2002). Après avoir obtenu un B.Sc. en physique et mathématique à Caltech en 1995, elle a fait un doctorat en physique à l'Université Stanford sous la direction des professeurs Yoshihisa Yamamoto et Isaac Chuang.



**Matilde Marcolli** (Ph.D., Université de Chicago, 1997) est devenue professeure associée à l'Institut Péricètre en janvier 2018, dans le cadre d'une nomination conjointe avec l'Université de Toronto, après avoir été pendant une décennie professeure de mathématiques à l'Institut de technologie de la Californie. C'est une physicienne mathématicienne dont les recherches portent sur la linguistique informatique, la géométrie et la topologie différentielles et algébriques, de même que sur les modèles mathématiques pour la cosmologie et les neurosciences. Entre autres distinctions, Matilde Marcolli a remporté en 2001 le prix Heinz-Maier-Leibnitz et le prix Sofja-Kovalevskaya, et a occupé de nombreux postes de chercheuse invitée. Elle est l'auteure de 5 livres, dont le plus récent est *Noncommutative Cosmology* (Cosmologie non commutative), publié en 2018. Elle a aussi dirigé la publication de plusieurs autres ouvrages.



**Roger Melko** (Ph.D., Université de la Californie à Santa Barbara, 2005) est devenu professeur associé à l'Institut Péricètre en 2012, dans le cadre d'une nomination conjointe avec l'Université de Waterloo, où il est professeur depuis 2007. Auparavant, il a été boursier postdoctoral Wigner au Laboratoire national d'Oak Ridge (2005-2007). M. Melko est un théoricien de la matière condensée qui élabore de nouveaux algorithmes et méthodes de calcul afin d'étudier les systèmes fortement corrélés à N corps. Il se concentre sur les phénomènes émergents, les phases des états fondamentaux, les transitions d'états, les systèmes critiques quantiques et l'intrication. Entre autres distinctions, Roger Melko a reçu la médaille Herzberg de l'Association canadienne des physiciens et physiciennes, le Prix du jeune scientifique en physique informatique de l'Union internationale de physique pure et appliquée, de même qu'une bourse de nouveau chercheur du ministère de la Recherche et de l'Innovation de l'Ontario. Il a également été nommé titulaire de la chaire de recherche du Canada (de niveau 2) en physique informatique quantique à N corps.

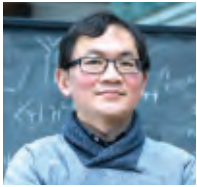


**Michele Mosca** (D.Phil., Université d'Oxford, 1999), nommé conjointement avec l'Institut d'informatique quantique de l'Université de Waterloo (IQC), est membre fondateur de l'Institut Péricètre, ainsi que cofondateur de l'IQC. Il est aussi professeur au Département de combinatoire et optimisation de la Faculté de mathématiques de l'Université de Waterloo. Il est l'un des fondateurs de CryptoWorks21, programme de formation en cryptographie à l'épreuve des attaques quantiques, de l'organisme à but non lucratif Quantum-Safe Canada, ainsi que des ateliers ETSI-IQC sur la cryptographie à l'épreuve des attaques quantiques. Ces ateliers réunissent une grande variété d'intervenants qui œuvrent à la mise sur pied d'un système mondial normalisé de cryptographie à l'épreuve des attaques quantiques. Il est également l'un des fondateurs d'evolutionQ inc., qui aide les organismes à adopter des systèmes et des pratiques à l'épreuve des attaques quantiques, et de softwareQ inc., qui offre des services et outils logiciels quantiques. Ses recherches portent sur le calcul quantique et les outils de cryptographie à l'épreuve des attaques quantiques. M. Mosca est mondialement reconnu pour son désir d'aider le milieu universitaire, les entreprises et les gouvernements à préparer leurs systèmes pour qu'ils soient sûrs à l'ère des ordinateurs quantiques. Il est l'un des auteurs du réputé manuel intitulé *An Introduction to Quantum Computing* (Introduction à l'informatique quantique). Michele Mosca a reçu de nombreux prix et distinctions. Il a reçu le prix du Premier ministre de l'Ontario pour l'excellence en recherche (2000-2005) et a été titulaire de la chaire de recherche du Canada en informatique quantique (2002-2012). Il est titulaire d'une chaire de recherche de l'Université de Waterloo (depuis 2012). M. Mosca a aussi reçu la Médaille du jubilé de diamant de la reine Elizabeth II (2013), le prix Fr.-Norm-Choate pour l'ensemble de ses travaux remis par le Collège St. Jerome de l'Université de Waterloo (2017), et a été fait chevalier (*Cavaliere*) de l'Ordre du mérite de la République italienne (2018).



**Christine Muschik** (Ph.D., Institut Max-Planck d'optique quantique, 2011) s'est jointe à l'Institut Péricètre en 2019. Elle est professeure à l'Institut d'informatique quantique de l'Université de Waterloo depuis 2017. Elle travaille sur de nouvelles méthodes de traitement de l'information quantique et sur des simulations quantiques de problèmes de physique des hautes énergies. Mme Muschik a conçu des protocoles révolutionnaires pour maîtriser la dissipation (et établi en 2011 un record de durée d'une intrication), pour réussir la première téléportation déterministe entre des systèmes de matière sur une distance macroscopique (*Nature Physics*, 2013) et pour réaliser de nouveaux types de simulations quantiques (*Nature*, 2016 et *Nature*, 2019). Ses travaux sur les simulations quantiques de problèmes de physique des hautes énergies ont été choisis par *Physics World* parmi les 10 principales percées en physique de l'année 2016. Christine Muschik a reçu une bourse Simons-E Emmy-Noether pour scientifiques membres d'un corps professoral (2018), une bourse de recherche Sloan pour chercheurs exceptionnels en début de carrière (2019), ainsi qu'une subvention *Nouvelles frontières* pour des recherches transformatrices et à haut risque (2019).





**Ue-Li Pen** (Ph.D., Université de Princeton, 1995) s'est joint à l'Institut Péricimètre en 2014, dans le cadre d'une nomination conjointe avec l'Institut canadien d'astrophysique théorique de l'Université de Toronto, où il est professeur depuis 1998 et actuellement directeur par intérim. M. Pen est un astrophysicien théoricien qui étudie des systèmes où les effets physiques fondamentaux peuvent être isolés des complexités astronomiques. Ses projets de recherche comprennent la dynamique non linéaire du rayonnement fossile de neutrinos, la cartographie d'intensité de la raie à 21 cm, la scintillométrie de la VLBI des pulsars et l'expérience CHIME (*Canadian Hydrogen Intensity Mapping Experiment* – Expérience canadienne de cartographie d'intensité de l'hydrogène). Entre autres distinctions, Ue-Li Pen est boursier principal du programme *Cosmologie et gravité* de l'Institut canadien de recherches avancées. En 2018, il est devenu le 2<sup>e</sup> chercheur membre d'une institution canadienne à recevoir une bourse de chercheur Simons de la Fondation Simons depuis la mise sur pied du programme en 2012.



**Will Percival** (Ph.D., Université d'Oxford, 1999) est professeur associé dans le cadre d'une nomination conjointe avec l'Université de Waterloo, où il est titulaire de la chaire Mike-et-Ophelia-Lazaridis de recherche en astrophysique. M. Percival est un cosmologiste qui travaille principalement à l'étude des galaxies, utilisant leur position pour mesurer le rythme d'expansion de l'univers et la croissance de la structure du cosmos. Il occupe des postes de gestion scientifique au sein des expériences DESI (*Dark Energy Spectroscopic Instrument* – Spectroscopie de l'énergie sombre), eBOSS (*Extended Baryon Oscillation Spectroscopic Survey* – Suivi spectroscopique étendu des oscillations baryoniques) et Euclid. Au cours de la prochaine décennie, les connaissances relatives aux galaxies qui résulteront de ces expériences transformeront notre compréhension de l'énergie sombre, mécanisme physique qui accélère l'expansion du cosmos. Entre autres distinctions, Will Percival a reçu le prix Fowler de la Société royale d'astronomie de Londres (2008) et une bourse de scientifique éminent de l'Académie chinoise des sciences (2016).



**Maxim Pospelov** (Ph.D., Institut Budker de physique nucléaire, 1994) est devenu professeur associé à l'Institut Péricimètre en 2004, dans le cadre d'une nomination conjointe avec l'Université de Victoria. Auparavant, il a été chercheur à l'Université du Québec à Montréal, à l'Université du Minnesota, à l'Université McGill et à l'Université du Sussex. M. Pospelov travaille dans les domaines de la physique des particules et de la cosmologie.



**Daniel Siegel** (Ph.D., Institut Max-Planck de physique gravitationnelle et Université de Potsdam, 2015) s'est joint à l'Institut Péricimètre en 2019, en provenance de l'Université Columbia, où il était postdoctorant et boursier Einstein de la NASA depuis novembre 2015. Ses recherches tissent des liens entre la physique fondamentale et le cosmos. Elles englobent divers sujets – physique gravitationnelle, astrophysique nucléaire, astrophysique des hautes énergies, phénomènes astronomiques passagers – afin de décortiquer la physique fondamentale des fusions d'objets compacts binaires et d'autres systèmes astrophysiques relativistes, de même que leurs répercussions en physique nucléaire et en cosmologie.



**Ben Webster** (Ph.D., Université de la Californie à Berkeley, 2007) est devenu professeur associé à l'Institut Péricimètre en juillet 2017, dans le cadre d'une nomination conjointe avec le Département de mathématiques pures de l'Université de Waterloo. Il a été auparavant membre du corps professoral de l'Université de la Virginie, de l'Université Northeastern et de l'Université de l'Oregon. Ses recherches portent sur les liens entre la théorie des représentations, la physique mathématique, la géométrie et la topologie, notamment l'homologie de nœuds, la géométrie de singularités symplectiques et la catégorification. Entre autres distinctions, M. Webster a obtenu une bourse de recherche Sloan et un prix CAREER de la Fondation nationale des sciences des États-Unis. En 2019, il a reçu un prix d'excellence en recherche du Jubilé d'or de la Faculté de mathématiques de l'Université de Waterloo.



**Huan Yang** (Ph.D., Institut de technologie de la Californie, 2013) s'est joint à l'Institut Péricimètre en septembre 2017, en provenance de l'Université de Princeton, où il a été postdoctorant pendant un an. Il est professeur associé dans le cadre d'une nomination conjointe avec l'Université de Guelph. M. Yang est un astrophysicien théoricien expert des trous noirs, des étoiles à neutrons et des ondes gravitationnelles, et très impliqué dans des observations récentes. En particulier, il étudie l'astrophysique et la physique fondamentale des champs gravitationnels intenses. Ses travaux récents visent à comprendre les phénomènes physiques cachés dans des données existantes et à proposer de nouvelles idées qui orienteront des observations à venir.



**Jon Yard** (Ph.D., Université Stanford, 2005) est devenu professeur associé à l'Institut Péricimètre en 2016, dans le cadre d'une nomination conjointe avec l'Institut d'informatique quantique et le Département de combinatoire et d'optimisation de l'Université de Waterloo. Il a été auparavant chercheur à l'Université McGill (2005), à l'Institut de technologie de la Californie (2005-2007), au Laboratoire national de Los Alamos (2007-2012) et à la Division de la recherche de Microsoft (2012-2016). Jon Yard s'intéresse à l'information quantique, à la physique mathématique, aux champs quantiques et à la matière condensée. Avec Graeme Smith, il a reçu en 2009 le prix commémoratif Pat-Goldberg du meilleur article, remis par IBM Research, pour avoir prouvé que la capacité quantique ne caractérise pas complètement l'utilité d'un canal de transmission d'information quantique.

## CADRES ADMINISTRATIFS

### Michael Duschenes

Directeur administratif et chef de l'exploitation

### Stefan Pregelj

Directeur principal des finances et de l'exploitation

### Colin Hunter

Directeur des communications  
et des relations avec les médias

### Heather Clark

Directrice générale du développement

### Greg Dick

Directeur de la diffusion des connaissances

### Sue Scanlan

Directrice financière

### James Forrest

Directeur des programmes  
d'enseignement

### Natasha Waxman

Directrice des publications,  
des subventions et des distinctions

### John Matlock

Directeur des relations extérieures  
et des affaires publiques

### Sheri Keffer

Directrice des ressources humaines  
et de la culture

### Ben Davies

Directeur de la technologie  
de l'information

## POSTDOCTORANTS EN 2018-2019 (institution d'obtention du doctorat)

Ben Albert (Université de Pennsylvanie)

Alvaro Martin Alhambra (Collège universitaire de Londres)

Anurag Anshu (Université nationale de Singapour)

Yoni BenTov (Université de la Californie à Santa Barbara)

Béatrice Bonga (Université d'État de Pennsylvanie)

Jacob Bridgeman (Université de Sydney)

Sylvain Carrozza (Université Paris-Sud)

William Cunningham (Université Northeastern)

Richard Derryberry (Université du Texas à Austin)

Lorenzo Di Pietro (Institut Weizmann des sciences)

Galyna Dobrovolska (Université de Chicago)

William Donnelly (Université du Maryland à College Park)

Angelika Fertig (Institut Max-Planck de physique gravitationnelle)

Zachary Fisher (Université de la Californie à Berkeley)

Tobias Fritz (Institut Max-Planck de mathématiques)

Lena Funcke (Université Ludwig-Maximilian de Munich)

Thomas Galley (Collège universitaire de Londres)

Federico Galli (Université libre de Bruxelles)

Martin Ganahl (Université technique de Graz)

Meng Guo (Université Harvard)

Matthijs Hogervorst (École normale supérieure de Paris)

Junwu Huang (Université Stanford)

Emilie Huffman (Université Duke)

Nick Hunter-Jones (Institut de technologie de la Californie)

Estelle Inack (Centre international Abdus-Salam  
de physique théorique)

Michael Jarret (Université du Maryland)

Theo Johnson-Freyd (Université de la Californie à Berkeley)

Aleksander Kubica (Institut de technologie de la Californie)

Stefan Kuhn (Institut Max-Planck d'optique quantique)

Ravi Kunjwal (Institut de mathématiques de Chennai)

Ian Le (Université Northwestern)

Adam Lewis (Université de Toronto)

Zi-Wen Liu (Institut de technologie du Massachusetts)

Han Ma (Université du Colorado à Boulder)

Mathew Madhavacheril (Université d'État de New York à Stony Brook)

Ashley Milsted (Université Leibniz de Hanovre)

Moritz Munchmeyer (LPNHE, Université Pierre-et-Marie-Curie)

Tadashi Okazaki (Université d'Osaka)

Naritaka Oshita (Université de Tokyo)

Solomon Owerre (Université de Montréal)

Zhen Pan (Université de la Californie à Davis)

Daniele Pranzetti (Centre de physique théorique)

Hung-Yi Pu (Université nationale Tsing Hua)

Petr Pushkar (Université Columbia)

Davide Racco (Université de Genève)

Djordje Radicevic (Université Stanford)

Fereshteh Rajabi (Université Western)

Jess Riedel (Université de la Californie à Santa Barbara)

Aldo Riello (Centre de physique théorique)

Denis Rosset (Université de Genève, GAP-Optique)

Ana Belen Sainz (Université polytechnique de Catalogne)

John Selby (Collège impérial de Londres)

Jamie Sikora (Institut d'informatique quantique, Université de Waterloo)

Antony Speranza (Université du Maryland)

Sebastian Steinhaus (Université de Potsdam)

Kostiantyn Tolmachev (Institut de technologie du Massachusetts)

Dave Touchette (Université de Montréal)

Alex Weekes (Université de Toronto)

Wolfgang Wieland (Centre de physique théorique)

Elie Wolfe (Université du Connecticut)

Ziqi Ya (Université de la Californie à Berkeley)

Junya Yagi (Université Rutgers)

Qiao Zhou (Université de la Californie à Berkeley)

## TITULAIRES DE CHAIRE DE CHERCHEUR INVITÉ DISTINGUÉ

Scott Aaronson, Université du Texas à Austin  
Mina Aganagic, Université de la Californie à Berkeley  
Yakir Aharonov, Université Chapman  
Abhay Ashtekar, Université d'État de Pennsylvanie  
Leon Balents, Institut Kavli de physique théorique  
James Bardeen, Université de l'État de Washington  
Ganapathy Baskaran, Institut de mathématiques de Chennai  
Charles Bennett, IBM  
Edo Berger, Université Harvard  
Patrick Brady, Université du Wisconsin à Milwaukee  
Alessandra Buonanno, Institut Max-Planck de physique gravitationnelle  
– Institut Albert-Einstein  
John Cardy, Université de la Californie à Berkeley  
Lance Dixon, Laboratoire national de l'accélérateur SLAC  
Matthew Fisher, Institut Kavli de physique théorique  
Katherine Freese, Université du Texas à Austin  
Gian Francesco Giudice, Organisation européenne  
pour la recherche nucléaire (CERN)  
Gabriela González, Université d'État de Louisiane  
Ted Jacobson, Université du Maryland  
Shamit Kachru, Université Stanford  
David B. Kaplan, Université de l'État de Washington  
Adrian Kent, Université de Cambridge  
Renate Loll, Université Radboud de Nimègue  
John March-Russell, Université d'Oxford

Sandu Popescu, Université de Bristol  
Frans Pretorius, Université de Princeton  
Carlo Rovelli, Université de la Méditerranée  
– Centre de physique théorique de Luminy  
Subir Sachdev, Université Harvard  
Nathan Seiberg, Institut d'études avancées de Princeton  
Yan Soibelman, Université d'État du Kansas  
Paul Steinhardt, Université de Princeton  
Andrew Strominger, Université Harvard  
Raman Sundrum, Université du Maryland  
Leonard Susskind, Université Stanford  
Barbara Terhal, Université de technologie de Delft – QuTech  
Dam Thanh Son, Université de Chicago  
Gerard 't Hooft, Université d'Utrecht  
Senthil Todadri, Institut de technologie du Massachusetts  
Bill Unruh, Université de la Colombie-Britannique  
Frank Verstraete, Université de Gand  
Ashvin Vishwanath, Université Harvard  
Zhenghan Wang, Station Q de la Division de la recherche de Microsoft  
Xiao-Gang Wen, Institut de technologie du Massachusetts  
Mark Wise, Institut de technologie de la Californie  
Alexander Zamolodchikov, Université d'État  
de New York à Stony Brook

## PROGRAMMES D'ENSEIGNEMENT



James Forrest, directeur  
Institut Périmètre et Université de Waterloo

James Forrest s'est joint à l'Université de Waterloo en 2000 et est devenu directeur des programmes d'enseignement de l'Institut Périmètre en 2014. Il a été de 2005 à 2010 directeur de l'Institut de physique des universités de Guelph et de Waterloo, et a occupé un certain nombre de postes administratifs à l'Université de Waterloo. Ses recherches portent sur la physique de la matière souple à l'échelle nanométrique, notamment les polymères et les protéines, sur la transition vitreuse en géométrie confinée, de même que sur les propriétés de surface et d'interface des polymères. Entre autres distinctions, James Forrest est membre élu de la Société américaine de physique et corécepteur de la médaille Brockhouse 2013 de l'Association canadienne des physiciens et physiciennes.

## CORPS ENSEIGNANT DU PROGRAMME PSI EN 2018-2019

### ASSISTANTS

Tibra Ali, Institut Périmètre  
Agata Branczyk, Institut Périmètre  
Maïté Dupuis, Institut Périmètre

Lauren Hayward Sierens, Institut Périmètre  
David Kubiznak, Institut Périmètre  
Dan Wohns, Institut Périmètre  
Gang Xu, Institut Périmètre

### PROFESSEURS

Latham Boyle, Institut Périmètre  
François David, Institut de physique théorique  
– Commissariat à l'énergie atomique (CEA) – Saclay  
William East, Institut Périmètre  
Davide Gaiotto, Institut Périmètre  
Jaume Gomis, Institut Périmètre  
Daniel Gottesman, Institut Périmètre  
Ruth Gregory, Laboratoires de sciences, Université de Durham

Aliosica Hamma, Université du Massachusetts à Boston  
Matthew Leifer, Université Chapman  
Eduardo Martin-Martinez, Institut d'informatique quantique,  
Université de Waterloo  
Kendrick Smith, Institut Périmètre  
Rakesh Tiwari, Université McGill  
Sean Tulin, Université York  
Pedro Vieira, Institut Périmètre

## DOCTORANTS EN 2018-2019 (université partenaire, directeur de thèse)

Eugene Adjei (Université de Waterloo, Agata Branczyk)  
Alvaro Ballon Bordo (Université de Waterloo, David Kubiznak et Robert Myers)  
Chenfeng Bao (Université de Waterloo, Neil Turok)  
Jacob Barnett (Université de Waterloo, Lee Smolin)  
Matthew Beach (Université de Waterloo, Roger Melko)  
Pablo Bosch Gomez (Université de Waterloo, Luis Lehner)  
Dylan Butson (Université de Toronto, Kevin Costello)  
Juan Cayuso (Université de Waterloo, Matthew Johnson)  
Wan Cong (Université de Waterloo, David Kubiznak)  
Frank Coronado (Université de Waterloo, Pedro Vieira)  
Diego Delmastro (Université de Waterloo, Jaume Gomis)  
Job Feldbrugge (Université de Waterloo, Neil Turok)  
Adrian Franco Rubio (Université de Waterloo, Guifre Vidal)  
Thomas (TC) Fraser (Université de Waterloo, Robert Spekkens)  
Utkarsh Giri (Université de Waterloo, Kendrick Smith)  
Anna Golubeva (Université de Waterloo, Roger Melko)  
Lucia Gomez Cordova (Université de Waterloo, Pedro Vieira)  
Tomas Gonda (Université de Waterloo, Robert Spekkens)  
Finnian Gray (Université de Waterloo, David Kubiznak et Robert Mann)  
Alfredo Guevara (Université de Waterloo, Freddy Cachazo)  
Juan Hernandez (Université de Waterloo, Robert Myers)  
Florian Hopfmueller (Université de Waterloo, Laurent Freidel)  
Qi Hu (Université de Waterloo, Guifre Vidal)  
Nafiz Ishtiaque (Université de Waterloo, Jaume Gomis)  
Puttarak Jai-akson (Université de Waterloo, Laurent Freidel)  
Ding Jia (Université de Waterloo, Lucien Hardy)  
Seth Kurankyi Asante (Université de Waterloo, Bianca Dittrich et Lee Smolin)  
Ji Hoon Lee (Université de Waterloo, Davide Gaiotto)  
Raeel Lorgat (Université de Toronto, Kevin Costello)  
Hugo Marrochio (Université de Waterloo, Robert Myers)  
Fiona McCarthy (Université de Waterloo, David Kubiznak et Robert Mann)  
Sebastian Mizera (Université de Waterloo, Bianca Dittrich et Freddy Cachazo)  
Seyed Farooq Moosavian (Université de Waterloo, Davide Gaiotto)  
Soham Mukherjee (Université de Waterloo, Erik Schnetter)  
Alexander Otto (Université de Waterloo, Kevin Costello et Jaume Gomis)  
Qiaoyin Pan (Université de Waterloo, Maïté Dupuis)  
Surya Raghavendran (Université de Toronto, Kevin Costello)  
Masoud Rafiei-Ravandi (Université de Waterloo, Kendrick Smith)  
Miroslav Rapcak (Université de Waterloo, Davide Gaiotto et Jaume Gomis)  
Matthew Robbins (Université de Waterloo, Niayesh Afshordi et Robert Mann)  
Shan-ming Ruan (Université de Waterloo, Robert Myers)  
Nitica Sakharwade (Université de Waterloo, Lucien Hardy)  
Krishan Saraswat (Université de Waterloo, Niayesh Afshordi)  
Laura Sberna (Université de Waterloo, Neil Turok)  
Andrei Schieber (Université de Waterloo, Lucien Hardy)  
Andres Schliefl Carvajal (Université McMaster, Sung-Sik Lee)  
David Schmid (Université de Waterloo, Robert Spekkens)  
Barak Shoshany (Université de Waterloo, Laurent Freidel)  
Vasudev Shyam (Université de Waterloo, Lee Smolin)  
Barbara Soda (Université de Waterloo, Lucien Hardy et Achim Kempf)  
David Svoboda (Université de Waterloo, Laurent Freidel et Ruxandra Moraru)  
Paul Tiede (Université de Waterloo, Avery Broderick)  
Qingwen Wang (Université de Waterloo, Niayesh Afshordi)  
Jingxiang Wu (Université de Waterloo, Davide Gaiotto)  
Lei Yang (Université de Waterloo, Anton Burkov)  
Yigit Yargic (Université de Waterloo, Lee Smolin)  
Yehao Zhou (Université de Waterloo, Kevin Costello)  
Yijian Zou (Université de Waterloo, Guifre Vidal)

## ÉTUDIANTS À LA MAÎTRISE EN 2018-2019 (pays d'origine)

Jacob Abajian (États-Unis)	Diego Garcia Sepulveda (Chili)	Matija Medvidovic (Croatie)
Wasif Ahmed (Bangladesh)	Elliott Gesteau (France)	Andre Nascimento Alcantara Pereira (Brésil)
Artur Avkhadiiev (Russie)	Diego Gutierrez Coronel (Colombie)	Ho Nam Nguyen (Vietnam)
Ivana Babic (Croatie)	Mohamed Hibat Allah (Maroc)	Jairo Martin Rojas Huamani (Pérou)
Sara Bogojevic (Serbie)	Justin Kulp (Canada)	Renato Gomes Souza (Brésil)
Francisco Borges (Venezuela)	Katherine Latimer (États-Unis)	Aiden Suter (Australie)
Katarzyna Budzik (Pologne)	Elise LePage (États-Unis)	Leander Thiele (Allemagne)
Blanca Alicia Castro Bermudez (Mexique)	Yanyan Li (Chine)	Matthew Yu (États-Unis)
Ramiro Cayuso (Argentine)	Ruochen Ma (Chine)	Keyou Zeng (Chine)
Vincent Chen (Canada)	Amalia Madden (Royaume-Uni)	
Samuel Cree (Australie)	Nastasia Makki (Russie et Liban)	
Fatih Dinc (Turquie)	Aoibheann Margalit (Irlande)	

## CONFÉRENCES ET ATELIERS EN 2018-2019

### **Foundations of Quantum Mechanics**

(Fondements de la mécanique quantique)

Du 30 juillet au 3 août 2018

### **Higher Algebra and Mathematical Physics**

(Algèbre et physique mathématique avancées)

Du 13 au 17 août 2018

### **Wide Field Astronomy in Canada**

(Astronomie à grand champ au Canada)

Du 10 au 12 octobre 2018

### **Réunion de l'équipe SSR du télescope CHIME**

Les 26 et 27 novembre 2018

### **Cohomological Hall Algebras in Mathematics and Physics**

(Algèbres de Hall cohomologiques en mathématiques et physique)

Du 25 février au 1<sup>er</sup> mars 2019

### **PI CITA Day 2019** (Journée IP-ICAT 2019)

Le 2 avril 2019

### **Quantum Matter: Emergence & Entanglement 3**

(Matériaux quantiques : Émergence et intrication 3)

Du 22 au 26 avril 2019

### **Many-Body States and Dynamics Workshop II**

(Atelier sur les états et la dynamique des systèmes à N corps II)

Le 13 juin 2019

### **QFT for Mathematicians**

(TQC pour mathématiciens)

Du 17 au 28 juin 2019

### **Machine Learning for Quantum Design**

(Apprentissage automatique pour la conception quantique)

Du 8 au 12 juillet 2019

### **Bootstrap 2019**

(Amorce 2019)

Du 15 juillet au 2 août 2019

## PARRAINAGES EN 2018-2019

L'Institut Périètre a parrainé les conférences et ateliers suivants tenus à l'extérieur de l'Institut :

**Congrès international 2018 de physique mathématique**, Montréal

**Conférence canadienne 2019 des étudiantes de 1<sup>er</sup> cycle en physique**, Université d'Ottawa

**Testing Gravity 2019** (Tester la gravité 2019), Université Simon-Fraser

**Institut d'hiver 2019 du lac Louise**, Lac Louise

**Atelier sur la gravitation quantique**, Camp Kintail (Ontario)

**Many Facets of Complexity: From Quantum Information to Holography** (De nombreuses facettes de la complexité : de l'information quantique à l'holographie), Université de Windsor

**Flavour Physics and CP Violation** (Physique de la saveur et violation de la symétrie CP), Université de Victoria

**Atelier et conférence 2019 de l'Atlantique sur la relativité générale**, Université du Nouveau-Brunswick

**Théorie Canada 14**, Université de la Colombie-Britannique

**Congrès 2019 de l'ACP**, Université Simon-Fraser

**Women in Physics Canada** (Les femmes et la physique au Canada), Université McGill

**Physique quantique et symétrie XI**, Université de Montréal

### Photos

Tom Arban : p. 43 | Prix du progrès scientifique (*Breakthrough Prize*) : p. 18, 19 | Équipe du télescope EHT : p. 6 | iStock : p. 41 | Chris Lee : p. 37  
| Jag Gundu : p. 39 | Mathew McCarthy : p. 3, 4, 20, 24, 26, 45, 3<sup>e</sup> de couverture | Scott Norsworthy : p. 42 | Société royale de Londres : p. 2  
| Institut Périètre – Stephanie Keating : p. 35; John Matlock : p. 13; Gabriela Secara : p. 8–12, 14–17, 22, 23, 25, 28–31, 32, 34, 37, 2<sup>e</sup> de couverture



# MERCI AUX VISIONNAIRES

NOUS TENONS À REMERCIER TOUS  
CEUX QUI NOUS SOUTIENNENT, NOTAMMENT :

**MIKE LAZARIDIS, FONDATEUR**

NOS PARTENAIRES PUBLICS  
GOUVERNEMENT DU CANADA  
GOUVERNEMENT DE L'ONTARIO

RÉGION DE WATERLOO

VILLE DE WATERLOO

ET

UN RÉSEAU CROISSANT  
DE PARTENAIRES ET DONATEURS PRIVÉS  
DANS LE MONDE ENTIER

La liste des donateurs de l'Institut Périmètre  
est accessible à l'adresse  
[www.perimeterinstitute.ca/fr/soutenez-l-institut-p-rim-tre](http://www.perimeterinstitute.ca/fr/soutenez-l-institut-p-rim-tre).  
Voir aussi la page 40 du présent document.

$\int$  Faites partie <sup>(de)</sup> l'Équation<sup>2</sup>

Canada

INSTITUT



PÉRIMÈTRE DE PHYSIQUE THÉORIQUE



Ontario

31, rue Caroline Nord | Waterloo | Ontario  
Canada | N2L 2Y5 | 1 519 569-7600

[perimeterinstitute.ca](http://perimeterinstitute.ca)

Numéro d'enregistrement d'organisme de bienfaisance : 88981 4323 RR0001