

RAPPORT ANNUEL 2020

INSTITUT **PI** PÉRIMÈTRE DE PHYSIQUE THÉORIQUE



VISION

Constituer le principal centre mondial
de recherche, de formation supérieure et de diffusion des connaissances
en physique théorique, 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
Une institution à haut rendement	4
Recherche	6
Formation	26
Diffusion des connaissances.....	32
Un avenir brillant	38
Développement de l'Institut	40
Gouvernance et finances	44
Annexes.....	51

Ce rapport présente les activités et les finances
de l'Institut Péricètre de physique théorique
pour l'exercice allant du 1^{er} août 2019 au 31 juillet 2020.



MESSAGE DU PRÉSIDENT DU CONSEIL

Le coronavirus a rendu cette dernière année très difficile. La perte d'êtres chers de même que les conséquences économiques, sociales et émotionnelles de la distanciation physique ont touché tout le monde.

Je crois que l'Institut Périmètre a eu de la chance. Je tiens à saluer les efforts de son directeur Rob Myers et de son équipe pour assurer avant tout la sécurité des employés, des étudiants et des visiteurs de l'Institut.

Vous savez que la richesse des interactions entre tous, chercheurs et étudiants, constitue un aspect fondamental du modèle de l'Institut Périmètre. Comme on pourrait s'y attendre, de telles interactions sont difficiles à assurer en toute sécurité dans le contexte actuel de la pandémie. Cela étant dit, l'Institut a exploité un certain nombre d'outils et fait preuve de beaucoup de créativité afin que ces interactions se poursuivent d'une manière sécuritaire et efficace au sein de l'Institut et dans le monde entier. Grâce à cela, une année qui menaçait d'être très peu productive a vu beaucoup de progrès et un certain nombre de percées en physique.

Le modèle de l'Institut, qui consiste à attirer les meilleurs chercheurs au monde et à leur permettre d'approfondir leurs idées les plus ambitieuses, donne des résultats. Sous la direction de Rob, l'Institut continue de réaliser des premières en informatique quantique et dans tous les autres principaux domaines de la physique théorique. Nos chercheurs définissent le programme scientifique mondial dans de nombreux domaines, comme en témoignent leurs articles abondamment cités et les avancées réalisées par les équipes internationales auxquelles ils collaborent.

Les professeurs de l'Institut Périmètre continuent de faire des percées révolutionnaires en physique. Cette année a également vu les progrès de certains projets aux possibilités de commercialisation très intéressantes. J'aimerais souligner quelques développements.

Une équipe dirigée par Roger Melko collabore avec des physiciens expérimentateurs de l'Université Harvard à l'amélioration des tests et de la fiabilité des simulations quantiques. La capacité de simuler des interactions quantiques ouvre entre autres la voie à la création de nouveaux matériaux et à la mise au point de nouveaux médicaments.

Les travaux visionnaires de Will Percival ont porté fruit avec la publication de la plus grande carte tridimensionnelle de l'univers jamais produite. Par ses travaux sur le Relevé spectroscopique étendu des oscillations baryoniques, il a supervisé une initiative ambitieuse de mesure de plus de 2 millions de galaxies et de quasars pour le projet.

Je suis enthousiasmé par les travaux menés à l'Institut sous la direction de Robert Spekkens sur l'inférence causale quantique. Ce nouveau domaine exploite des idées remarquables de la physique quantique fondamentale pour déterminer les relations de cause à effet dans des ensembles

de données très complexes. Cela pourrait transformer l'épidémiologie, la finance et les assurances, la modélisation des risques et de nombreuses autres branches des sciences pures.

Des succès comme ceux-ci ont inspiré un récent rapport du comité consultatif scientifique de l'Institut, organisme de surveillance composé d'éminents scientifiques du monde entier.

« L'Institut Périmètre est un cas unique dans le paysage scientifique, caractérisé par un climat avant-gardiste d'innovation, de collaboration et d'inclusion, a écrit le comité. Il a grandement rehaussé la réputation du Canada en physique théorique de haut niveau et s'est rapidement avéré un investissement très rentable pour le gouvernement. »
[traduction]

Je suis fier de ce rapport élogieux écrit par certains des plus grands chercheurs en physique au monde. Je tiens à remercier le comité consultatif scientifique et sa présidente Gabriela González de leurs commentaires et de tout le travail qu'ils ont accompli pour produire ce rapport.

L'Institut Périmètre est un partenaire essentiel de la *Quantum Valley*, notre écosystème d'innovation dans le domaine quantique. La *Quantum Valley* aide les chercheurs à réaliser des percées scientifiques et à mettre au point des technologies quantiques transformatrices donnant lieu à des produits commerciaux qui changent des vies et bâtissent des économies.

Les activités de l'Institut Périmètre, y compris celles qui ont un potentiel de commercialisation, ainsi que les travaux de l'Institut d'informatique quantique de l'Université de Waterloo et du Laboratoire des idées, font de la *Quantum Valley* un chef de file mondial de la recherche en physique quantique et de la commercialisation de technologies quantiques transformatrices. La région compte déjà un certain nombre de jeunes pousses dans le domaine quantique, et nous nous attendons à ce que bien d'autres voient le jour dans les années à venir.

Je remercie les gouvernements de l'Ontario et du Canada, de même que les fondations et les donateurs qui appuient si généreusement l'Institut et partagent sa vision. Grâce au succès de son partenariat public-privé étendu, non seulement l'Institut Périmètre peut poursuivre ses activités passionnantes, mais son image de marque est rehaussée au pays et à l'étranger, ce qui l'aide à attirer des chercheurs de premier plan venus du monde entier. Je tiens en particulier à souligner le généreux don de 10 millions de dollars de la Fondation de la famille Riddell pour la création du Centre Clay-Riddell de recherches de l'Institut Périmètre sur la matière quantique. Les recherches effectuées dans ce centre contribueront à la mise au point de formidables nouveaux matériaux quantiques, qui donneront une nouvelle impulsion à bien des domaines, entre autres les réseaux d'énergie électrique et l'imagerie médicale.

L'Institut Périmètre doit son succès à ses chercheurs, mais aussi à l'action déterminante des membres du conseil d'administration,

des comités des finances et de gestion des placements, ainsi que du conseil d'orientation. Je remercie en particulier Amit Chakma, recteur émérite de l'Université Western, qui a terminé cette année son mandat au conseil d'administration, et je souhaite la plus cordiale bienvenue à Susan Baxter, vice-présidente du Groupe des clients stratégiques à la Banque Royale du Canada, qui s'est jointe à nous récemment.

Le Canada, comme le reste de la planète, se remettra bien sûr de la pandémie. J'en suis certain en raison du pouvoir de la science, de l'innovation et de la résilience humaine. Cette expérience nous aura laissé des cicatrices mentales et émotionnelles, mais je crois que nous en tirerons aussi une sagesse et une détermination nouvelles qui nous donneront santé, bonheur et succès dans l'avenir.



MESSAGE DU DIRECTEUR DE L'INSTITUT

L'Institut Péricentre a beau regarder vers l'avenir, 2020 nous a pris par surprise.

D'une certaine manière, nous avons eu de la chance : en tant que théoriciens, nous n'avons pas à nous préoccuper d'accélérateurs de particules ou d'autres instruments. Lorsque nous sommes passés à un fonctionnement en ligne – ce qui s'est fait presque du jour au lendemain en mars – nous avons pu continuer nos simulations et nos calculs. Nos tableaux noirs ont dû rester vides, mais nos idées ont pu nous suivre à la maison.

Certains de nos chercheurs ont offert leur expertise à des équipes biomédicales dans le cadre de la lutte mondiale contre la COVID-19. Nos recherches se sont poursuivies, produisant des résultats spectaculaires dans les domaines de la matière quantique, de la simulation quantique et de la théorie des champs, ainsi que sur les fondements de la nature du temps lui-même. Nous avons appris des choses à propos de l'univers, grâce à des avancées majeures réalisées par les équipes des télescopes EHT et CHIME. Notre programme de maîtrise PSI est passé en ligne. Nos doctorants ont soutenu leur thèse par Zoom.

Le comité consultatif scientifique de l'Institut Péricentre a mené entièrement en ligne un important examen quinquennal. Comme vous le verrez plus loin, nous avons reçu un rapport élogieux sur notre évolution, nos recherches et notre place dans la communauté scientifique internationale.

Il y a eu d'autres points positifs. Notre programme d'été pour étudiants de 1^{er} cycle a en fait connu une expansion. Puisque nous n'avons pas à assumer les frais de déplacement et de séjour des participants, nous avons pu accueillir 54 étudiants au lieu de 20. Notre programme de conférences s'est lui aussi enrichi. Nos ressources pédagogiques ont été plus essentielles que jamais, et nous les avons adaptées en vue d'un meilleur apprentissage en ligne. Les exposés de physique ont eux aussi été d'une importance capitale – ils constituent pour les chercheurs un moyen crucial d'échanger *sans délai* des résultats et des idées issus de leurs travaux. Dans cet esprit, nous avons lancé cet été

L'Institut continuera de réaliser de nouvelles percées qui mettront notre pays à l'avant-garde pour les prochaines décennies, accélérant la reprise économique post-COVID et nous préparant à ce que l'avenir nous réserve.

Je tiens à remercier tous ceux qui ont partagé ma vision et contribué jusqu'à maintenant au succès de l'Institut Péricentre. Je vous encourage à persévérer dans votre engagement, car le meilleur est à venir!

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

un portail en ligne d'exposés et de séminaires de physique, tenus à l'Institut Péricentre et dans d'autres institutions, qui peuvent être consultés et cités. Nous espérons que ce portail, SciTalks.ca, jouera pour les exposés de physique le rôle joué par arXiv en ce qui concerne les articles de physique.

Je suis très fier de la manière dont la communauté de l'Institut Péricentre s'est adaptée à la pandémie – avec résilience, créativité et cœur. Nous avons uni nos efforts et ceux-ci portent fruit.

Voici peut-être la plus grande leçon que la pandémie nous ait apprise : dans un univers aussi grand et imprévisible que le nôtre, nous ne savons pas quels défis nous aurons à relever. Comme jamais auparavant, il est évident que nous ne devons pas laisser nos problèmes actuels limiter notre horizon de recherche. Nous devons penser plus loin, parce que l'horizon de notre imagination est plus vaste que celui de nos problèmes.

À titre d'exemple, nous commençons à imaginer une nouvelle vague de technologies rendues possibles par une bien meilleure connaissance du monde quantique. Ces recherches sont à la veille de changer le monde. L'Institut Péricentre se fait une fierté de détecter ces moments, et nous nous préparons à vivre le moment quantique avec une agilité entrepreneuriale. Nous avons intérêt à saisir ces possibilités.

Et pourtant, si nous limitons nos recherches à ce que nous imaginons en valoir la peine, il nous sera impossible d'aller au-delà de l'horizon défini par notre imagination.

Car il y a un troisième horizon, encore plus vaste : celui de ce qui est possible. C'est notre travail de physiciens théoriciens de cartographier ce troisième horizon. Quelque part devant nous, il y a un avenir que nous ne pouvons même pas imaginer. En tant qu'institut, et en tant que communauté humaine, nous devrions continuer de viser les étoiles.

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

UNE INSTITUTION À HAUT RENDEMENT

RAPPORT DU COMITÉ CONSULTATIF SCIENTIFIQUE

En mai 2020, le comité consultatif scientifique indépendant de l'Institut Périmètre, formé d'éminents scientifiques de calibre international, a mené un examen des 5 dernières années d'activité scientifique de l'Institut. Le comité a tenu 25 séances en ligne s'étendant sur 4 jours et 8 fuseaux horaires, analysant entre autres un rapport de 290 pages produit par l'Institut.

Vous trouverez à la page 45 la liste des membres du comité consultatif scientifique de l'Institut.

Voici un extrait, traduit de l'anglais, du rapport final d'évaluation produit par le comité consultatif scientifique (nous avons mis en évidence certains éléments).

« L'Institut Périmètre est un cas unique dans le paysage scientifique, caractérisé par **un climat avant-gardiste d'innovation, de collaboration et d'inclusion**. Il rehausse grandement la réputation du Canada en physique théorique de haut niveau et s'est rapidement avéré **un investissement très rentable pour le gouvernement**.

« L'Institut Périmètre est resté fidèle à son inspirante et ambitieuse mission fondatrice, tout en s'adaptant à de nouvelles possibilités et à une époque de changements. Les scientifiques de l'Institut ont fait **un certain nombre de découvertes marquantes** dans plusieurs domaines de recherche, et **un nombre croissant de jeunes scientifiques très talentueux et diversifiés** ont émergé de ses programmes de formation. L'Institut jouit d'une excellente réputation au sein de la communauté scientifique pour ses façons de partager de nouvelles connaissances et d'amener les chercheurs à collaborer. **Son programme remarquable de diffusion des connaissances met l'aventure de la découverte à la portée** d'élèves d'âges variés et pourrait fort bien produire une nouvelle génération de Curie et d'Einstein.

« L'Institut Périmètre a des atouts importants pour faire de la recherche dans plusieurs branches passionnantes de la physique susceptibles de donner lieu à des avancées majeures, ainsi que dans certaines autres qui donneront naissance à de nouvelles technologies. L'Institut est bien placé pour croître dans ces domaines et, le cas échéant, apporter **des contributions importantes et durables** à la science et à la technologie. »

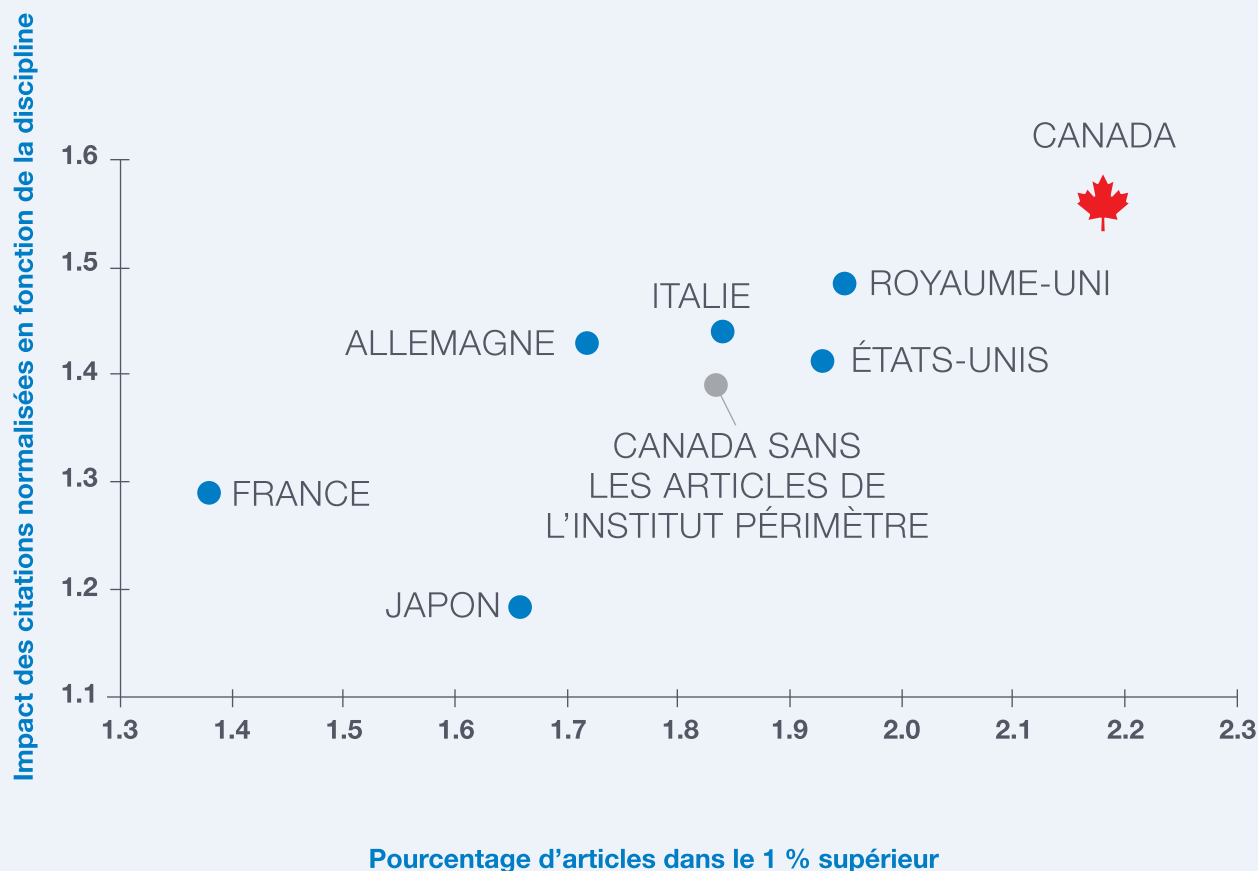
MESURE DE L'IMPACT ET DE LA QUALITÉ SCIENTIFIQUES DE L'INSTITUT PÉRIMÈTRE

Une étude récente montre que le Canada se classe premier parmi les pays du G7 en physique et en sciences de l'espace quant à des mesures-clés de la qualité et de l'impact de la recherche, et que la contribution de l'Institut Périmètre à ce classement est cruciale.

Menée par Clarivate Analytics, un chef de file mondial de l'analyse de recherches et de données, l'étude bibliométrique a porté sur l'impact et la qualité des recherches effectuées à l'Institut Périmètre. L'étude a mesuré la performance de l'Institut Périmètre au regard de celles de l'ensemble du Canada et d'autres pays en physique et en sciences de l'espace.

L'ampleur de la contribution de l'Institut Périmètre à ces résultats est particulièrement frappante quand on considère que son corps professoral ne représente qu'une petite fraction (moins de 5 %) des professeurs chercheurs en physique au Canada.

CONTRIBUTION DE L'INSTITUT PÉRIMÈTRE À LA PREMIÈRE PLACE DU CANADA PARMIS LES PAYS DU G7 POUR LA QUALITÉ ET L'IMPACT DE LA RECHERCHE EN PHYSIQUE (2019)



Ce graphique représente 2 mesures de la qualité et de l'impact scientifiques. Il montre clairement que l'Institut Périmètre compte pour beaucoup dans l'excellence canadienne en physique. Le Canada se classe premier parmi les pays du G7 pour chacune des 2 mesures, mais sans la contribution de l'Institut Périmètre, il serait dans l'ensemble au quatrième rang.

RECHERCHE

« L'Institut Périmètre a été parmi les premiers à reconnaître que la réunion de l'intelligence artificielle et de la physique quantique est cruciale pour l'avenir des deux disciplines. L'Institut a rapidement contribué à la mise sur pied d'un laboratoire dans un incubateur d'entreprises, afin que la recherche fondamentale menée à l'Institut Périmètre bénéficie d'abord à l'Ontario et au Canada. Aucun autre institut n'aurait pu passer aussi rapidement de la reconnaissance des possibilités à un laboratoire entièrement fonctionnel. » [traduction]

– Roger Melko, professeur associé à l'Institut Périmètre



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 monde¹.

6 282 articles publiés dans plus de 250 revues et dans arXiv depuis la fondation de l'Institut

743 articles publiés en 2019-2020

290 360 citations depuis la fondation de l'Institut

20 prix et distinctions en 2019-2020

COMMUNAUTÉ SCIENTIFIQUE

(au 31 juillet 2020)

24 professeurs à plein temps, dont 8 titulaires de chaire de recherche de l'Institut Péricimètre

22 professeurs associés, dont 1 titulaire de chaire de recherche de l'Institut Péricimètre

42 titulaires de chaire de chercheur invité distingué

84 postdoctorants

25 boursières Simons-Emmy-Noether (8 nouvelles en 2019-2020)

55 adjoints invités

7 chercheurs invités

108 membres affiliés

CONFÉRENCES, ATELIERS ET SÉMINAIRES

12 conférences et ateliers auxquels ont participé 995 scientifiques

4 conférences et ateliers parrainés à l'extérieur de l'Institut

289 exposés scientifiques, séminaires et colloques

13 082 exposés (en tout) dans PIRSA, le système d'archivage en ligne de l'Institut

712 271 visionnements d'exposés de l'Institut en 2019-2020

INVITÉS

353 scientifiques invités

¹Sauf indication contraire, les statistiques couvrent la période allant du 1^{er} août 2019 au 31 juillet 2020.



Davide Gaiotto, Liang Kong et Lakshya Bhardwaj – Archives de l'Institut Péricimètre

DES ÉTATS ÉTOURDISSANTS

La recherche sur les matériaux quantiques continue de révéler de nouveaux états de la matière.

Au cours de la dernière année, les chercheurs de l'Institut Péricimètre spécialistes des matériaux quantiques ont réalisé des avancées majeures qui prolongent une tendance des 30 dernières années à la découverte et à la catégorisation d'états de plus en plus exotiques de la matière, dont les propriétés quantiques mystifient, fascinent et inspirent les praticiens de la science des matériaux.

Un *état* est une forme de la matière qui possède des propriétés spécifiques. La plupart des gens connaissent 3 états communs de la matière : les solides, comme la glace et les pierres, dont la structure moléculaire rigide maintient une forme et un volume donnés; les liquides, comme l'eau et le whisky, qui conservent leur volume mais prennent la forme de leur contenant; les gaz, comme la vapeur et l'hélium, dont la forme et le volume sont tous deux variables.

L'état de la matière le plus répandu dans la nature est le plasma – dont les étoiles sont constituées. Les plasmas sont semblables aux gaz, mais ils peuvent produire des champs magnétiques et conduire l'électricité.

Depuis un siècle, les scientifiques ont créé et découvert de nombreux états de la matière qui existent dans des conditions bien précises. Mentionnons par exemple : les condensats de Bose-Einstein, état ultrafroid où la matière se comporte comme une seule particule quantique; de nouveaux supraconducteurs, où l'électricité circule avec une résistance nulle; les superfluides, qui s'écoulent avec une viscosité nulle.

À l'Institut Péricimètre, grâce à diverses initiatives dont le Centre Clay-Riddell de recherches sur la matière quantique, des progrès réalisés en physique quantique et en mathématiques continuent de révéler de nouveaux états de la matière dotés de propriétés inédites qui ne cessent de repousser les limites du possible en science des matériaux.

- Les professeurs Yin-Chen He et Chong Wang ont amélioré la connaissance des liquides de spin quantique. Cet état de la matière possède une forme inhabituelle de magnétisme. Dans un aimant normal, les particules dotées de spin s'alignent pour créer un champ magnétique. Dans un liquide de spin quantique, les spins fluctuent et se décalent collectivement, créant un champ magnétique fluide. Cette fluidité magnétique persiste même lorsque l'on amène la température du matériau près du zéro absolu.

- Le postdoctorant Aaron Szasz a étudié un type de matériau solide ultrafroid qui semble devenir un *liquide de spin chiral*. Le mot *chiral* signifie que la structure est asymétrique – l'énergie ne circule que dans un seul sens autour des bords du matériau. Le récent article d'Aaron Szasz sur les liquides de spin chiraux en a inspiré de nombreux autres, dont certains avancent que ce genre de matériau pourrait engendrer de nouveaux types de supraconducteurs.
- Le professeur Davide Gaiotto et le postdoctorant principal Theo Johnson-Freyd ont amélioré la classification d'un ensemble d'états de la matière dits « gappés ». Les particules de ces matériaux se fixent dans des états de très faible énergie, ce qui affecte les propriétés physiques des matériaux. MM. Gaiotto et Johnson-Freyd ont amélioré les outils mathématiques nécessaires pour comprendre et classer ce groupe de matériaux étranges.

Non seulement les nouveaux états de la matière satisfont la curiosité scientifique, mais leurs propriétés singulières pourraient

donner lieu à de nombreuses applications formidables, allant des ordinateurs quantiques à des réseaux plus efficaces de distribution d'électricité.

Davide Gaiotto est titulaire de la chaire Krembil-Galilée de physique théorique.

Références :

SONG, X.-Y. (Université Harvard), C. WANG (Institut Péricètre), A. VISHWANATH (U. Harvard) et Y.-C. HE (Institut Péricètre). « Unifying description of competing orders in two-dimensional quantum magnets », *Nature Communications*, vol. 10, 2019, article n° 4254, arXiv:1811.11186.

SONG, X.-Y. (Université Harvard), Y.-C. HE (Institut Péricètre), A. VISHWANATH (U. Harvard) et C. WANG (Institut Péricètre). « From spinon band topology to the symmetry quantum numbers of monopoles in Dirac spin liquids », *Physics Review X*, vol. 10, 2020, article n° 011033, arXiv:1811.11182.

SZASZ, A. (Institut Péricètre), J. MOTRUK, M.P. ZALETELET et J.E. MOORE (Université de la Californie à Berkeley). « Chiral spin liquid phase of the triangular lattice Hubbard model: A density matrix renormalization group study », *Physics Review X*, vol. 10, 2020, article n° 021042, arXiv:1808.00463.

GAOTTO, D., et T. JOHNSON-FREYD (Institut Péricètre), *Condensations in higher categories*, arXiv:1905.09566.

GAOTTO, D., et T. JOHNSON-FREYD (Institut Péricètre). « Symmetry protected topological phases and generalized cohomology », *Journal of High Energy Physics*, vol. 2019, article n° 7, arXiv:1712.07950.

LE CENTRE CLAY-RIDDELL DE RECHERCHES SUR LA MATIÈRE QUANTIQUE

Il est difficile d'exagérer les promesses de la matière quantique.

Les états exotiques de la matière dotés de propriétés quantiques joueront certainement un rôle crucial dans une nouvelle vague de technologies quantiques, dont les supraconducteurs, les ordinateurs quantiques, les capteurs quantiques et les systèmes de cryptographie quantique.

Mais pour décrire, créer et maîtriser ces états, il faut bien comprendre le fonctionnement de la matière à son niveau le plus fondamental. Nous avons besoin de théories, outils et systèmes inédits. Cette quête fait intervenir des chercheurs et des idées de plusieurs disciplines : physique de la matière condensée, informatique quantique, théorie quantique des champs, physique mathématique, théorie des cordes. Heureusement, l'Institut Péricètre possède des atouts dans tous ces domaines.

Pour exploiter ces atouts et saisir l'occasion du moment, l'Institut Péricètre inaugure le Centre Clay-Riddell de recherches sur la

matière quantique, grâce à un généreux don initial de 10 millions de dollars de la Fondation de bienfaisance de la famille Riddell.

Ce nouveau centre permettra à l'Institut Péricètre de recruter des chercheurs – professeurs, postdoctorants et étudiants – et de conclure de nouveaux partenariats dans la *Quantum Valley* en cours de développement ici même au Canada.

« Une chose remarquable à propos de la matière condensée, ou de la matière quantique en général, c'est le faible écart entre les idées théoriques et leur potentiel commercial », dit Rob Myers, directeur de l'Institut Péricètre. « C'est un domaine où l'on devrait assister à des percées fascinantes au cours de la prochaine décennie. » [traduction]

Vous trouverez aux pages 40 et 41 plus de détails sur Clay Riddell et sur la Fondation de bienfaisance de la famille Riddell.

Chong Wang, Archives de l'Institut Péricètre

*« Une chose remarquable à propos de la matière condensée, ou de la matière quantique en général, c'est le faible écart entre les idées théoriques et leur potentiel commercial. »
[traduction]*

– Robert Myers, directeur de l'Institut Péricètre





Laurent Freidel et Puttarak Jai-akson

S'ATTAQUER À DES PROBLÈMES QUANTIQUES COMPLEXES

La simulation quantique, c'est nouveau, c'est révolutionnaire, et des chercheurs de l'Institut Péricimètre sont à l'avant-garde dans ce domaine.

De nos jours, lorsque des scientifiques et des ingénieurs doivent étudier un système complexe, la première étape consiste généralement à en faire une simulation informatique. Mais dans le cas de systèmes quantiques, ils se heurtent à un mur, parce que les ordinateurs classiques ne peuvent tout simplement pas suivre plus que quelques variables quantiques.

Par exemple, les supraconducteurs sont des matériaux particuliers dans lesquels les électrons circulent sans résistance. Les chercheurs du monde entier aimeraient comprendre davantage ce phénomène, mais comme le comportement de ces électrons est fondamentalement quantique, la simulation d'un système de seulement 30 électrons exige un superordinateur parmi les plus puissants. La simulation d'un système comportant 300 électrons exigerait un ordinateur ayant davantage de bits de mémoire que le nombre d'atomes dans tout l'univers.

Mais il y a une autre solution : utiliser des bits quantiques pour suivre des variables quantiques.

La simulation quantique est la première mise en œuvre concrète de cette idée à la fois simple et brillante. En résumé, elle consiste à étudier des systèmes quantiques simples, plus faciles à maîtriser, pour s'instruire sur des systèmes complexes. Maintenant réalisée concrètement, elle marque le début d'une époque où des simulateurs permettent de s'attaquer à des problèmes quantiques complexes – aidant à concevoir des matériaux pour toutes sortes de produits, des batteries aux médicaments, et ouvrant la voie à l'étude de systèmes quantiques complexes, des condensats de Bose-Einstein jusqu'à l'intérieur de trous noirs.

- La première étape de toute simulation quantique consiste à mettre en place les systèmes quantiques à étudier. Ces systèmes sont plus faciles à manipuler et à comprendre dans leur état fondamental – tout comme il est plus facile d'étudier une nuée d'oiseaux lorsque ceux-ci sont au sol. Les états d'une nuée d'oiseaux en vol – ou d'un système quantique ayant une température finie – sont plus difficiles

à étudier, mais ils sont évidemment plus intéressants et ont davantage d'applications. Tim Hsieh, professeur à l'Institut Péricimètre, a défini un protocole souple et puissant pour établir de tels états à température finie. Il a ensuite travaillé avec l'expérimentateur Chris Monroe pour mettre en œuvre ce protocole dans un des meilleurs ordinateurs à ions piégés au monde, créant avec succès en laboratoire un *état double de champ thermique*. Cette démonstration de faisabilité du protocole a une utilité immédiate pour les théoriciens : la structure d'intrication des états doubles de champ thermique joue un rôle-clé dans la compréhension des aspects quantiques des trous noirs.

- Tester la validité des résultats d'une simulation quantique est à la fois vital et difficile. Roger Melko, professeur associé à l'Institut Péricimètre, et son équipe ont travaillé avec des expérimentateurs de l'Université Harvard sur une stratégie de validation faisant appel à l'apprentissage automatique. Les expérimentateurs ont d'abord mis en place un état quantique dans leur simulateur. L'équipe de M. Melko a ensuite tenté de reconstruire virtuellement cet état dans un réseau neuronal à partir des données de mesure issues de l'expérience. Le projet visait à mettre à l'épreuve le réseau neuronal, mais le scénario a changé lorsque l'équipe de Roger Melko a découvert par hasard une erreur dans le simulateur quantique. Ce résultat inattendu montre le rôle important que peut jouer l'apprentissage automatique dans la compréhension de la simulation quantique et de systèmes quantiques en général.

Pendant que ces chercheurs de l'Institut Péricimètre jettent les bases du domaine de la simulation quantique, d'autres s'en servent pour s'attaquer à des problèmes jusqu'à maintenant insolubles. À titre d'exemple, Beni Yoshida, professeur à l'Institut Péricimètre, a utilisé la simulation quantique pour étudier l'intérieur des trous noirs – notamment la manière dont l'information y est brouillée. Non seulement ces travaux marquants constituent la première vérification en laboratoire du phénomène de brouillage d'information quantique, mais ils ouvrent aussi une nouvelle avenue de recherche : la simulation en laboratoire de phénomènes de gravitation quantique.

La variété des travaux menés à l'Institut Péricètre en simulation quantique est un bel exemple de l'interaction entre la théorie et l'expérimentation : des idées et protocoles nouveaux rendent possibles des expériences et technologies innovatrices, qui à leur tour permettent aux théoriciens de poser de nouvelles questions. De tels allers-retours entre des paradigmes inédits et de nouveaux prototypes sont rares dans l'histoire de la physique moderne – et ont toujours donné lieu à des progrès révolutionnaires.

Références :

WU, J., et T. HSIEH (Institut Péricètre). « Variational thermal quantum simulation via thermofield double states », *Physical Review Letters*, vol. 123, 2019, article n° 220502, arXiv:1811.11756.

HO, W.W. (Université Harvard), et T. HSIEH (Institut Péricètre). « Efficient variational simulation of non-trivial quantum states », *SciPost Physics*, vol. 6, 2019, article n° 029, arXiv:1803.00026.

DÉMYSTIFIER L'UNIVERS PRIMITIF



Christine Muschik

La professeure associée Christine Muschik vient d'enrichir la « boîte à outils de simulation quantique » de son équipe. Ces outils utilisent l'informatique quantique et l'informatique classique pour simuler les comportements de particules et forces fondamentales. M^{me} Muschik, qui dirige une nouvelle initiative conjointe de l'Institut Péricètre et de l'IQC appelée *Simulations quantiques d'interactions fondamentales*, cherche à démystifier la physique des particules à haute énergie de l'univers primitif et le fonctionnement interne des étoiles à neutrons, ainsi qu'à répondre à de nombreuses autres questions ouvertes en physique théorique.

Des ordinateurs quantiques de plus en plus puissants permettent de créer des modèles plus précis, complets et complexes d'interactions quantiques. Au cours de la dernière année, l'équipe de M^{me} Muschik a fait des progrès dans le domaine des *théories de jauge en treillis*, qui considèrent l'espace comme un treillis de minuscules particules plutôt que comme un continuum lisse. Elle est déjà en contact avec des physiciens expérimentateurs pour mettre à l'épreuve les simulations de son équipe au regard d'observations du monde réel.

« La technologie quantique se développe rapidement, dit-elle, et cela représente d'énormes possibilités scientifiques. Dans l'avenir, ce serait fantastique d'étudier si nos algorithmes hybrides classiques-quantiques pourront bénéficier des méthodes d'apprentissage automatique pour faire progresser encore davantage cette technologie. » [traduction]

ZHU, D. (Université du Maryland), S. JOHRI (Intel), N.M. LINKE, K.A. LANDSMAN, N.H. NGUYEN, C. HUERTE ALDERETE, A.Y. MATSUURA (U. du Maryland), T.H. HSIEH (Institut Péricètre) et C. MONROE (U. du Maryland). « Generation of thermofield double states and critical ground states with a quantum computer », *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 177, n° 41, 2020, arXiv:1906.02699.

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

TORLAI, G. (Institut Péricètre), B. TIMAR, E.P.L. VAN NIEUWENBURG (Caltech), H. LEVINE, A. OMRAN, A. KEESLING (Université Harvard), H. BERNIEN (Université de Chicago), M. GREINER (U. Harvard), V. VULETIĆ (MIT), M.D. LUKIN (U. Harvard), R.G. MELKO (Institut Péricètre et Université de Waterloo) et M. ENDRES (Caltech). « Integrating neural networks with a quantum simulator for state reconstruction », *Physical Review Letters*, vol. 123, 2019, article n° 230504, arXiv:1904.08441.

UN SAUT QUANTIQUE

On peut voir les simulateurs quantiques comme des ordinateurs quantiques à destination unique. Comme les ordinateurs analogiques des années 1940, un simulateur quantique crée un analogue physique du système à l'étude. Comme les ordinateurs des années 1940, un simulateur quantique permet aux chercheurs de s'attaquer à des problèmes qu'ils n'auraient pas pu aborder 10 ans auparavant.

Mais malgré toutes leurs promesses et toute leur utilité immédiate, les simulateurs quantiques ne constituent qu'une étape. Un type différent d'ordinateur quantique – un ordinateur quantique numérique général – pointe à l'horizon. Des chercheurs de l'Institut Péricètre contribuent à jeter les bases de cette deuxième et plus puissante vague du calcul quantique.

Par exemple, l'une des plus grandes difficultés des ordinateurs quantiques a trait aux erreurs de mesure. La postdoctorante Lena Funcke et ses collaborateurs viennent de mettre au point une méthode de réduction de ces erreurs. Fortement générale, cette nouvelle méthode peut s'appliquer à tout opérateur, à un nombre quelconque de qubits et à toute probabilité réaliste d'inversion d'un bit. L'équipe a vérifié mathématiquement son idée, puis l'a testée avec succès sur un ordinateur quantique d'IBM, diminuant finalement d'un ordre de grandeur les erreurs de mesure.

Il s'agit d'un bond de géant vers notre avenir quantique.

Référence :

FUNCKE, L. (Institut Péricètre), T. HARTUNG, K. JANSEN, S. KÜHN, P. STORNATI et X. WANG. *Measurement error mitigation in quantum computers through classical bit-flip correction*, arXiv:2007.03663.



Lena Funcke



Flaminia Giacomini

LES HORLOGES DEVIENNENT QUANTIQUES

« Il y a un problème avec le temps. » [traduction]

Voilà comment Flaminia Giacomini, postdoctorante à l'Institut Périclète, résume l'idée principale qui sous-tend ses recherches.

Ces nouveaux travaux commencent comme une grande partie de la physique moderne : avec le constat désolant que nous n'avons pas une, mais deux théories de l'univers. Il y a la généralisation de la mécanique quantique, que l'on appelle *physique quantique*, et la théorie de la gravitation d'Einstein, appelée *relativité générale*. Elles sont notoirement difficiles à combiner, en partie parce qu'elles reposent sur des idées différentes. Et la notion de temps est l'une d'entre elles.

Le temps quantique est en fait le plus simple des deux : à l'échelle quantique, le temps s'écoule de manière fiable dans son contexte, et la mesure du temps implique simplement de regarder la bonne horloge.

Les choses sont plus complexes avec la relativité.

« Dans la relativité générale, le temps est dynamique », dit M^{me} Giacomini. Autrement dit, dans la relativité générale, une horloge est influencée par ce qui l'entoure. Plus précisément, le temps s'incurve et s'étire au voisinage d'objets dotés d'une masse. Lorsque des horloges passent au voisinage d'un tel objet, les choses peuvent devenir confuses. Comme dit M^{me} Giacomini : « On peut avoir plusieurs horloges ayant des trajectoires différentes, et elles n'avanceront pas de la même manière. » [traduction]

M^{me} Giacomini et ses collègues chercheurs à l'Université de Vienne ont conçu une expérience de la pensée pour combiner les points de vue einsteinien et quantique sur le temps.

Ils ont d'abord considéré ce qui arrive lorsque des horloges physiques sont placées dans un champ gravitationnel. Selon la théorie de la relativité générale d'Einstein, une horloge avance plus lentement si elle est placée près d'un objet massif tel qu'une planète ou une étoile. « Plus près veut dire plus lent, dit-elle. Plus une horloge est proche de la masse, plus elle avance lentement. » [traduction]

L'équipe a ensuite ajouté la perspective quantique. En physique quantique, une particule peut avoir une position incertaine : jusqu'à ce qu'on la mesure, elle n'est pas dans une position précise, mais dans une gamme de positions possibles. Si l'on plaçait une horloge près d'une particule massive dont la position est ainsi incertaine, le rythme auquel l'horloge avance deviendrait lui aussi incertain.

Si l'on ajoute une seconde horloge, les choses deviennent carrément étranges. Non seulement les deux horloges donneront des moments différents pour un même événement, mais elles ne s'entendront même pas pour dire si l'événement survient à un moment précis ou non.

Ces travaux révolutionnaires obligent les physiciens à revoir leur notion selon laquelle un *événement* survient à un point précis dans le temps. Un moment dans le temps devient aussi ambigu et probabiliste que la position d'une particule quantique.

Cela a de profondes implications. Cette incertitude signifie que le tic-tac d'une horloge peut survenir à la fois avant et après le tic-tac d'une autre. Des événements ne peuvent plus être étiquetés comme premier et second, venant avant et après, ou comme cause et effet.

M^{me} Giacomini prévoit dorénavant étudier comment le fait de tenir compte du cadre de référence de l'observateur pourrait contribuer à résoudre ou à éclairer l'apparente incertitude du temps.

Un cadre de référence indique, par exemple, si quelqu'un qui a une horloge se trouve à bord d'un vaisseau spatial se déplaçant à grande vitesse ou s'il regarde passer le vaisseau en question. Dans la relativité générale, il est toujours possible d'ignorer la courbure de l'espace-temps, à condition de choisir le bon cadre de référence local. L'équipe de Vienne a découvert qu'avec le bon cadre de référence, le temps peut à nouveau sembler précis.

M^{me} Giacomini a déjà élaboré le formalisme qui permet d'entrer dans de tels cadres de référence et d'en sortir, ce qui n'est pas facile parce que les relations entre différents cadres de référence quantiques créent aussi de l'incertitude. Maintenant, elle va encore plus loin dans ce sens. Elle veut faire de ces cadres de référence une « superposition d'espaces-temps ». Autrement dit,

elle conçoit un cadre de référence qui est à la fois ici et là, à la fois avant et après.

C'est une entreprise difficile, mais qui rapporte beaucoup.

« Nous arrivons rapidement à des questions très profondes sur la nature du monde dans lequel nous vivons » [traduction], dit M^{me} Giacomini.

Et il n'y a rien comme de grandes questions pour alimenter la recherche de grandes réponses.

Flaminia Giacomini est récipiendaire de la bourse postdoctorale Yvonne-Choquet-Bruhat de l'Institut Périclète.

Référence :

CASTRO-RUIZ, E. (IQOQI de Vienne), F. GIACOMINI (Institut Périclète), A. BELENCHIA (Université Queen's de Belfast) et C. BRUKNER (IQOQI de Vienne). « Quantum clocks and the temporal localisability of events in the presence of gravitating quantum systems », *Nature Communications*, vol. 11, 2020, article n° 2672, arXiv:1908.10165.

LA PLUS GRANDE CARTE 3D DE L'UNIVERS

Certaines des lacunes les plus importantes de notre exploration de l'histoire de l'univers ont été comblées cette année, grâce à une nouvelle analyse produite par le programme SDSS (*Sloan Digital Sky Survey* – Relevé numérique du ciel de la Fondation Sloan).

En juillet, SDSS a publié une analyse complète de la plus grande carte tridimensionnelle de l'univers jamais produite. Au cœur de ces nouveaux résultats figurent des mesures détaillées de plus de 2 millions de galaxies et de quasars, couvrant 11 milliards d'années de temps cosmique. Ces mesures ont aidé les chercheurs à faire des calculs précis de l'expansion de l'univers à différentes époques.

Ces résultats proviennent du projet eBOSS (*Extended Baryon Oscillation Spectroscopic Survey* – Relevé spectroscopique étendu des oscillations baryoniques), relevé du programme SDSS le plus récent et dont Will Percival est le scientifique responsable. Ils représentent le point culminant de 15 ans de travaux pour M. Percival, également directeur du Centre d'astrophysique de l'Université de Waterloo, où il est titulaire de la chaire éminente Mike-et-Ophelia-Lazaridis d'astrophysique.

« Nous sommes extraordinairement fiers non seulement des résultats d'eBOSS, mais aussi des outils et mécanismes que nous avons mis au point pour analyser les données, dit M. Percival. Ils seront extrêmement précieux lorsque la prochaine génération de relevés de galaxies sera prête. » [traduction]

Références :

Cette recherche a donné lieu à 23 articles, dont les suivants :

PROJET EBOSS. « The completed SDSS-IV extended Baryon Oscillation Spectroscopic Survey: Large-scale structure catalogues for cosmological analysis », *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society (MNRAS)*, vol. 498, n° 2, 2020.

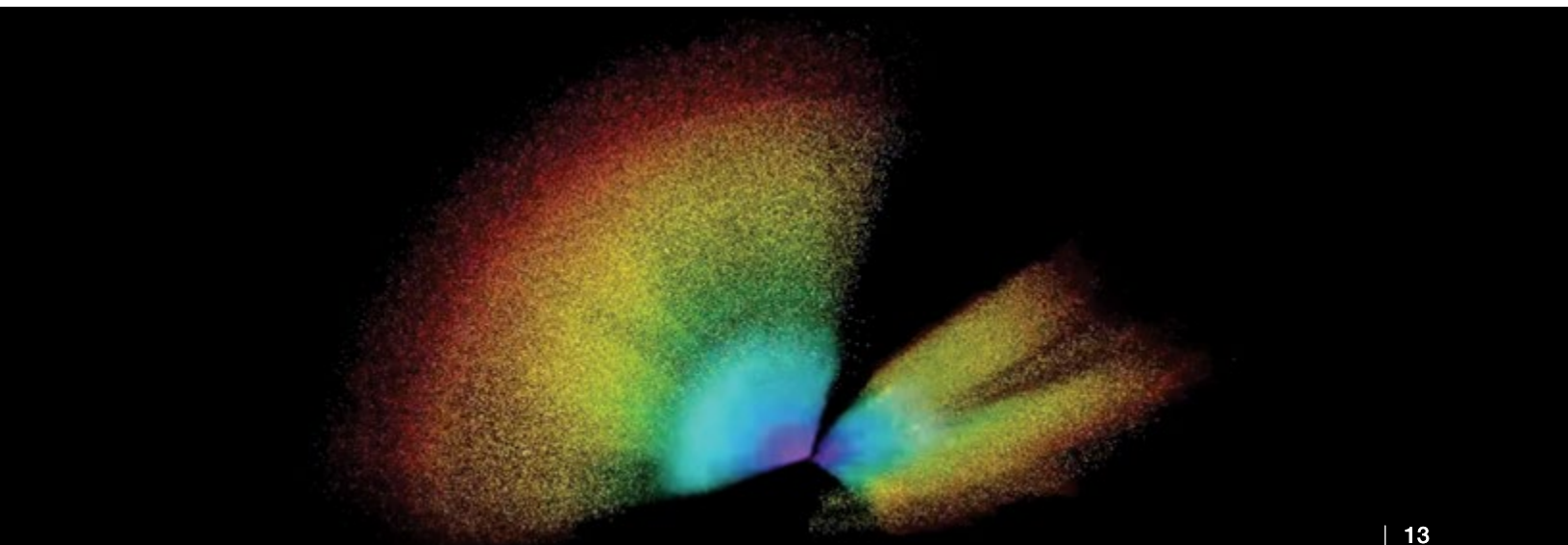
PROJET EBOSS. « The completed SDSS-IV extended Baryon Oscillation Spectroscopic Survey: Measurement of the BAO and growth rate of structure of the luminous red galaxy sample from the anisotropic power spectrum between redshifts 0.6 and 1.0 », *MNRAS*, vol. 498, n° 2, 2020.

PROJET EBOSS. « The completed SDSS-IV extended Baryon Oscillation Spectroscopic Survey: BAO and RSD measurements from anisotropic clustering analysis of the quasar sample in configuration space between redshift 0.8 and 2.2 », *MNRAS*, vol. 498, n° 2, 2020.

PROJET EBOSS. « The completed SDSS-IV extended Baryon Oscillation Spectroscopic Survey: BAO and RSD measurements from the anisotropic power spectrum of the quasar sample between redshift 0.8 and 2.2 », *MNRAS*, vol. 498, n° 2, 2020.

PROJET EBOSS. *The completed SDSS-IV extended Baryon Oscillation Spectroscopic Survey: cosmological implications from two decades of spectroscopic surveys at the Apache Point observatory*, arXiv:2007.08991.

Cette carte montre 11 milliards d'années d'histoire de l'univers. Les galaxies les plus proches de la Terre sont en violet et en bleu, et les galaxies les plus éloignées en jaune et en rouge. (Image © EPFL)





Davide Gaiotto et Kevin Costello – Archives de l'Institut Périclète



MATHÉMATIQUES ET PHYSIQUE : UNE BELLE SYNERGIE

Kevin Costello est mathématicien. Davide Gaiotto est physicien mathématicien. Ensemble, ils forment un tandem d'une grande force scientifique.

Depuis des siècles – au moins depuis que Newton a inventé l'analyse mathématique pour faire fonctionner la mécanique classique –, les mathématiques et la physique se suivent et se croisent sans cesse. La frontière entre les mathématiques et la physique s'est avérée vague et mouvante, parfois défendue avec énergie. Les physiciens et les mathématiciens ne travaillent pas souvent main dans la main.

À l'Institut Périclète, les choses sont différentes. MM. Costello et Gaiotto travaillent surtout ensemble. De fait, ils sont titulaires de 2 chaires aux noms prestigieux financées par la Fondation Krembil. Leur collaboration a rapidement produit des résultats marquants qui, selon eux, prouvent la puissance d'une véritable synergie – trop rare à leur avis – entre les mathématiques et la physique. Voici la version française de réflexions qu'ils ont partagées récemment.

« D'autres institutions ont essayé de réunir les mathématiques et la physique, dit M. Costello, mais je ne sais pas si elles ont connu du succès. »

« Par contre, à l'Institut Périclète, nos étudiants sont tous ensemble, dit M. Gaiotto. Et pas seulement les étudiants. Nous avons de plus en plus de mathématiciens, et une forte concentration de physiciens intéressés par les mathématiques. »

« Nous avons même convaincu quelques purs mathématiciens de parler de théorie quantique des champs (TQC) », ajoute M. Costello. À l'été 2019, les deux chercheurs ont contribué à organiser un atelier pour mathématiciens sur la TQC. Ils ont constaté avec plaisir que cet atelier attirait des participants de haut niveau.

« Ce n'est pas seulement accidentel, cela vient d'efforts concrets, dit M. Gaiotto. Mais je ne pense pas que les mathématiques doivent devenir davantage de la physique, ou vice versa. »

« Chaque domaine a ses propres partis pris », dit M. Costello.

Et Davide Gaiotto d'ajouter : « Chaque domaine a ses forces et ses faiblesses. Mais ce dont je suis certain, c'est que nous réussissons mieux ensemble. »

Kevin Costello est titulaire de la chaire Krembil-William-Rowan-Hamilton de physique théorique, et Davide Gaiotto est titulaire de la chaire Krembil-Galilée de physique théorique.

LA PHYSIQUE PEUT-ELLE AIDER À COMBATTRE LA COVID-19?

Ce ne sont pas des cosmologistes qui vont vaincre la pandémie de COVID-19. Mais quand le nouveau coronavirus a commencé à se répandre dans le monde au printemps 2020, de nombreux chercheurs de l'Institut Périclète ont offert leurs compétences en mathématiques, en modélisation et en résolution de problèmes pour venir en aide aux chercheurs en sciences de la santé. En voici quelques exemples.

LOGICIEL DE SUIVI DES MUTATIONS

Le cosmologiste et professeur Kendrick Smith est un expert de classe mondiale dans l'élaboration de techniques mathématiques qui servent à extraire des propriétés physiques fondamentales à partir de données d'astronomie. Pendant la pandémie, M. Smith met ses compétences au service des chercheurs de l'Université McMaster et de l'hôpital Sunnybrook, les aidant à réaliser des logiciels pour le séquençage du génome d'échantillons du virus responsable de la COVID-19. Appelé SIGNAL, ce logiciel est rapidement devenu le principal logiciel de séquençage génétique utilisé en Ontario afin de mieux comprendre la propagation du virus.

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

Référence : NASIR, J.A. (Université McMaster), R.A. KOZAK, P. AFTANAS (Hôpital Sunnybrook), A.R. RAPHENYA (U. McMaster), K.M. SMITH (Institut Périclète), F. MAGUIRE (Université Dalhousie), H. MAAN (Réseau universitaire de la santé – RUS), M. ALRUWAILI (Université de Liverpool), A. BANERJEE (U. McMaster), H. MBARECHE (H. Sunnybrook), B.P. ALCOCK (U. McMaster), N.C. KNOX (Laboratoire national de microbiologie), K. MOSSMAN (U. McMaster), B. WANG (RUS), J.A. HISCOX (U. de Liverpool), A.G. MCARTHUR (U. McMaster), S. MUBAREKA (H. Sunnybrook). « A comparison of whole genome sequencing of SARS-CoV-2 using amplicon-based sequencing, random Hexamers, and bait capture », *Viruses*, vol. 12, n° 8, 2020, n° PubMed : 32824272.

SCHÉMAS DE TESTS GROUPÉS

Pour rendre les tests de la COVID-19 davantage disponibles, le professeur Neil Turok a travaillé avec des collègues de l'AIMS (*African Institute for Mathematical Sciences* – Institut africain de sciences mathématiques) à la mise au point de nouveaux algorithmes de tests groupés – qui consistent à combiner des échantillons de nombreuses personnes pour les tester ensemble.

Les tests groupés ne sont pas nouveaux, mais M. Turok et ses collègues ont trouvé une nouvelle manière de les effectuer. Leur méthode, fondée sur la géométrie de cubes à plus de 3 dimensions, peut diminuer de manière spectaculaire le nombre de tests nécessaires pour identifier les personnes infectées au sein d'un groupe. Cette méthode est actuellement mise à l'essai au Rwanda et en Afrique du Sud, où elle a permis de diviser par 15 le coût des tests massifs de la COVID-19.

Neil Turok est titulaire de la chaire Mike-et-Ophelia-Lazaridis-Niels-Bohr de physique théorique.

Référence : MUTESA, L. (Université du Rwanda), P. NDISHIMYE (AIMS), Y. BUTERA, J. SOUOPGUI, A. UWINEZA, R. RUTAYISIRE (U. du Rwanda), E.L. NDORICIMPAYE, E. MUSONI, N. RUJENI, T. NYATANYI, E. NTAGWABIRA, M. SEMAKULA, C. MUSANABAGANWA, D. NYAMWASA (Groupe de travail du Rwanda sur la COVID – GTRC), M. NDASHIMYE, E. UJENEZA (AIMS), I.E. MWIKARAGO, C. MAMBO MUVUNYI, J.B. MAZARATI, S. NSANZIMANA (GTRC), N. TUROK (Institut Périclète) et W. NDIFON (AIMS). « A pooled testing strategy for identifying SARS-CoV-2 at low prevalence », *Nature*, 2020.

MODÉLISATION D'ÉCLOSIONS LOCALES

Le professeur associé Niayesh Afshordi est un astrophysicien qui se dit obsédé par les indices observationnels concernant l'univers sombre. À l'instar des astronomes qui cherchent comment la matière et l'énergie sombres fonctionnent en étudiant des relevés de galaxies, M. Afshordi et ses collaborateurs de l'Université de Waterloo et du géant informatique Wolfram Research ont analysé un ensemble complet de données locales sur l'épidémie de COVID-19 aux États-Unis, afin de mettre le doigt sur les facteurs en cause.

L'équipe a ensuite fait appel à des techniques statistiques issues de la cosmologie pour construire un modèle du comportement du coronavirus ville par ville et comté par comté. Le modèle final est maintenant accessible sous forme d'un tableau de bord public qui peut aider les autorités locales à faire une bonne planification et à sauver des vies.

Référence : AFSHORDI, N. (Institut Périclète et Université de Waterloo), B. HOLDER (U. de Waterloo), M. BAHIRAMI et D. LICHTBLAU (Wolfram). *Diverse local epidemics reveal the distinct effects of population density, demographics, climate, depletion of susceptibles, and intervention in the first wave of COVID-19 in the United States*, arXiv:2007.00159.

MODÉLISATION DE RÉSEAUX

Le postdoctorant Mark Penney a mis de côté ses travaux en physique mathématique pour se joindre à des biologistes mathématiciens de l'Université de Waterloo et de l'Université de Guelph, afin de travailler sur un modèle informatique de la propagation de la COVID-19. Utilisant une démarche inhabituelle de modélisation fondée sur la théorie des réseaux et la physique de la percolation, l'équipe élabore de nouvelles connaissances utiles sur la manière dont le coronavirus percole dans nos réseaux sociaux.

Leurs travaux pourraient s'avérer utiles sous plusieurs angles. Par exemple, les chercheurs croient qu'une stratégie consistant à vacciner ceux qui ont beaucoup de liens sociaux – après les avoir identifiés à l'aide d'une appli de notification d'exposition à la COVID – permettrait d'obtenir une immunité collective en vaccinant beaucoup moins de personnes.

ÉQUITÉ, DIVERSITÉ ET INCLUSION

CHANGER LE VISAGE DE LA RECHERCHE

« Ce fut pour moi un rare privilège d'être dans un institut parmi tant de collègues avec qui je pouvais discuter de projets de recherche et éventuellement collaborer. » [traduction]

– Katie Mack, boursière Simons-E Emmy-Noether 2019-2020

Beaucoup des plus grandes contributions à la science ont été le fait de membres de groupes auparavant exclus qui ont amené des perspectives et idées nouvelles – Albert Einstein et Emmy Noether en sont des exemples remarquables du XX^e siècle. L'Institut Péricimètre reconnaît que des déséquilibres subsistent, à l'Institut comme en physique théorique en général, et il pose des gestes concrets pour accroître l'équité, la diversité et l'inclusion.

INITIATIVES DE L'INSTITUT PÉRICIMÈTRE EN 2019-2020

Cette année, nous avons formé un partenariat avec ShiftHealth afin que l'ensemble de la communauté de l'Institut dispose d'une feuille de route et d'un plan d'action favorisant l'équité, la diversité, l'inclusion et l'accessibilité.

L'équité, la diversité et l'inclusion ont été intégrées dans tous les efforts de recrutement de professeurs.

Flaminia Giacomini a obtenu la bourse Yvonne-Choquet-Bruhat, une parmi plusieurs bourses postdoctorales portant le nom de chercheuses célèbres et créées pour attirer des scientifiques exceptionnelles.

Le Tremplin vers l'inclusion à l'IP, formé de 11 groupes de travail totalisant 50 personnes, poursuit ses travaux. Les chercheurs, le personnel et les étudiants de l'Institut Péricimètre qui animent le Tremplin amènent tous les membres de la communauté de l'Institut à participer aux efforts en faveur de l'équité, de la diversité et de l'inclusion, à former une communauté et à créer un milieu de travail exceptionnel. Des groupes de travail abordent entre autres les sujets suivants : le mentorat, la santé mentale, l'organisation de séminaires et de rencontres, la diversité en physique, l'accessibilité, de même que le soutien à la carrière et à la parentalité.

Voici quelques réalisations du Tremplin vers l'inclusion à l'IP en 2019-2020 :

- Le groupe de travail sur la santé mentale a organisé à intervalles réguliers des repas de midi pour les résidents de

l'Institut Péricimètre, afin de discuter de questions de santé mentale et donner des renseignements sur le soutien offert par l'Institut.

- Le groupe de travail sur les politiques contre le harcèlement a réécrit les politiques anti-harcèlement dans un langage simple et non ambigu.
- Le groupe de travail sur les personnes LGBTQ+ a présenté un atelier d'information très couru sur l'inclusivité en milieu de travail et a organisé un certain nombre d'activités sociales.
- Le groupe de travail sur les politiques relatives à la parentalité a reconnu la nécessité de plus de soutien pour les parents travaillant à la maison pendant la pandémie. L'Institut Péricimètre a donc fourni aux personnes qui en avaient besoin une aide temporaire à la garde d'enfants.

L'équipe de diffusion des connaissances a mené des consultations auprès d'enseignants autochtones de collectivités nordiques et de la Nouvelle-Écosse, afin d'adapter les ressources pédagogiques et les méthodes d'enseignement (plus de détails à la page 34).

En partenariat avec des bailleurs de fonds privés et publics, l'Institut Péricimètre a continué d'offrir gratuitement ou à faible coût ses programmes aux élèves du secondaire, aux étudiants de 1^{er} cycle universitaire, aux étudiants diplômés et aux enseignants, afin que les conditions socio-économiques ne soient pas un obstacle à l'accès à ces ressources.

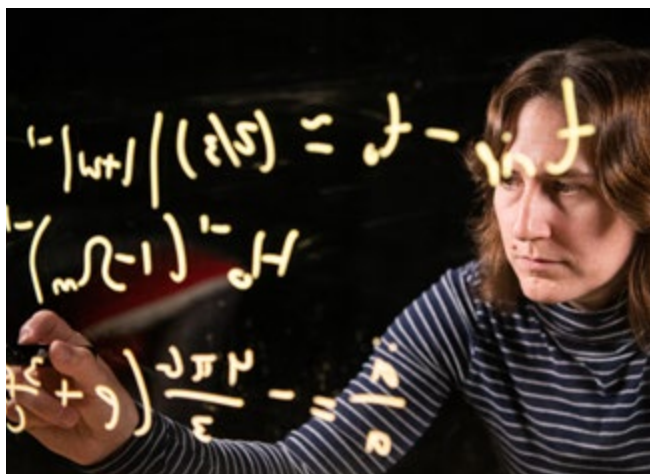
La conférence Inspiring Future Women in Science
(Inspirer les futures scientifiques), mars 2020

INITIATIVES EMMY-NOETHER

Les initiatives de l'Institut Péricimètre en vue d'amener et de retenir davantage de femmes en sciences portent collectivement le nom de la grande mathématicienne allemande Emmy Noether, dont les travaux sous-tendent une bonne partie de la physique moderne. Les initiatives Emmy-Noether visent à outiller et à soutenir les femmes pour qu'elles mènent avec succès une carrière en physique. Ces initiatives vont d'activités pour des élèves du secondaire à des programmes d'études supérieures et de perfectionnement professionnel pour chercheuses. Elles sont financées grâce entre autres à la générosité du Conseil Emmy-Noether et de donateurs.



LE PROGRAMME DE BOURSES SIMONS-EMMY-NOETHER



Katie Mack

Financé par la Fondation Simons, ce programme s'adresse à des femmes en début ou en milieu de carrière venues du monde entier et exceptionnellement prometteuses. Les boursières passent jusqu'à un an dans le milieu dynamique et amical de l'Institut Péricentre, où elles peuvent se consacrer entièrement à leurs recherches en étant libérées de leurs tâches d'enseignement et d'administration.

Chaque boursière bénéficie d'un soutien individualisé qui peut comprendre les éléments suivants : congés d'enseignement, frais de déplacement, logement, services de garde d'enfants, aide partielle au déplacement du conjoint ou partenaire, aide au déplacement d'étudiants diplômés ou de postdoctorants appartenant à l'équipe de la boursière, soutien administratif et logistique complet. De nombreuses boursières Simons-Emmy-Noether reviennent à l'Institut au cours des années suivantes, créant des liens avec l'Institut Péricentre et la communauté scientifique élargie. Ce programme a des effets remarquables.

En 2019-2020 :

- 8 boursières et boursières invitées ont passé en tout 368 jours à faire des recherches et travailler en collaboration à l'Institut Péricentre;
- des boursières actuelles ou antérieures ont publié, rédigé ou mis à jour plus de 25 articles résultant de leurs séjours de recherche;
- 7 boursières ont fait 11 exposés à l'Institut Péricentre, dont une conférence publique de Katie Mack visionnée plus de 18 000 fois dans YouTube;
- la visibilité internationale et les possibilités de collaboration scientifique inhérentes à ces bourses a joué un rôle important dans l'obtention de bourses et de subventions par des boursières Simons-Emmy-Noether;
- la cosmologiste Katie Mack a terminé son ouvrage intitulé *The End of Everything (Astrophysically Speaking)* (La fin de tout – sur le plan astrophysique) pendant son séjour à l'Institut Péricentre. Ce livre a été l'un des choix des éditeurs du *New York Times* en août 2020.

LE 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 Péricentre

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

Sandra Wear

BOURSIÈRES SIMONS-EMMY-NOETHER EN 2019-2020²

Sayantani Bhattacharyya, École des sciences physiques de l'Institut national d'enseignement et de recherche scientifiques

Cecilia Chirenti, Université fédérale de l'ABC

Lavinia Heisenberg, École polytechnique fédérale de Zurich

Wei Li, Institut de physique théorique, Académie chinoise des sciences

Katie Mack, Université d'État de Caroline du Nord

Catherine Meusburger, Université Friedrich-Alexander d'Erlangen-Nuremberg

Monika Mościbrodzka, Université Radboud

Sylvie Paycha, Université de Potsdam

« Depuis déjà plus de 2 ans, je travaillais à résoudre étape par étape un problème à long terme, et je prévoyais y passer encore 2 ans. Mais au cours d'une discussion à l'Institut Péricentre avec un autre scientifique invité (Masahito Yamazaki), nous avons résolu le problème en employant une autre méthode. Cette collaboration a constitué un heureux hasard, parce qu'avant notre discussion, il ne travaillait pas sur ce problème et je ne connaissais pas une technique cruciale dont il est l'expert. » [traduction]

– Wei Li, boursière Simons-Emmy-Noether en 2019-2020

² Les séjours de 3 des nouvelles boursières Simons-Emmy-Noether ont été reportés en raison de la pandémie.



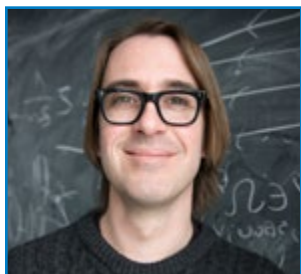
PRIX, DISTINCTIONS ET SUBVENTIONS MAJEURES

- **Avery Broderick**, professeur associé et titulaire de la chaire Famille-Delaney-Archibald-Wheeler de l'Institut PÉRIMÈTRE, a remporté plusieurs prix en tant que membre du consortium du télescope EHT (*Event Horizon Telescope* – Télescope Horizon des événements) : le *Breakthrough Prize* (Prix du progrès scientifique) 2020; la médaille Einstein, de la Société Albert-Einstein; le prix Nelson-P.-Jackson de l'aérospatiale; le prix Bruno-Rossi 2020, de la Société américaine d'astronomie; le Prix américain d'ingéniosité en sciences physiques, de l'Institution Smithsonian.
- **Niayesh Afshordi**, professeur associé, a remporté le grand prix Buchalter de cosmologie 2019. C'était la 6^e fois en 6 ans de leur existence que les prix Buchalter de cosmologie reconnaissent la recherche de pointe effectuée à l'Institut PÉRIMÈTRE.
- **Kevin Costello**, professeur à plein temps et titulaire de la chaire Krembil-William-Rowan-Hamilton, a remporté le prix Leonard-Eisenbud de la Société américaine de mathématiques et a été reçu membre honoraire de l'Académie royale d'Irlande.
- **Matthew Johnson**, professeur associé, est membre du consortium de simulateurs quantiques pour la physique fondamentale, qui a obtenu une subvention majeure du Conseil des installations de science et technologie du Royaume-Uni.
- **Luis Lehner**, président du corps professoral, a fait partie de la liste TD 2019 des 10 Canadiens hispaniques les plus influents.
- **Christine Muschik**, professeure associée, a obtenu une bourse de recherche Sloan et a été choisie comme boursière du programme des chercheurs mondiaux Azrieli de l'Institut canadien de recherches avancées. Ces 2 bourses sont attribuées à d'exceptionnels chercheurs en début de carrière.
- **Ue-Li Pen**, professeur associé, a obtenu une bourse de recherche de la Fondation Humboldt, de même qu'une bourse de recherche Simons. Il a également été l'un des récipiendaires d'un prix du Gouverneur général pour l'Innovation en tant que membre de l'équipe du télescope CHIME, ainsi que du Prix du progrès scientifique 2020 en tant que membre du consortium du télescope EHT.
- **Kendrick Smith**, professeur à plein temps et titulaire de la chaire Famille-Daniel-James-Peebles, le professeur associé **Ue-Li Pen**, l'informaticien Dustin Lang et d'autres chercheurs de l'Institut PÉRIMÈTRE ont reçu un prix du Gouverneur général pour l'Innovation en tant que membres de l'équipe du télescope CHIME. M. Smith a également reçu un prix *New Horizons* (Nouveaux horizons) en physique 2020 attribué par la Fondation *Breakthrough Prize* (Prix du progrès scientifique).
- **Sebastian Steinhaus**, postdoctorant, a obtenu une prestigieuse subvention de recherche de 1 million d'euros du programme Emmy-Noether de la Fondation allemande de la recherche.
- **Pedro Vieira**, professeur à plein temps et titulaire de la chaire Clay-Riddell-Paul-Dirac, a obtenu en tant que chercheur principal un renouvellement de la subvention accordée par la Fondation Simons à une grande équipe internationale sur la théorie autocohérente non perturbative, de même qu'un prix *New Horizons* (Nouveaux horizons) 2020 en physique attribué par la Fondation *Breakthrough Prize* (Prix du progrès scientifique).
- **Huan Yang**, professeur associé, a obtenu un prix d'excellence en recherche remis à un professeur adjoint par le Collège d'ingénierie et de sciences physiques de l'Université de Guelph.

En 2019-2020, des scientifiques de l'Institut PÉRIMÈTRE ont obtenu 1,45 million de dollars en nouvelles subventions de recherche du Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada, ainsi que des subventions et des bourses d'autres organismes.

DES CHERCHEURS DE L'INSTITUT PÉRIMÈTRE HONORÉS

KEVIN COSTELLO REÇOIT LE PRIX EISENBUD



Kevin Costello, professeur à l'Institut Périmètre, a remporté le prix Leonard-Eisenbud 2020 de mathématiques et physique, attribué par la Société américaine de mathématiques, pour ses travaux influents visant à rapprocher les mathématiques et la physique. Titulaire de la chaire Krembil-William-

Rowan-Hamilton de physique théorique, M. Costello est un physicien mathématicien de premier plan qui utilise des outils mathématiques pour étudier la théorie des cordes et la théorie quantique des champs.

« Il est respecté autant par les physiciens que par les mathématiciens, et joue un rôle unique dans l'exploration de terrains nouveaux et fertiles où les deux communautés scientifiques peuvent explorer ensemble divers axes de recherche, même lorsqu'il s'agit de parvenir à une meilleure compréhension de phénomènes connus importants » [traduction], peut-on lire dans la citation qui accompagne le prix Eisenbud.

M. Costello a déclaré que c'était un grand honneur de recevoir ce prix, qui est remis tous les 3 ans, mais il a rapidement ajouté que le prix récompensait tout autant ses collaborateurs et le milieu de recherche de l'Institut Périmètre. « La recherche interdisciplinaire en mathématiques et physique est quelque chose dans laquelle l'Institut Périmètre excelle » [traduction], a-t-il déclaré.

Originaire de Cork, en Irlande, M. Costello a également été reçu cette année membre honoraire de l'Académie royale d'Irlande. L'Académie royale d'Irlande est un forum indépendant fondé en 1785. L'élection à titre de membre est considérée comme la plus haute distinction académique en Irlande. Le statut de membre honoraire est généralement réservé à des universitaires qui ont apporté une contribution majeure dans leur discipline, mais qui ne vivent pas en Irlande.

« On dit que le livre de la nature est écrit dans la langue des mathématiques. Personne ne s'exprime dans cette langue d'une manière plus éloquente que Kevin Costello », a déclaré Robert Myers, directeur de l'Institut Périmètre. « Ses travaux représentent exactement les recherches auxquelles l'Institut Périmètre s'emploie : audacieuses, ambitieuses et profondes. » [traduction]

CHIME REÇOIT UN PRIX DU GOUVERNEUR GÉNÉRAL POUR L'INNOVATION



Le professeur Kendrick Smith, le professeur associé Ue-Li Pen, l'informaticien Dustin Lang, de même que les doctorants Masoud Rafiei-Ravandi et Utkarsh Giri, font tous partie de l'équipe du télescope CHIME (*Canadian Hydrogen Intensity Mapping Experiment* – Expérience

canadienne de cartographie d'intensité de l'hydrogène). CHIME est un radiotélescope innovateur qui a électrisé le domaine de la radioastronomie en détectant des centaines de sursauts radio

rapides, signaux puissants provenant de l'espace lointain. Le prix du gouverneur général pour l'innovation a honoré l'ensemble de l'équipe de CHIME, formée de plus de 50 scientifiques de l'Institut Périmètre, de l'Université McGill, de l'Université de la Colombie-Britannique, de l'Université de Toronto et du Conseil national de recherches du Canada.

« Le télescope CHIME est une réussite canadienne remarquable, qui modifie notre compréhension des sursauts radio rapides, et il a le potentiel de faire bien davantage », a déclaré Rob Myers, directeur de l'Institut Périmètre. « Nous sommes fiers de contribuer à ce succès. » [traduction]

CHRISTINE MUSCHIK OBTIENT UNE BOURSE AZRIELI



La professeure associée Christine Muschik a été choisie comme boursière 2020-2022 du programme des chercheurs mondiaux Azrieli de l'Institut canadien de recherches avancées (ICRA). Ce programme prestigieux permet à des chercheurs en début de carrière de transcender

leur propre domaine de recherche, de collaborer avec des chercheurs d'autres disciplines, ainsi que de trouver des réponses plus profondes, plus larges et plus complexes à d'importantes questions scientifiques.

M^{me} Muschik est également professeure adjointe à l'Institut d'informatique quantique de l'Université de Waterloo. Comme boursière Azrieli, elle étendra ses travaux en simulation quantique pour étudier des mystères fondamentaux concernant les origines et la nature de la réalité physique elle-même.

« Prenons une question comme celle-ci : 'Pourquoi l'univers a-t-il plus de matière que d'antimatière?' C'est une question à propos de notre propre existence, dit-elle. L'ICRA, l'Institut Périmètre et l'Université de Waterloo offrent des possibilités extraordinaires d'étudier ce genre de grandes questions sous de nombreux angles. » [traduction]

COMMUNAUTÉ SCIENTIFIQUE

PROFESSEURS ET PROFESSEURS ASSOCIÉS

En 2019-2020, l'Institut PÉRIMÈTRE comptait 24 professeurs travaillant dans 9 domaines de recherche. L'Institut a accueilli un nouveau professeur associé, Sergueï Sibiryakov, dans le cadre d'une nomination conjointe avec l'Université McMaster. L'Institut compte maintenant 22 professeurs associés nommés conjointement avec 9 universités canadiennes partenaires.

Les pages 51 à 58 donnent les biographies des professeurs à plein temps et professeurs associés de l'Institut.

PI
LES GENS
DE L'IP



Professeur associé

SERGUEÏ SIBIRYAKOV

Des constituants les plus minuscules aux confins de l'espace, la physique fondamentale couvre toute la gamme des échelles. Pour des raisons pratiques, les physiciens ont tendance à ne se concentrer que sur une petite partie de cette gamme.

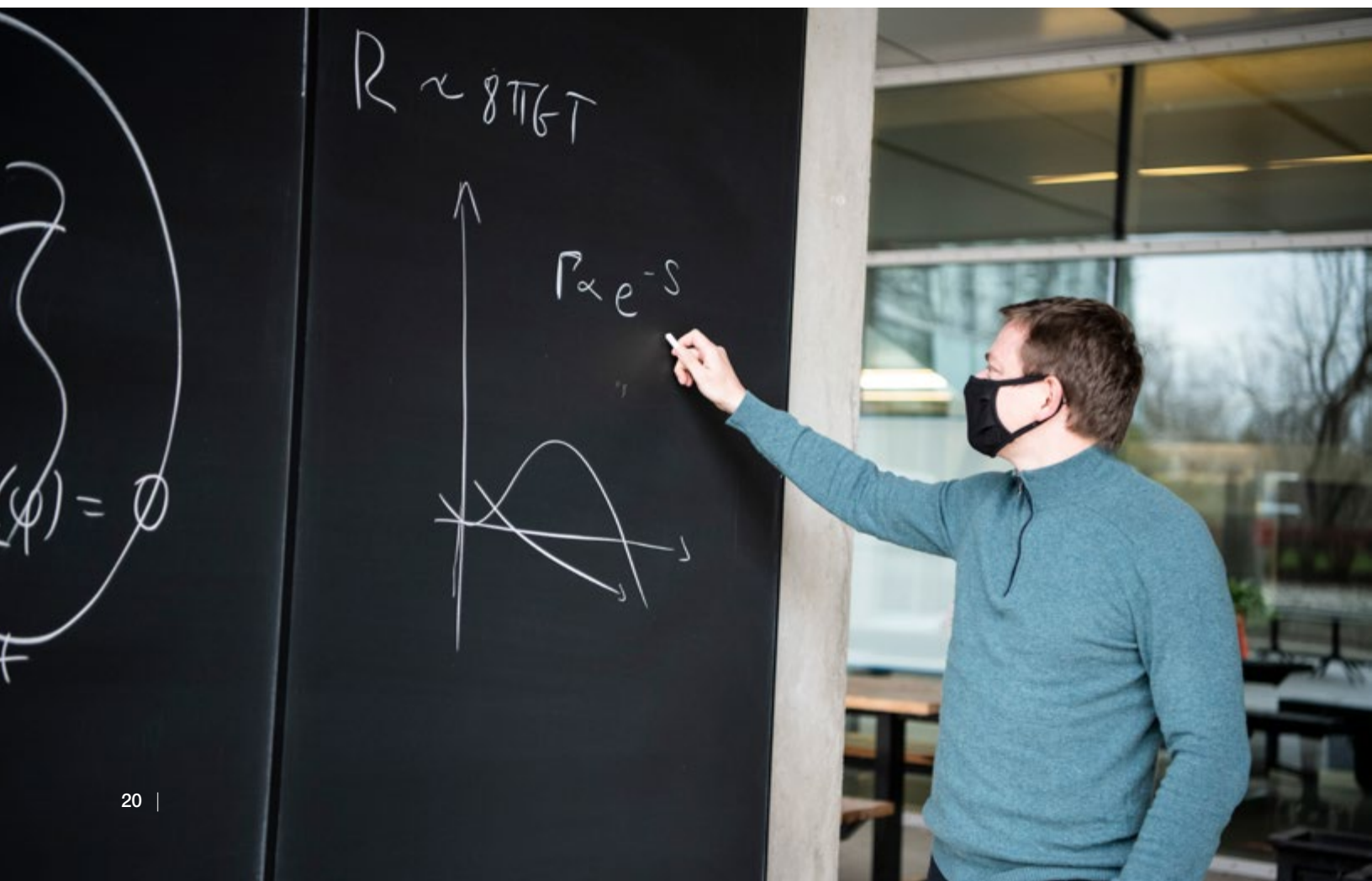
Sergueï Sibiryakov, la plus récente recrue de l'Institut PÉRIMÈTRE à titre de professeur associé, évite cette méthode. Ses recherches portent sur toutes les échelles : physique des hautes énergies (y compris la physique des particules), cosmologie, astrophysique, théorie de la gravitation. « Et parfois des questions plus formelles de théorie quantique des champs, ajoute-t-il. Ma philosophie consiste à travailler sur ce qui m'intéresse et à apprendre quelque chose de nouveau. » [traduction]

« Sergueï est une recrue exceptionnelle au sein du corps professoral », déclare Rob Myers, directeur de l'Institut PÉRIMÈTRE. « Il incarne les recherches interdisciplinaires que nous aimons faire ici. » [traduction]

Recruté dans le cadre d'une nomination conjointe avec l'Université McMaster, M. Sibiryakov a hâte de créer de nouveaux liens à l'Institut PÉRIMÈTRE, en particulier avec de jeunes chercheurs.

« Les étudiants ont un regard neuf sur les choses, dit-il. Ils posent des questions qui ne nous viendraient pas à l'esprit. C'est très important. » [traduction]

Sergueï Sibiryakov





Mairi Sakellariadou, Sylvie Paycha et Renate Loll
lors de l'atelier Emmy-Noether sur la structure de l'espace-temps quantique, novembre 2019

ADJOINTS INVITÉS, CHERCHEURS INVITÉS ET MEMBRES AFFILIÉS

L'Institut Périmètre 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 Périmètre pendant des séjours de recherche prolongés. En 2019-2020, les adjoints invités ont passé 536 jours à l'Institut. L'Institut a accueilli 5 nouveaux adjoints invités et a renouvelé le mandat de 7 autres, portant leur nombre à 55.

Les **membres affiliés** sont des scientifiques d'universités canadiennes qui ont une invitation permanente à rendre visite à l'Institut Périmètre pour y faire de la recherche. Cette année, l'Institut a procédé à la nomination ou renouvelé le mandat de 18 membres affiliés, portant leur nombre à 108.

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 2019-2020, 7 chercheurs invités ont passé en tout 953 jours à l'Institut Périmètre.

TITULAIRES DE CHAIRE DE RECHERCHE DE L'INSTITUT PÉRIMÈTRE

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

Robert Myers

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

Asimina Arvanitaki

Chaire Fondation-Stavros-Niarchos-Aristarque de physique théorique

Avery Broderick (professeur associé)

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

Kendrick Smith

Chaire Famille-Daniel-James-Peebles de physique théorique

Neil Turok

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

Pedro Vieira

Chaire Clay-Riddell-Paul-Dirac de physique théorique

TÉMOIGNAGES DE TITULAIRES DE CHAIRE DE CHERCHEUR INVITÉ DISTINGUÉ DE L'INSTITUT PÉRIMÈTRE

« C'est merveilleux d'être titulaire d'une telle chaire de l'Institut Péricètre. Cela me permet de me concentrer tout au long de mes visites, qui durent habituellement un mois, ce qui est presque impossible ailleurs. De plus, il y a toujours à l'IP des physiciens extraordinaires avec qui j'aime beaucoup discuter et dont j'aime découvrir les idées. » [traduction]

– Katie Freese, Université du Texas à Austin

« J'ai séjourné dans de nombreux centres de recherche partout dans le monde, et l'Institut Péricètre est le seul où je me suis senti plongé dans un milieu où des mathématiciens peuvent vraiment acquérir de nouvelles idées au contact de physiciens, et vice versa. » [traduction]

– Yan Soibelman, Université d'État du Kansas

« Ce statut est absolument crucial pour mon développement en tant que scientifique. L'Institut Péricètre est une oasis où des idées de recherche germent (souvent grâce à des discussions avec d'autres scientifiques), évoluent, s'écrivent, se raffinent et sont publiées. Nulle part ailleurs je n'ai trouvé un milieu aussi formidable pour les conversations scientifiques, les séminaires et la recherche. » [traduction]

– Adrian Kent, Université de Cambridge

« Être titulaire d'une chaire de chercheur invité distingué est pour moi un grand honneur et une occasion fantastique de participer au monde magique de l'Institut Péricètre. L'attitude de liberté et d'ouverture de l'Institut face à la recherche est riche d'enseignements que nous pouvons appliquer dans nos propres institutions. Le programme de chaires de chercheur invité distingué est un moyen efficace de créer entre les principaux instituts de recherche de la planète un réseau solide d'échanges et de collaboration mutuellement bénéfiques. » [traduction]

– Maxim Pospelov, Université du Minnesota

TITULAIRES DE CHAIRE DE CHERCHEUR INVITÉ DISTINGUÉ

L'Institut Périclète est la seconde résidence de recherche de nombreux physiciens parmi les plus grands au monde. Les titulaires de chaire de chercheur invité distingué (CCID) sont nommés pour des mandats renouvelables de 3 ans et font des séjours prolongés à l'Institut Périclète, 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 des idées qui les passionnent. Dans un récent rapport sur les répercussions du programme, de nombreux titulaires de CCID ont indiqué que leurs collaborations avaient engendré de nouvelles idées et méthodes, ainsi que des articles publiés.

En 2019-2020, les titulaires de CCID ont passé 294 jours à l'Institut. D'autre part, 2 nouveaux titulaires ont été nommés et le mandat de 12 autres a été renouvelé. L'Institut compte maintenant 42 titulaires de CCID.

Voici ceux qui ont été nommés cette année :

Maxim Pospelov, Université du Minnesota – École de physique et d'astronomie

Fernando Quevedo, Université de Cambridge – Département de mathématiques appliquées et de physique théorique

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

PI
LES GENS
DE L'IP



TITULAIRE D'UNE CCID
CARLO ROVELLI

Carlo Rovelli veut retourner les trous noirs comme des vestes. Vous avez peut-être déjà entendu parler de lui : il est l'auteur de l'un des ouvrages de vulgarisation scientifique les plus populaires de tous les temps – *Seven Brief Lessons on Physics*. Ce livre aborde la physique moderne sur une centaine de pages savoureuses. Il a été traduit en 41 langues, dont le français sous le titre *Sept brèves leçons de physique*, et s'est vendu à plus d'un million d'exemplaires. Vous avez pu aussi entendre parler de M. Rovelli comme de l'un des fondateurs de la gravitation quantique à boucles, théorie plausible dans la quête qui vise depuis 80 ans l'unification de la relativité générale et de la mécanique quantique.

Carlo Rovelli demeure actif comme auteur et chercheur. Il a publié 2 autres livres et il en a un autre en chantier. Ses travaux sur la gravitation quantique à boucles continuent de définir ce domaine, rien de moins.

Il est également titulaire d'une CCID. Il a passé environ 6 mois à l'Institut Périclète en 2019-2020, en provenance de son institution d'appartenance, le Centre de physique théorique de Luminy, à l'Université de la Méditerranée. Au cours de cette période, il a terminé 5 articles. M. Rovelli a dit que même si l'accès à l'Institut Périclète a été limité à cause de la pandémie, il a pu participer à des réunions en ligne et poursuivre une collaboration scientifique qui a engendré de nouveaux projets.

« Je crois que le programme de CCID est l'un de ceux qui distinguent l'Institut Périclète, dit-il. Il attire des personnes intéressantes et apporte beaucoup aux jeunes chercheurs de l'Institut. » [traduction]

Lee Smolin et Carlo Rovelli, février 2020



CONFÉRENCES ET ATELIERS

La physique théorique connaît des progrès rapides sur de nombreux fronts. La collaboration et la communication sont cruciales, et l'Institut Péricentre 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 2019-2020, 995 scientifiques du monde entier sont venus à l'Institut Péricentre pour participer à 12 conférences et ateliers dans des domaines tels que la cosmologie, l'informatique quantique, la théorie quantique des champs et les structures de causalité.

Vous trouverez la liste de ces conférences à la page 62.



Les 3 dernières conférences prévues en 2019-2020 ont été réorganisées en ligne. Ce fut le cas d'une conférence sur la théorie de la représentation géométrique, organisée conjointement avec l'Institut Max-Planck, qui a attiré plus de 400 participants. Le format interactif de la conférence de 2020 sur la gravitation quantique, qui s'est tenue en ligne avec 172 participants, a servi de modèle à d'autres.

UN ATELIER CHERCHE À UNIFIER LA PHYSIQUE, AINSI QUE 2 THÉORIES IMPORTANTES

Les participants au premier atelier Simons-Emmy-Noether, qui portait sur la structure de l'espace-temps quantique, se sont attaqués à des questions épineuses allant de la nature de l'espace-temps aux barrières systémiques dans le milieu universitaire. C'est parce que la plupart des participants – tous experts de divers aspects de la gravitation quantique – étaient des femmes.

« Ce n'était pas une réunion de femmes », a affirmé Dorothea Bahns, professeure à l'Université de Göttingen. « C'était une réunion sur la gravitation quantique où la majorité des participants étaient des femmes. Pour moi, ce fut une expérience formidable, parce que nous avons fait beaucoup de chemin en 20 ans. Je crois que c'est important de le souligner et d'en faire part à d'autres, en particulier aux jeunes étudiants. » [traduction]

Cet atelier de 5 jours, organisé à l'Institut Péricentre en novembre 2019, a réuni plus de 40 chercheurs. Plusieurs participantes étaient des membres actuelles ou anciennes du programme

Simons-Emmy-Noether, qui offre des bourses de scientifiques invitées permettant à des chercheuses douées de travailler à l'Institut Péricentre à un stade crucial de leur carrière.

Bianca Dittrich, professeure à l'Institut Péricentre et co-organisatrice de l'atelier, a déclaré que celui-ci avait un thème volontairement large, afin d'encourager les échanges entre les tenants des diverses manières d'aborder la gravitation quantique qui ont surgi au cours des dernières décennies.

« Dans un atelier trop spécialisé, dit-elle, les gens ont tendance à ne communiquer que dans un langage très spécialisé et n'ont pas conscience des avantages que l'on ne découvre qu'en ayant un point de vue un peu différent. » [traduction]

La combinaison de sujets abordés a été très bien reçue; à la fin de l'atelier, plusieurs avaient déjà demandé à M^{me} Dittrich de prévoir un autre atelier semblable. « Je crois que cela a été un grand succès » [traduction], a-t-elle déclaré.

Participants à l'atelier Simons-Emmy-Noether sur la structure de l'espace-temps quantique, novembre 2019





Adam Riess (de l'Institut scientifique des télescopes spatiaux de la NASA) prend la parole à la conférence Cosmological Frontiers in Fundamental Physics (Frontières cosmologiques en physique fondamentale), en septembre 2019.

SÉMINAIRES ET COLLOQUES

La formation continue, l'exploration interdisciplinaire et une collaboration ouverte sont caractéristiques de la communauté scientifique de l'Institut Périmètre. Pendant toute l'année, chercheurs et étudiants de l'Institut ainsi que de l'extérieur sont invités à participer à des séminaires et colloques qui présentent les plus récentes démarches et découvertes en physique théorique.

Ces activités sont enregistrées et publiquement accessibles dans PIRSA, le système d'archivage en ligne de l'Institut Périmètre.

En 2019-2020, 289 séminaires et colloques ont été présentés, dont 56 en ligne, avec la participation d'orateurs d'institutions remarquables telles que les universités Harvard, Cornell et York, l'Institut Max-Planck, le MIT et l'Institut d'études avancées de Princeton.

« C'est une excellente idée, et l'on ne doit pas se surprendre que l'Institut Périmètre en prenne la tête à l'échelle mondiale – en étant à la fine pointe de la recherche, et aussi de la technologie moderne, pour communiquer, échanger et stimuler de nouvelles idées scientifiques. Les publications imprimées évaluées par des pairs nous ont beaucoup apporté, mais il est temps de revoir nos manières de faire de la recherche et de communiquer au sein des communautés scientifiques. » [traduction]

– Artur Ekert, FRS, professeur de physique quantique à l'Institut de mathématiques de l'Université d'Oxford; professeur du centenaire de Lee Kong Chian et directeur fondateur du Centre de technologies quantiques de l'Université nationale de Singapour

DE PIRSA À SCITALKS



Pratiquement tous les exposés présentés à l'Institut Périmètre – que ce soit par des chercheurs résidents ou invités, des chargés de cours ou des conférenciers – sont enregistrés de manière professionnelle et archivés dans PIRSA. Avec 13 082 exposés (au 31 juillet 2020), PIRSA est la plus grande vidéothèque en physique théorique au monde. Ses vidéos ont été visionnées dans 179 pays de toutes les parties du monde.

Créé par et pour des chercheurs, PIRSA reflète dans sa conception et sa structure leur besoin d'un classement limpide par sous-domaine ainsi que de regroupements logiques par conférence, série de séminaires ou titre de cours. Ces archives, qui peuvent être consultées et citées sans frais, constituent un moyen précieux de diffusion des connaissances dans la communauté scientifique canadienne et internationale.

En 2020, l'Institut Périmètre a reçu de la Fondation Simons une subvention pour créer dans le prolongement du succès de PIRSA une nouvelle plaque tournante internationale visant à révolutionner le monde des exposés savants, comme arXiv l'a fait pour les articles scientifiques imprimés. Forts de leur expérience positive avec PIRSA, des directeurs et chercheurs de 40 institutions situées dans 21 pays ont écrit des lettres en faveur de cette subvention.

L'Institut Périmètre a accéléré la mise en œuvre de ce projet afin de soutenir la communauté scientifique internationale pendant la pandémie. La phase pilote en cours s'appelle SciTalks (en ligne à SciTalks.ca). Cette vidéothèque créée au Canada contient plus de 13 000 exposés présentés à l'Institut Périmètre, auxquels s'ajoutent déjà des exposés de 4 prestigieux partenaires étrangers (d'autres sont à venir) : le CERN (Organisation européenne pour la recherche nucléaire); l'Institut Simons d'informatique théorique de l'Université de la Californie à Berkeley; le Centre international de physique théorique; l'Institut sud américain de recherche fondamentale.

FORMATION

*« C'est une époque formidable pour les physiciens.
C'est toujours une époque formidable pour les
physiciens. Nous semons pour l'avenir. » [traduction]*

*— Donna Strickland, lauréate d'un prix Nobel et professeure à l'Université de Waterloo,
dans son allocution lors de la remise des diplômes à la promotion 2020 du programme PSI*



Étudiants dans le programme PSI, octobre 2019

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 l'enrichissement pour étudiants de 1^{er} cycle à notre programme inégalé de postdoctorat – qui visent à en faire de véritables scientifiques³.

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

84 postdoctorants

77 doctorants de **33** pays

26 doctorants associés

19 adjoints diplômés invités

336 diplômés du programme PSI en 11 ans, dont **110** femmes (33 %)

26 étudiants de 17 pays à la maîtrise dans le programme PSI, dont **13** femmes

1 étudiant-chercheur à la maîtrise

54 participants de 21 pays à l'école d'été pour étudiants de 1^{er} cycle, dont **20** femmes

³ Sauf indication contraire, les statistiques couvrent la période allant du 1^{er} août 2019 au 31 juillet 2020.

POSTDOCTORANTS

Membres à part entière de la communauté de l'Institut Péricètre pour une période allant de 3 à 5 ans, ces scientifiques en début de carrière jouissent d'une liberté scientifique complète et sont encouragés à entreprendre des recherches ambitieuses. Ils ont des occasions de collaboration interdisciplinaire et bénéficient du mentorat de scientifiques établis.

Les bourses postdoctorales de l'Institut Péricètre sont très convoitées : les 25 nouveaux postdoctorants qui se sont joints à l'Institut Péricètre en 2019-2020 ont été sélectionnés parmi quelque 700 candidats. L'autonomie et l'expérience acquises rapportent des dividendes : en 2019-2020, plusieurs des 22 chercheurs qui ont terminé leur stage postdoctoral ont obtenu des bourses ou subventions prestigieuses. Mentionnons

Sebastian Steinhaus, qui a obtenu une subvention de recherche de 1 million d'euros du programme Emmy-Noether de la Fondation allemande de la recherche et qui dirige maintenant une jeune équipe de recherche à l'Institut de physique théorique de l'Université d'Iéna. D'autres ont obtenu des postes menant à la permanence, dont Béatrice Bonga, qui est maintenant professeure adjointe à l'Université Radboud de Nimègue. Deux autres ont obtenu des postes dans le secteur privé : un chercheur et ingénieur en logiciels chez Google, et un spécialiste principal de la science des données chez Loblaw's. En tout, 84 postdoctorants ont séjourné à l'Institut Péricètre en 2019-2020; voir la liste de ces chercheurs à la page 59.

PI
LES GENS
DE L'IP



Postdoctorante

ESTELLE INACK

Estelle Inack exploite la puissance d'algorithmes de pointe d'apprentissage automatique pour étudier des problèmes intéressants dans les domaines de la matière condensée et de l'informatique quantique. L'Institut Péricètre l'a attirée par ses travaux innovateurs sur la matière quantique, dans lesquels interviennent des techniques d'intelligence artificielle. Ce domaine de recherche en pleine croissance est né il y a seulement quelques années.

Récemment, M^{me} Inack et ses collègues du Laboratoire d'intelligence quantique de l'Institut Péricètre (PIQUL pour *Perimeter Institute Quantum Intelligence Lab*) ainsi que de l'Institut Vecteur ont exploité la puissance des réseaux neuronaux pour développer une nouvelle technique d'optimisation, applicable aux ordinateurs quantiques aussi bien que classiques, qui aide les ordinateurs à rechercher la meilleure option parmi une gamme de solutions possibles. La technique de M^{me} Inack fondée sur les réseaux neuronaux est déjà aussi bonne que les méthodes traditionnelles, preuve que les réseaux neuronaux peuvent être utiles pour résoudre de difficiles problèmes d'optimisation.

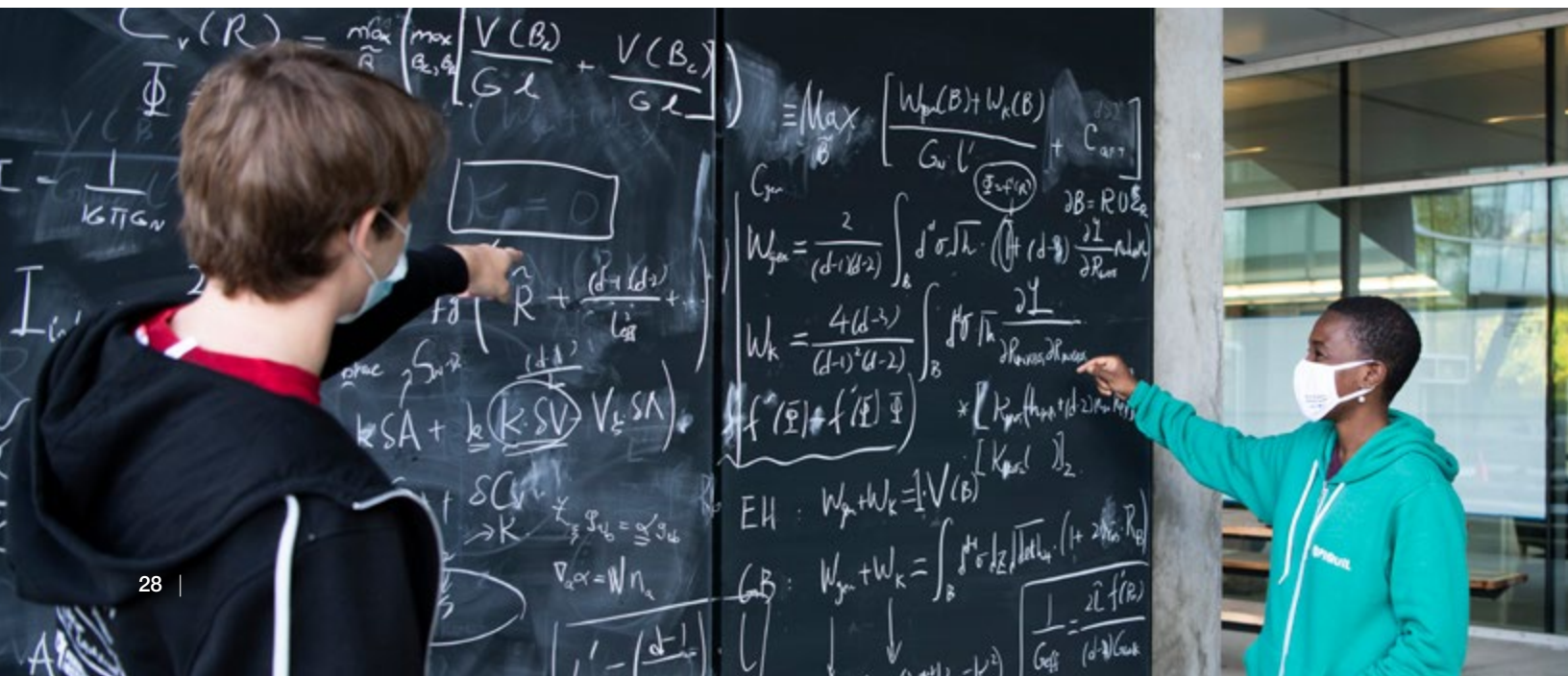
« Les chercheurs du PIQUL font partie des pionniers dans ce domaine, dit M^{me} Inack. L'écosystème du PIQUL – où le milieu universitaire et l'industrie s'enrichissent mutuellement – est semblable à celui d'une jeune entreprise, ce qui en fait pour moi un lieu idéal pour cultiver ma carrière scientifique. » [traduction]

« Le domaine n'a jamais été aussi mûr que maintenant pour des percées », dit Roger Melko, professeur associé à l'Institut Péricètre et directeur du PIQUL. « Je suis enthousiasmé de voir l'avenir de la physique se déployer grâce aux travaux d'Estelle. Elle représente une nouvelle génération qui voit l'avenir de la physique comme une collaboration entre humains et ordinateurs. Ses recherches, qui combinent la physique théorique et les fondements de l'intelligence artificielle, contribueront à la transformation des deux disciplines. » [traduction]

Originaire du Cameroun, Estelle Inack est dans la 2^e année d'un stage postdoctoral de 4 ans à l'Institut Péricètre.

Estelle Inack est récipiendaire de la bourse postdoctorale Francis-Kofi-Allotey à l'Institut Péricètre.

Estelle Inack et un scientifique invité



DOCTORANTS

Les étudiants à la maîtrise exceptionnels qui viennent de partout dans le monde à Waterloo pour le programme PSI (*Perimeter Scholars International* – Boursiers internationaux de l'Institut Péricimètre) sont souvent recrutés par des chercheurs de l'Institut Péricimètre et restent au Canada pour poursuivre leur formation et leurs recherches. En 2019-2020, 73 % des doctorants de l'Institut étaient des diplômés du programme PSI.

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. Cette année, les universités partenaires ont été l'Université de Waterloo, l'Université de Guelph et l'Université de Toronto.

Beaucoup des 11 doctorants qui ont reçu leur diplôme en 2019-2020 ont obtenu de prestigieuses bourses postdoctorales, notamment de l'Institut Max-Planck, de l'Université de la Californie à Berkeley et de l'Institut d'études avancées de Princeton. Barak Shoshany, qui a obtenu son doctorat en septembre 2019, a déjà un poste menant à la permanence comme professeur adjoint à l'Université Brock. D'autre part, certains ont commencé une carrière dans le secteur privé comme dans l'entreprise canadienne de technologie Desire2Learn ou RSJ Securities, groupe financier dont le siège est à Prague.

En 2019-2020, l'Institut Péricimètre comptait 77 doctorants de 33 pays; voir la liste de ces étudiants à la page 61.

PI
LES GENS
DE L'IP



Doctorant
T.C. FRASER

Thomas Coolican (T.C.) Fraser est du genre à lancer de nombreuses idées en l'air, à les rattraper habilement et à les réorganiser joliment en un nouveau modèle. Il n'est donc peut-être pas surprenant que cet étudiant en 2^e année d'un doctorat dans les domaines de l'information quantique et des fondements quantiques, aime aussi jongler.

« Je sais que ça paraît insensé, mais certains aspects de la jonglerie peuvent être compris mathématiquement, dit-il. Examiner quels modèles sont réalistes et lesquels ne le sont pas. » [traduction]

Il se trouve aussi que voir des modèles et des liens est important pour ses recherches sur les relations de cause à effet dans les corrélations quantiques, qu'il mène sous la direction de Robert Spekkens, professeur à l'Institut Péricimètre.

M. Fraser, qui a grandi à Renfrew, en Ontario, n'était pas tout à fait certain du domaine qui allait l'intéresser. Puis il a rencontré le postdoctorant Elie Wolfe, qui travaille sur les fondements quantiques. « Tout ce qu'il me disait était nouveau pour moi. » [traduction] T.C. Fraser a voulu s'y plonger et a fini par réinventer un cadre mathématique de résolution du problème de calcul des transversales d'un hypergraphe pondéré.

« Il est nettement en voie de devenir l'un des physiciens les plus innovateurs de sa génération, dit M. Wolfe. La mission fondamentale de l'Institut Péricimètre est de lui fournir le milieu parfait pour qu'il repousse ses propres limites. » [traduction]

T.C. Fraser est récipiendaire de la bourse d'études supérieures Johanne-Cuthbertson-et-Charlie-Fisher.

POSTDOCTORANTS ET DOCTORANTS ASSOCIÉS

L'Institut Péricimètre est indépendant, mais il ne reste pas isolé. Ses programmes de postdoctorants et doctorants associés permettent à des chercheurs choisis d'être invités à l'Institut, de sorte qu'ils bénéficient des cours, séminaires et ateliers, en plus de pouvoir collaborer avec des chercheurs de l'Institut. En 2019-2020, l'Institut Péricimètre comptait 14 postdoctorants associés et 26 doctorants associés.

ADJOINTS DIPLÔMÉS INVITÉS

L'Institut Péricimètre offre à des doctorants avancés de la communauté scientifique élargie une occasion unique d'ouvrir de nouvelles perspectives et de participer pleinement à la vie scientifique de l'Institut. En 2019-2020, l'Institut a accueilli 19 adjoints invités de 13 pays (dont la Suisse, l'Italie et la Chine), qui ont travaillé en tout 1 739 jours à l'Institut dans des séjours d'une durée variable allant de quelques semaines à 10 mois, avec une moyenne de 5 mois.

BOURSES D'ÉTUDES SUPÉRIEURES DU CANADA VANIER

Six doctorants à l'Institut Péricimètre et à l'Université de Waterloo ont obtenu de prestigieuses bourses d'études supérieures du Canada Vanier attribuées par le Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada. Chacun reçoit 50 000 \$ par année pendant 3 ans. 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.



Anna Golubeva



Finnian Gray



Florian Hopfmüller



Fiona McCarthy



David Schmid



Lei Yang

LE PROGRAMME PSI



PSI (*Perimeter Scholars International* – Boursiers internationaux de l'Institut Périmètre) est un programme de maîtrise en physique théorique d'une durée d'un an qui attire des étudiants exceptionnels venus du monde entier. Les finissants reçoivent un diplôme de maîtrise de l'Université de Waterloo et un certificat du programme PSI de l'Institut Périmètre.

Ce programme est hautement compétitif : les 13 hommes et 13 femmes de la promotion 2019-2020 ont été choisis parmi 688 candidats.

Les étudiants suivent des cours dans plusieurs domaines de recherche de la physique théorique. Ils sont encouragés à explorer des disciplines en dehors de leurs intérêts premiers, à y résoudre des problèmes et à y faire des recherches. « Les travaux ne sont pas seulement des devoirs à faire pour terminer un cours, dit Beata Zjawin, de la Pologne. Ils constituent une occasion extraordinaire de collaboration. C'est vraiment gratifiant de travailler avec des gens qui font des recherches de nature différente. » [traduction]

Les étudiants sont venus à Waterloo du Canada et de 16 autres pays, ce qui a aussi constitué une riche expérience culturelle. « Pour moi, l'aspect le plus intéressant du programme PSI a été la grande diversité que j'y ai vécue pour la première fois, dit Maryam Mudassar, du Pakistan. Jamais auparavant je n'avais été en contact avec tant de gens de nationalités et de langues différentes. Nous avons mis nos différences de côté et manifesté du respect pour les opinions des autres. » [traduction]

Le programme PSI fournit aux étudiants les outils, les compétences et l'état d'esprit requis pour réussir en physique

ou dans tout autre domaine. Sur les 26 diplômés, 5 sont maintenant doctorants résidents à l'Institut Périmètre, et d'autres sont dans des institutions prestigieuses telles que l'Université Stanford, l'Université de Cambridge et l'Université de la Californie à Berkeley. Elizabeth Bennewitz travaille pour la jeune pousse canadienne d'intelligence artificielle 1QBit, où elle poursuit les recherches qu'elle a commencées dans le cadre de son projet final de maîtrise.

Voir la liste du corps professoral et des étudiants du programme PSI aux pages 60 et 62.



Le corps professoral et les étudiants du programme PSI se sont rapidement adaptés à l'apprentissage en ligne au mois de mars, et tous les étudiants ont obtenu leur diplôme. En juillet, la cérémonie en ligne de remise des diplômes a été marquée par les allocutions de 3 lauréats de prix Nobel – Donna Strickland, Steven Weinberg et Art McDonald – et par des messages de félicitations de l'honorable Navdeep Bains, ministre canadien de l'Innovation, des Sciences et de l'Industrie, et de l'honorable Ross Romano, ministre des Collèges et Universités de l'Ontario.

En 2019-2020, 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.

ACCÉLÉRATEUR D'ÉTÉ DE 1^{ER} CYCLE

Ce jeune programme, lancé en 2018 grâce à un don de Michael Serbinis et Laura Adams, offre à des étudiants talentueux de 1^{er} cycle universitaire une expérience concrète de la recherche et un aperçu des nombreuses autres possibilités qu'offre une formation en physique.

L'école d'été comporte 2 semaines de cours conçues pour enseigner comment les théoriciens abordent la physique. Des étudiants choisis peuvent ensuite passer le reste de l'été en stage, travaillant sur des projets de recherche et bénéficiant du mentorat de postdoctorants ou de professeurs de l'Institut Périmètre.

Les participants de cette année ont été choisis parmi plus de 700 candidats.

Jusqu'à quel point ces étudiants sont-ils exceptionnels? Ceux qui sont restés pour les stages n'avaient pas peur de s'attaquer à des sujets de recherche couvrant toute la physique théorique. Un participant s'est intéressé à l'intrication dans les chaînes de spins, sous-ensemble des systèmes de matière condensée. Un autre a étudié la formation et le comportement des galaxies et des amas galactiques.

Leurs projets sont d'un niveau avancé. Madison Tindall, qui vit à Arthur, en Ontario, étudie la chimie physique à l'Université Trent de Peterborough. Au cours de son stage, elle a adopté une vision plus large de l'univers.

« J'étudie le fond cosmologique d'ondes gravitationnelles, en comparant des données sur les ondes gravitationnelles avec des fonds et des cartes existants, dit-elle. Nous tentons de reproduire les résultats d'un article qui portait sur une question semblable. Si nous arrivons aux mêmes courbes, nous pourrions répéter le processus sur un autre fond ou une autre carte. » [traduction]



Les responsables des programmes d'enseignement envisageaient d'annuler ce programme pour cette année, mais Giuseppe Sellaroli, assistant dans le programme PSI, a présenté une proposition pour offrir l'ensemble du programme en ligne. Le fait d'économiser les frais de déplacement et de séjour a permis d'accueillir 54 étudiants, contre 20 en 2019.

Le programme Accélérateur d'été de 1^{er} cycle a été financé en 2019-2020 par Mike Serbinis et Laura Adams.

TRAJECTOIRES DE CARRIÈRE

Que pouvez-vous accomplir avec un diplôme en physique théorique? Beaucoup de choses, et l'Institut Péricimètre offre un ensemble d'activités, de ressources et d'initiatives pour aider les étudiants et les chercheurs en formation – des étudiants de 1^{er} cycle aux postdoctorants avancés – à planifier leur trajectoire. En 2019-2020, l'Institut a organisé des ateliers sur la rédaction d'un curriculum vitae et sur le réseautage, ainsi que des exposés de chefs de file de l'industrie : Payam Pakarha, physicien des astroparticules qui travaille dans le secteur financier; Chris Luciuk,

responsable de la science des données chez Insight; Ella Hilal, directrice de l'ingénierie chez Shopify.



Lorsque la journée *Trajectoires de carrière* a été annulée, le service des ressources humaines et de la culture a organisé des séances par téléphone ou en ligne de conseils individuels en matière de carrière, qui ont permis de répondre aux questions des étudiants et d'aider ceux-ci à rédiger leur curriculum vitae et à se préparer à des entrevues.

NOURRIR L'INDUSTRIE AU CANADA

Les jeunes physiciens théoriciens ont des compétences utiles dans de nombreux domaines et très recherchées : maîtrise des mathématiques complexes et des méthodes numériques; capacité à résoudre de manière autonome des problèmes difficiles; aptitude à communiquer leurs travaux verbalement et par écrit. L'Institut Péricimètre produit des meneurs aux compétences étendues, prêts à œuvrer dans la recherche et dans le secteur privé.

Beaucoup d'anciens de l'Institut Péricimètre ont fondé des entreprises, dirigent de nouveaux programmes de recherche et innovent dans des secteurs tels que la finance, la cybersécurité, la science des données, l'intelligence artificielle, la biomédecine et les technologies quantiques. Les nombreuses entreprises canadiennes qui ont recruté des talents de l'Institut comprennent Loblaw's, la Banque Scotia, Shopify, RBC, Desire2Learn, Xanadu, BMO, Element AI, la Financière Manuvie, Autodesk et Siemens.

QUELQUES ANCIENS QUI ONT RÉUSSI DANS LE SECTEUR PRIVÉ :



Ke Cai
Banque Scotia
Gestionnaire principale,
Tests de résistance des entreprises,
Toronto



Gunjan Lakhani
Banque Royale du Canada
Apprentissage automatique,
Gestion des entreprises,
Toronto



Solomon Owerre
Loblaws
Spécialiste en chef principal,
Science des données,
Brampton



Chenfeng Bao
Desire2Learn
Réalisateur de logiciels,
Kitchener



Kyle Tate
Shopify
Directeur, Science des données,
Ottawa



Pedro Ponte
BMO Marchés des capitaux
Scientifique associé,
Données de transactions,
Toronto



Alexandre Yale
Touchstone Intelligent Marketing
Cofondateur et
directeur des données,
Montréal



Shreya Kumar
Xanadu
Spécialiste de la science
des données,
Toronto



Jorge Escobado
Drop
Vice-président, Ingénierie,
Toronto



Kim-Tuyen Hoang
Oz Optics
Ingénierie en optique,
Ottawa

DIFFUSION DES CONNAISSANCES

« Les ressources et la formation offertes par l'Institut Péricimètre ont été indispensables pour que mes élèves continuent d'apprendre pendant la pandémie [...] Comme enseignant, j'apprécie vraiment les idées mises de l'avant et le soin apporté afin que ces ressources demeurent utiles dans notre contexte d'enseignement et d'apprentissage toujours en mutation. » [traduction]

– Iain Braithwaite, enseignant de mathématiques et de sciences
Institut professionnel collégial John-F.-Ross, Guelph (Ontario)



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 Péricimètre 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 soient⁴.

ÉLÈVES

59 018 050

interactions en classe depuis 2006

6 828 250

interactions en classe en 2019-2020

956

élèves ont assisté à des présentations en 2019-2020.

155

élèves du secondaire ont participé à la conférence *Inspiring Future Women in Science* (Inspirer les futures scientifiques) en 2020.

40

élèves exceptionnels du secondaire – 18 du Canada et 22 de l'étranger – ont participé à l'École internationale d'été 2020 de l'Institut Péricimètre pour jeunes physiciens et physiciennes.

ENSEIGNANTS

35 688

enseignants rejoints dans le monde par le réseau des enseignants de l'Institut Péricimètre

4 507

enseignants formés dans 200 ateliers en 2019-2020

67

participants au camp de formation *EinsteinPlus* pour enseignants en 2019-2020

118

pays dans lesquels les ressources pédagogiques de l'Institut Péricimètre sont utilisées

110

trousses pédagogiques de sciences disponibles pour les enseignants partout au Canada et dans le monde

25

trousses pédagogiques traduites en français

GRAND PUBLIC

6

conférences publiques qui ont fait l'objet de 745 752 visionnements en 2019-2020

2 819 007

visionnements dans YouTube en 2019-2020

10 578 792

visionnements dans YouTube depuis 2009

⁴ Sauf indication contraire, les statistiques couvrent toute la période depuis la fondation de l'Institut Péricimètre.

EINSTEINPLUS ET ATELIERS POUR ENSEIGNANTS



EinsteinPlus est le fleuron de la formation offerte par l'Institut Péricimètre aux enseignants : une semaine de perfectionnement professionnel qui donne vie à la physique moderne en étant souvent animée par les auteurs mêmes de découvertes récentes dans le domaine.

EinsteinPlus a des effets exponentiels : plus de 700 enseignants de 43 pays ont suivi cet atelier depuis sa mise sur pied, puis ont amené avec eux des idées inspirantes, de nouvelles stratégies d'enseignement et des ressources pédagogiques qui ont bénéficié à leurs élèves et à d'autres enseignants de leur milieu.

Même si *EinsteinPlus* n'a pas eu lieu en personne en 2020, l'enthousiasme pour ce programme ne s'est pas démenti. Denise Gurer, des États-Unis, a déclaré : « L'atelier en ligne pour enseignants m'a procuré beaucoup d'idées et de matériel pour enseigner. Les sujets abordés intéressent vivement les élèves. J'ai vraiment aimé participer à cet atelier et je le recommande fortement. » [traduction] Pour sa part, l'enseignant canadien Christopher Sarkonak a dit : « L'atelier en ligne de l'Institut Péricimètre pour enseignants a été une expérience géniale qui m'a

donné bien des manières d'améliorer mes cours! C'est un atelier que tout enseignant de physique devrait suivre. » [traduction]

De plus, l'Institut Péricimètre a animé 200 ateliers pour enseignants, dont plusieurs en français, sur des sujets allant des ondes gravitationnelles aux trous noirs, en passant par les changements climatiques et la courbure de l'espace-temps.



Comme l'atelier *EinsteinPlus* a été offert en ligne, l'Institut Péricimètre a pu augmenter à 67 le nombre de participants, contre 36 l'an dernier. Des enseignants qui n'avaient pas pu quitter leur famille pour participer à l'atelier en personne ont profité de cette version en ligne. Des équipes de diffusion des connaissances ont également créé rapidement et animé 24 ateliers en ligne sur des sujets précis, dans le but d'aider les enseignants à créer des plans de cours et des activités qui fonctionnent bien dans le contexte d'un enseignement en ligne.

EinsteinPlus bénéficie du soutien de Power Corporation du Canada.

COLLABORATION AVEC DES COLLECTIVITÉS AUTOCHTONES

L'Institut Péricimètre est honoré d'être invité par des collectivités autochtones à participer au perfectionnement professionnel d'enseignants, à donner de l'information et à s'instruire davantage sur les manières dont les Autochtones acquièrent des connaissances. Depuis 2016, l'Institut a participé à plus de 25 ateliers de formation pour enseignants dans des collectivités autochtones et a travaillé auprès de plus de 450 enseignants.

En février 2020, l'équipe de diffusion des connaissances est allée à Iqaluit pour un atelier de 3 jours auquel ont participé tous les

enseignants de STGM de la région. En mars, elle a animé des ateliers à la conférence de l'éducation de Matawa, à Thunder Bay. La collaboration avec les enseignants des Premières Nations, métis et inuits est une expérience extrêmement gratifiante pour tous. L'équipe de diffusion des connaissances continue de s'instruire auprès des enseignants, des élèves et des collectivités, afin d'intégrer le savoir autochtone dans ses ressources pédagogiques et ateliers.

RESSOURCES PÉDAGOGIQUES

Les ressources pédagogiques de l'Institut Périmètre sont utilisées partout au Canada et dans 117 autres pays. Des troupes 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^e année à la 12^e 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, tous directement liés au programme scolaire de sciences.

Les troupes pédagogiques réalisées en 2019-2020 comprennent : *Outils d'enseignement en science*, référence pour les enseignants

qui désirent améliorer l'apprentissage de leurs élèves; une nouvelle trousse sur les trous noirs et des activités d'évasion à utiliser en classe; 3 nouvelles traductions en français et 6 en portugais, ces dernières étant financées par la Société américaine de physique.



L'équipe de diffusion des connaissances a rapidement créé le guide *Adapter les ressources à l'enseignement en ligne* – stratégies suggérées pour adapter les troupes de l'Institut Périmètre et d'autres plans de cours à l'enseignement en ligne. Ce guide est disponible en ligne en français, en anglais et en portugais.

L'ÉCOLE INTERNATIONALE D'ÉTÉ POUR JEUNES PHYSICIENS ET PHYSIENNES

L'écran montrait un tube opaque, placé à la verticale et fermé aux 2 extrémités, avec 4 cordes pendant sur les côtés. Cela semblait simple, mais pendant près d'une heure, 40 adolescents sont devenus de plus en plus perplexes quant à son fonctionnement interne. Si l'on tire sur n'importe quelle corde, les autres rentrent dans le tube. Comment sont-elles reliées à l'intérieur? Les élèves étaient déterminés à trouver la solution.

Ce tube illustre l'essence de la science – ensemble de phénomènes physiques qui suscite la curiosité, la formulation d'hypothèses et leur mise à l'épreuve. Il sert souvent à lancer l'École internationale d'été pour jeunes physiciens et physiciennes (ISSYP) de l'Institut Périmètre, programme annuel qui invite des élèves, garçons et filles en nombre égal, intéressés par la physique à se plonger dans l'environnement de l'Institut.

L'ISSYP est un programme intensif de 2 semaines, comprenant des cours sur des sujets tels que la relativité et la mécanique quantique, en alternance avec des activités de détente et de socialisation. Et même s'ils ne se sont pas rencontrés en personne cette année, les élèves avaient tous en commun la même curiosité et la même passion envers la physique.

Les répercussions du programme peuvent se faire sentir vivement et pendant de nombreuses années. Cette année, Ólin Costa, participant âgé de 17 ans, de Brasilia, au Brésil, compte utiliser les techniques de résolution de problèmes qu'il a découvertes pour aider d'autres élèves de son école secondaire dans le cadre du programme *Projet Feynman*. « Les connaissances que j'ai acquises à l'ISSYP, dit-il, m'aideront certainement à améliorer mes séances et à aider des gens. » [traduction]

De nombreux participants à l'ISSYP excellent ensuite dans leurs études et leur carrière en STGM. Gerardo de Jesus Saenz (2008) a fondé Territorium, entreprise technologique qui se consacre à la transformation de l'enseignement. Territorium a des bureaux aux États-Unis, au Mexique et en Colombie, et compte plus d'un million d'utilisateurs.

Arunima Sen (2019) et Anna MacLennan (2020) sont 2 anciennes de l'ISSYP qui font partie de la liste établie par The Mars

Generation des 24 chefs de file et innovateurs de moins de 24 ans en STGM et sciences de l'espace. Pour sa part, Siena Castellon (2018) a été nommée Jeune chef de file 2020 pour les objectifs de développement durable de l'ONU.



Cette année, l'ISSYP a eu une allure un peu différente : elle a eu lieu entièrement en ligne, avec des cours présentés par le truchement de Zoom et enrichis par des modules interactifs virtuels. La moitié des participants résidaient au Canada, et l'autre moitié à l'étranger (dans les mêmes fuseaux horaires que le Canada, afin de simplifier la coordination).

En 2019-2020, l'ISSYP a été rendue possible grâce au soutien de la Fondation RBC, commanditaire principal.





La conférence Inspiring Future Women in Science (Inspirer les futures scientifiques), mars 2020

INSPIRER LES FUTURES SCIENTIFIQUES

Les personnes qui ont pris la parole, toutes des femmes, étaient extraordinaires : une astrophysicienne théoricienne doublée d'une communicatrice scientifique hors pair, qui publiera bientôt un livre sur la fin de l'univers; une PDG qui a eu une formation en STGM, ce qui l'aide à diriger un fabricant de pièces d'automobile comptant plus de 29 000 employés dans 17 pays; une biologiste cancérologue qui étudie des cancers difficiles à traiter et surtout prévalents chez les jeunes femmes noires.

À la conférence annuelle *Inspiring Future Women in Science* (Inspirer les futures scientifiques) de l'Institut Péricimètre, 155 élèves du secondaire ont eu la chance d'entendre une impressionnante brochette de conférencières, de panélistes et de mentores actives en sciences, technologie, génie et mathématiques. La conférence a aussi été webdiffusée en direct dans 5 écoles secondaires ontariennes.

Les panélistes ont conclu leur prestation en répondant à la question suivante : quelle est la chose que vous auriez aimé savoir à l'école secondaire? Jessalyn Teed, pilote et promotrice des femmes en aviation, a donné le conseil suivant : « Réseauter, réseauter, réseauter. Prenez contact avec la collectivité. » [traduction] Sarah Sun, experte en science des données, a déclaré : « Soyez curieuses, audacieuses et courageuses. C'est normal d'avoir peur, mais vous devez rester curieuses. » [traduction]

La conférence *Inspiring Future Women in Science* (Inspirer les futures scientifiques) de 2020 a été rendue possible grâce au soutien de Linamar Corporation, commanditaire principal.

« J'appuie l'Institut Péricimètre parce que je crois que son travail entraînera des percées scientifiques majeures qui façonneront littéralement notre avenir. Son engagement à soutenir les femmes en sciences, et notamment à encourager les jeunes femmes à cultiver leur intérêt pour les STGM, est également important pour élargir la portée et les horizons de la recherche et du développement scientifiques. L'innovation et le talent sont au cœur du caractère concurrentiel de toute entreprise, et plus particulièrement dans le domaine de la fabrication avancée. Le soutien de l'Institut Péricimètre est donc crucial pour l'avenir de notre secteur, de notre économie et de notre monde. » [traduction]

– Linda Hasenfratz, PDG, Linamar Corporation

COMMUNICATIONS SCIENTIFIQUES ET MÉDIAS

Plus que jamais, le public a besoin d'une information scientifique exacte, accessible et digne de confiance, et de la pensée critique nécessaire pour la reconnaître. Chaque année, l'Institut Péricimètre communique à des centaines de milliers de personnes, au Canada et dans le monde entier, une information scientifique de qualité, conçue pour instruire et éclairer. Par ses sites Web, ses comptes de médias sociaux et ses partenariats, l'Institut demeure une source de choix, exacte et intéressante 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 2,8 millions de visionnements de vidéos, soit 12 % de plus que l'année précédente, et son nombre d'abonnés a augmenté de 28 %. Notre site Web de contenu scientifique accessible et partageable, insidetheperimeter.ca, recèle des trésors fascinants pour tous, peu importe l'âge et l'expérience, qu'il s'agisse de questionnaires amusants qui conviennent aux

élèves du primaire ou de plus longs articles qui présentent les travaux actuels de chercheurs. En 2019-2020, *Dans le périmètre* a enregistré plus de 473 000 pages consultées et près de 260 000 visiteurs distincts, alors que le site Web interactif primé *Du quantum au cosmos* a accumulé plus de 1,2 million de pages consultées.

Nous allons à la rencontre des gens et nous dialoguons avec eux là où ils sont : dans les médias sociaux. Cette année, les abonnés au compte LinkedIn de l'Institut Péricimètre ont augmenté de 26 %, et de 10 % dans le cas de son compte Twitter, qui compte maintenant plus de 26 000 abonnés. Plus de 32 000 personnes suivent le compte Facebook de l'Institut, et près de 5 000 suivent son compte Instagram.

En mettant à profit tout un ensemble d'activités en ligne, sur place et dans les médias sociaux, l'Institut Péricimètre contribue à la diffusion des connaissances et à la confiance envers la science.

DES PRIX DE COMMUNICATION ET DE VULGARISATION SCIENTIFIQUES

L'Institut PÉRIMÈTRE a remporté l'or dans 3 catégories et le bronze dans une autre parmi les Prix d'excellence 2020 du Conseil canadien pour l'avancement de l'éducation

OR :

Meilleure initiative de relations avec les médias : pour avoir dirigé l'ensemble des relations avec les médias pour le compte d'un consortium international, en rapport avec la publication des premières images d'un trou noir.

Meilleure annonce publicitaire ou affiche : pour des affiches éducatives expliquant comment l'image d'un trou noir a été obtenue et quelle est l'importance de cette percée.

Meilleure utilisation des médias sociaux : pour des concours dont les gagnants sont allés dans 2 installations scientifiques importantes – le Grand collisionneur de hadrons au CERN, en Suisse, et un télescope au sommet d'une montagne à Hawaï.

BRONZE :

Meilleure idée nouvelle – la créativité à petit budget : pour ses fonds d'écran gratuits constitués de magnifiques images à thème de physique et utilisables dans des ordinateurs de bureau, des tablettes et des téléphones multifonctionnels.

LES 10 PRINCIPALES MANCHETTES

- « Waterloo scientists help create 3D map of the universe » (Des scientifiques de Waterloo contribuent à créer une carte 3D de l'univers), *The National*, CBC, le 19 juillet 2020
- « Astronomers locate the source of mysterious cosmic radio bursts – with help from a Canadian instrument », (Des astronomes localisent la source de mystérieux sursauts radio cosmiques – à l'aide d'un instrument canadien), *The Globe and Mail*, le 6 janvier 2020
- « We may have spotted a parallel universe going backwards in time », (Nous pourrions avoir repéré un univers parallèle qui remonte le temps), *New Scientist*, le 8 avril 2020
- « Global team of astrophysicists release largest ever 3D map of the universe » (Une équipe mondiale d'astrophysiciens publie la plus grande carte 3D de l'univers jamais produite), *National Post*, le 20 juillet 2020
- « The mix of private and public funds that built a physics powerhouse », (Le partenariat public-privé qui crée un moteur de la physique), *Inside Philanthropy*, le 7 août 2019
- « Spacetime 'echoes' from quantum black holes could soon change physics forever » (Des « échos » de l'espace-temps venus de trous noirs pourraient bientôt changer la physique à tout jamais), *Vice*, le 10 février 2020
- « Event Horizon Telescope reveals inner workings of quasar's jet » (Le télescope EHT révèle le fonctionnement interne des jets d'un quasar), *Astronomy Now*, le 8 avril 2020
- « Machine learning could be Canada's edge in the global quantum computing arms race » (L'apprentissage automatique pourrait être l'atout du Canada dans la course à l'informatique quantique), *BetaKit*, le 10 mars 2020
- « Astrophysicist Katie Mack talks the end of the universe tonight! Here's how to watch live » (L'astrophysicienne Katie Mack parle ce soir de la fin de l'univers! À suivre en direct), *Space.com*, le 6 mai 2020
- « Black hole portrait wins Breakthrough Prize for Event Horizon Telescope's team » (Une image d'un trou noir vaut un Prix du progrès scientifique à l'équipe du télescope EHT), *GeekWire*, le 5 septembre 2019

CONFÉRENCES PUBLIQUES

Du commencement de l'univers aux idées les plus nouvelles sur les voyages interstellaires, les conférences publiques de l'Institut PÉRIMÈTRE continuent d'inspirer et d'informer le public local présent dans le théâtre des idées Mike-Lazaridis et le public du monde entier qui les suit en direct et dans YouTube.

Voici les thèmes des 6 conférences publiques de cette année : survivre à ce siècle, par Sir Martin Rees; la chasse aux planètes habitables, par Elizabeth Tasker; la musique de l'univers, par Gabriela González; la révolution quantique, par Shohini Ghose; moteurs supraluminiques et êtres extraterrestres, par Bryan Gaensler; la fin de l'univers, par Katie Mack.

Les conférences publiques ont fait l'objet de 745 000 visionnements en 2019-2020, et beaucoup d'entre elles continuent d'être extrêmement populaires des mois ou même des années après leur présentation.

Ces conférences ont des effets réels sur le grand public qui s'y intéresse : 66 % des répondants à un sondage ont dit aimer des conférences qui « donnent un peu mal à la tête », et 98 % ont dit qu'elles les ont amenés à en apprendre davantage.

« Nous essayons d'assister en famille à autant de conférences

que possible, a dit l'un des répondants. Merci beaucoup de ces conférences. Elles ont contribué à susciter chez mes filles un intérêt pour la science et pour les grandes questions, et j'apprécie beaucoup cela. » [traduction]



Une conférence publique prévue de Katie Mack, boursière Simons-E Emmy-Noether, sur le thème de la fin de l'univers est devenue une conversation en ligne comprenant un segment de questions et réponses en direct avec le public. La vidéo de cette séance a été visionnée plus de 18 000 fois.

BMO pour elles a commandité les 4 conférences publiques prononcées par des femmes en 2019-2020.

« Un espace où des chercheurs rencontrent divers publics et font part de leurs idées dans un langage de tous les jours rend la science accessible à tous. La promotion de la curiosité et de la culture scientifique est vraiment importante. » [traduction]

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

UN AVENIR **BRILLANT**

Nous vivons à une époque passionnante : une révolution de la physique et de la technologie quantiques est en cours, stimulée par la promesse de l'informatique quantique. On s'attend à ce que des technologies puissantes fondées sur la physique quantique transforment de nombreuses industries de même que notre compréhension de l'univers. Les recherches diversifiées de l'Institut PÉRIMÈTRE promettent d'importantes répercussions et susciteront des percées majeures dans bien des domaines prometteurs.

Dans un monde où les découvertes scientifiques, le talent et l'innovation technologique jouent un rôle crucial dans le succès aux plans économique et social, l'Institut PÉRIMÈTRE est un atout stratégique indispensable pour l'avenir du Canada.

Notre nouveau plan quinquennal présente notre vision : devenir le principal centre mondial de physique théorique en établissant de nouvelles normes en matière de recherche, de formation et de diffusion des connaissances.

RECHERCHE

Nous chercherons à réaliser des percées capables de façonner notre avenir collectif. Nous accélérerons des recherches ambitieuses dans l'ensemble du spectre de la physique théorique et nous mettrons l'accent sur des initiatives-clés interdisciplinaires mûres pour des avancées majeures :

- la matière quantique, dans le tout nouveau Centre de recherches Clay-Riddell de l'Institut PÉRIMÈTRE sur la matière quantique;
- la jonction de l'intelligence artificielle et de la physique quantique, dans le Laboratoire d'intelligence quantique de l'Institut PÉRIMÈTRE;
- la simulation quantique, grâce à des partenariats plus étroits avec des expérimentateurs de premier plan;
- l'inférence causale quantique, dans le Laboratoire de l'Institut PÉRIMÈTRE sur l'inférence causale quantique;
- la cosmologie fondée sur les données, grâce à des partenariats avec des installations d'observation telles que les télescopes CHIME et EHT, ainsi que des observatoires d'ondes gravitationnelles. Ces partenariats ouvrent de nouvelles fenêtres sur les trous noirs, les sursauts radio rapides et d'autres mystères de l'univers.

FORMATION

Nous formerons de nouvelles générations d'esprits brillants destinés à être des chefs de file, non seulement en physique mais aussi partout où des problèmes complexes exigent des solutions originales. Nous amènerons à l'Institut PÉRIMÈTRE les étudiants diplômés et postdoctorants les meilleurs et les plus brillants, et nous leur donnerons une formation scientifique de classe mondiale. Nous allons aussi :

- partager ressources et connaissances avec nos universités partenaires, créant une vague qui élèvera la physique partout au Canada;
- intensifier les liens avec nos anciens, au nombre de plus de 1 000;
- offrir à de jeunes scientifiques des occasions de carrière, de réseautage et de mentorat, à l'intérieur comme à l'extérieur du milieu universitaire.

RAYONNEMENT ET COMMUNICATIONS SCIENTIFIQUES

Nous ferons connaître au monde les merveilles de la science, en formant et en soutenant des enseignants ainsi qu'en offrant des ressources pédagogiques aux élèves, des conférences publiques à la collectivité et un contenu scientifique numérique aux esprits curieux. Au cours des prochaines années, nous adapterons nos ambitieux programmes pour les rendre encore mieux ciblés et leur donner une plus grande portée. Nous allons :

- toucher encore davantage d'enseignants et d'élèves partout au pays;
- mettre à profit de nouveaux environnements numériques pour diffuser dans le monde entier un contenu scientifique accessible et de grande qualité.

INCLUSION, DIVERSITÉ, ÉQUITÉ ET ACCESSIBILITÉ

Dans toutes nos activités de recherche, de formation et de diffusion des connaissances, nous allons activement accueillir et outiller les groupes qui ont été systématiquement tenus à l'écart de la science – notamment les femmes et les filles, les personnes racisées et les collectivités autochtones du Canada. En nous appuyant sur le travail bénévole et concret du Tremplin vers l'inclusion à l'IP, sur nos initiatives Emmy-Noether et sur notre utilisation de l'inclusion comme mesure du succès de tous nos programmes et activités, nous établirons de nouvelles normes en matière d'inclusion, de diversité, d'équité et d'accessibilité.

DÉVELOPPEMENT DE L'INSTITUT

ACCOMPLIR SA MISSION

« Je crois que la plupart des membres de notre famille aiment les gens intelligents, et nous aimons ce qui peut arriver lorsque l'on réunit des gens intelligents. Une chose qui rend l'Institut Périclès si attrayant est sa volonté de développer un pipeline de talents. » [traduction]

– Susan Riddell Rose, directrice de la Fondation de bienfaisance de la famille Riddell

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

Nos partenaires gouvernementaux et privés savent que l'Institut Périclès est un atout majeur pour le Canada : un chef de file reconnu dans le domaine de la science le moins coûteux et à l'impact le plus fort. L'Institut Périclès repose sur une idée-clé : la physique théorique d'aujourd'hui est la technologie de demain. Pratiquement tous les éléments de la technologie moderne – radio, télévision, semi-conducteurs, ordinateurs, téléphones multifonctionnels, lasers, fibre optique, Internet, GPS, imagerie diagnostique, etc. – ont leurs racines dans des percées antérieures de la physique. Les technologies à venir découleront de la prochaine vague d'avancées en physique. En soutenant l'Institut Périclès, nos partenaires contribuent à assurer la compétitivité et la prospérité à court terme et à long terme de notre pays.

L'exercice 2019-2020 a été pour l'Institut Périclès la 3^e 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 continuent d'appuyer 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.

Un généreux don de 10 millions de dollars de la Fondation de bienfaisance de la famille Riddell a permis à l'Institut Périclès de lancer le Centre Clay-Riddell de recherches sur la matière quantique. Cet engagement d'une durée de 10 ans nous permet d'attirer et de conserver des chercheurs exceptionnels ainsi que de réunir des professeurs, postdoctorants et étudiants de premier plan dans un milieu de collaboration. La famille Riddell fait partie de nos donateurs privés de plus en plus nombreux, et l'Institut Périclès est maintenant dans une position idéale pour devenir un pôle national de recherche fondamentale sur la matière quantique.

« Le généreux don des Riddell constitue un investissement à long terme », dit Rob Myers, directeur de l'Institut Périclès. « Il nous permettra de réunir de brillants jeunes scientifiques venus d'horizons divers et ayant des idées variées. C'est la manière de réaliser des percées que personne ne peut prévoir, des percées qui peuvent tout changer. » [traduction]

APPUIS À LA VISION DE L'INSTITUT

L'Institut Périclès 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 Périclès. Ces généreux dons ont permis à notre campagne de financement privé de dépasser la moitié de son objectif de 100 millions de dollars, avec 53 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 de la 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 de bienfaisance Ptarmigan
Fondation RBC
Fondation de bienfaisance de la famille Riddell
Banque Scotia
Michael Serbinis et Laura Adams
Shaw Communications
Fondation Simons
Fondation Stavros-Niarcho
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

Le conseil d'orientation de l'Institut PÉRIMÈTRE est un groupe de personnes influentes bénévoles qui offrent des conseils et agissent comme ambassadeurs de l'Institut auprès des milieux d'affaires et des organismes philanthropiques.

Joanne Cuthbertson, coprésidente

Membre du conseil d'administration, Institut PÉRIMÈTRE
Chancière émérite, Université de Calgary

Patrice Merrin, coprésidente

Membre du conseil d'administration, Institut PÉRIMÈTRE
Administratrice, Glencore PLC et Samuel, Son & Co.

Susan Baxter

Membre du conseil d'administration, Institut PÉRIMÈTRE
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,
Genovus Energy

Catherine Delaney

Présidente, C.A. Delaney Capital Management Itée

Edward Goldenberg

Associé, cabinet d'avocats Bennett Jones

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

Nous remercions **Carol Lee**, PDG et cofondatrice de Linacare Cosmethery, qui s'est retirée en octobre 2019 après 8 années de service au sein du conseil d'orientation.

MERCI À UN GÉNÉREUX DONATEUR

CLAY RIDDELL (1937-2018)



Clay Riddell était un géologue, un entrepreneur qui a eu beaucoup de succès dans le secteur canadien de l'énergie, ainsi qu'un bâtisseur communautaire. Il a été décoré de l'Ordre du Canada en 2008 pour son action prépondérante et philanthropique. Ami

de longue date de l'Institut PÉRIMÈTRE, il a fait un premier don majeur à l'appui de la chaire Clay-Riddell-Paul-Dirac, dont Pedro Vieira est titulaire.

Avant son décès survenu en septembre 2018, il a décidé de contribuer à la création d'un centre de recherches sur la matière quantique.

Il considérait son don de 10 millions de dollars comme un legs à l'humanité. Ce don appuiera des scientifiques établis et en formation qui étudieront de nouveaux états exotiques de la matière. Ces états constituent la clé d'une meilleure compréhension de puissants phénomènes quantiques qui jettent les bases de technologies de l'avenir.

Rob Myers, directeur de l'Institut PÉRIMÈTRE, a déclaré : « Clay était un homme brillant. Avec ce don, lui et sa famille éclairent une voie royale vers notre avenir. » [traduction]

ADIEU À UN AMI

CHARLIE FISCHER, 1950-2020

L'Institut PÉRIMÈTRE rend hommage à un généreux ami et bailleur de fonds en la personne de Charlie Fischer. Charlie et son épouse Joanne Cuthbertson sont depuis longtemps des promoteurs de l'Institut qui ont fait preuve d'un engagement profond et d'une même vision du progrès de l'humanité par la science.

Avant son décès survenu le 17 juin 2020, Charlie a obtenu l'Ordre d'excellence de l'Alberta, et il en sera officiellement investi lors d'une cérémonie à venir. Charlie et Joanne ont tous deux été reçus membres de l'Ordre du Canada en novembre 2019.

Charlie et Joanne ont été d'ardents promoteurs de l'Institut PÉRIMÈTRE en tant que « perle cachée du Canada », mettant sur pied une solide communauté de soutien à Calgary, dans toute l'Alberta et d'un bout à l'autre du pays. Joanne est membre du conseil d'administration et du conseil d'orientation de l'Institut. Il y a 6 ans, le couple a créé la bourse d'études supérieures Joanne-Cuthbertson-et-Charlie-Fischer, dont le récipiendaire actuel est le doctorant T.C. Fraser.

« Nos scientifiques étudient les forces de la nature. Joanne et Charlie sont indéniablement deux forces de la nature, a déclaré Rob Myers, directeur de l'Institut PÉRIMÈTRE. Nous ne les remercierons jamais assez de leur appui enthousiaste et de leur engagement indéfectible envers le progrès de la société canadienne. Les efforts de Joanne et Charlie sont un exemple phare du partenariat public-privé à l'œuvre à l'Institut. » [traduction]

La passion de Charlie Fisher continuera de vivre chez tous ceux qui sont devenus membres de la famille de l'Institut PÉRIMÈTRE.



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 Clay-Riddell de recherches sur la matière quantique (10 millions de dollars)

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-Gallée 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-James-Peebles de physique théorique (1 million de dollars)

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

Bourse Fondation-Ptarmigan-Stephen-W.-Hawking (400 000 \$)

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, fier 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^{er} cycle

CERCLE DES ACCÉLÉRATEURS

(50 000 \$ ET PLUS)

Fondation Cowan

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

Fondation Airlie
Fonds communautaire Bosch,
au nom d'ESCRYPT au Canada
Brian Sullivan
Toyota Motor Manufacturing Canada (TMMC)

10 000 \$ et plus

Denise et Terry Avchen,
Environmental Research Advocates
Société The Boardwalk

Harbir et Monica Chhina
Fondation communautaire
de Kitchener-Waterloo
– Fonds de la famille McMurtry
– Fonds Musagetes
– Fonds de la famille de John A. Pollock
Fondation communautaire d'Ottawa
Ildiko et Peter Paulson
Fondation familiale de Donald
et Eleanor Seaman
Alex White

AMIS (JUSQU'À 9 999 \$)

5 000 \$ et plus

Mary et Ted Brough
Fondation familiale
Savvas-Chamberlain
Jon et Lyne
Dellandrea
Frederick Knittel
Renée Schingh
et Robert Myers
Donateur anonyme (1)

2 500 \$ et plus

Don Campbell
J. DesBrisay
et M. Cannell
Michael Duschene
Goldman Sachs**
Robert Korthals
et Janet Charlton
Jennifer
Scully-Lerner**

1 000 \$ et plus

Debbie et Ian Adare
Fondation
Advancement
International
John Attwell
Famille Breunbach**
Douglas Brock
Rick Byers
Canada Gives :
Fondation de la
famille Schnurr
Fondation de la
famille Carson
David Cook
Ben et Mona Davies
Greg Dick
Peter Gillin
Edward Goldenberg
Michael Horgan
Ed Kernaghan
John Matlock

Leslie McCarley
Zoltan Petrany
W. Michael Roche
Fondation
Beatrice-Snyder**
Donateur anonyme (1)

De 250 \$ à 999 \$

Jeff Bakker
Jeremy Bell
et Sunny Tsang
Mike Birch
Janice Blathwayt
Rene et Janet Couture
Matt Douglas
Liliane Dubois-Esnard
Michael Gagnier
Adam Gravitass
Warren Jackson
Nagaraja D Srinivas
Jonnavittula
Jane E. Kay

Luis Lehner
et Maria Beltramo
D'Arcy
et Catherine Little
Jill Marshall**
Maneesh Mehta
Douglas
Mortley-Wood
Dan Petru
Stefan
et Shani Pregelj
Nem Radenovic
Neil Steven Rieck
Catalin Sandu
John et
Bridget Tielemans
Jacqueline Watty
Donateurs
anonymes (6)
De plus, il y a eu
138 dons allant
jusqu'à 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 Périphère 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 Périphère (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
Dorian Hausman
Patrice E. Merrin

10 000 \$ et plus

BMO pour elles
Jane Kinney et Christian Bode

1 000 \$ et plus

Jacqui Allard
Nancy Coldham
Andrea Grimm
Lisa Lyons Johnston
ODC Tooling & Molds, en mémoire
de Leejay Julius Levene
Laura Reinholz et Tony Fedun
Mary et Lee Sauer

De 250 \$ à 999 \$

Tom et Cheryl Hintermayer
Beth Horowitz et Pat Munson
Sheri et David Keffer
Douglas Mortley-Wood
Leslie Rogers
Donateurs anonymes (2)

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 Périphère), 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^{er} août 2019 et le 31 juillet 2020, ainsi qu'aux engagements sur plusieurs années de 50 000 \$ et plus.

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

GOUVERNANCE ET FINANCES

GOUVERNANCE

L'Institut Périmètre 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 résidants de l'Institut Périmètre 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 Périmètre

Associé directeur et cofondateur, Quantum Valley Investments

Cosimo Fiorenza

Vice-président du conseil

Membre fondateur du conseil d'administration

de l'Institut Périmètre

Vice-président et avocat-conseil, Quantum Valley Investments

Susan Baxter

Vice-présidente, Groupe des clients stratégiques,

Banque Royale du Canada

Membre du conseil d'orientation de l'Institut Périmètre

Joanne Cuthbertson, C.M.

Chancelière émérite, Université de Calgary

Coprésidente du conseil d'orientation de l'Institut Périmètre

Michael Horgan

Conseiller principal, cabinet d'avocats Bennett Jones

Jane Kinney

Vice-présidente à la retraite, Deloitte

Patrice Merrin

Administratrice, Glencore PLC et Samuel, Son & Co.

Coprésidente du conseil d'orientation de l'Institut Périmètre

Jeff Moody

PDG, Gluskin Sheff + Associates inc.

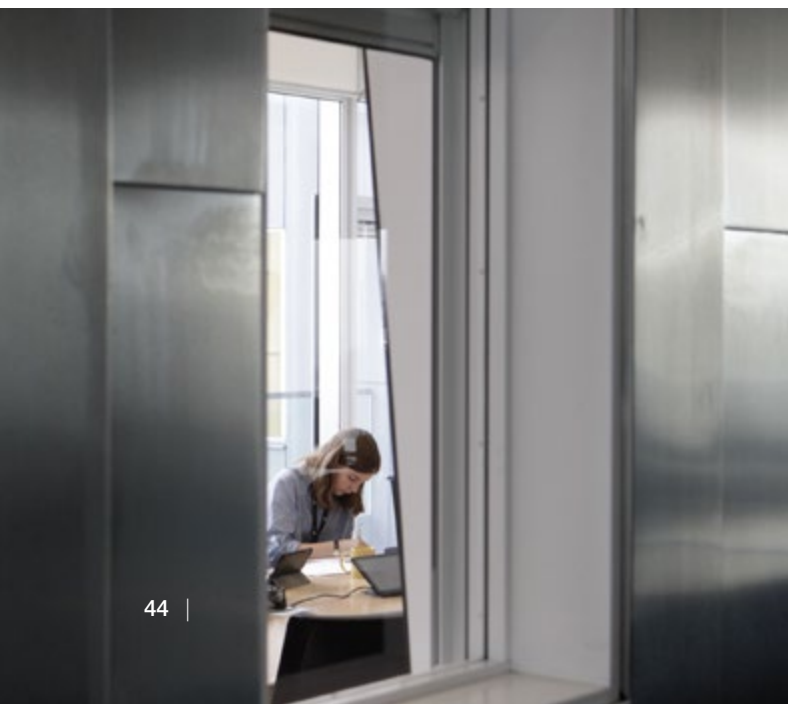
Michael Serbinis

Fondateur et PDG, League inc.

Nous remercions **Amit Chakma**, recteur émérite de l'Université Western et actuellement vice-chancelier de l'Université d'Australie-Occidentale, qui s'est retiré du conseil d'administration le 1^{er} juillet 2020 après y avoir servi pendant 2 ans.

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

www.perimeterinstitute.ca/people/board-directors



MEMBRES DU COMITÉ CONSULTATIF SCIENTIFIQUE

Gabriela González

Présidente du comité
Université d'État de Louisiane

Fernando Brandao

Institut de technologie de la Californie

Marcela Carena

Université de Chicago

Steven Carlip

Université de la Californie à Davis

Daniel Freed

Université du Texas à Austin

Gilbert Holder

Université de l'Illinois

David B. Kaplan

Université de l'État de Washington

Juan Maldacena

Institut d'études avancées de Princeton

Ramesh Narayan

Université Harvard

Natalia Perkins

Université du Minnesota

Sandu Popescu

Université de Bristol

Nous remercions **Katherine Freese**, de l'Université du Texas à Austin, qui a siégé au comité consultatif scientifique de 2017 à 2020.

HAUTS DIRIGEANTS

Robert C. Myers

Directeur

Michael Duschenes

Directeur administratif et chef de l'exploitation

Luis Lehner

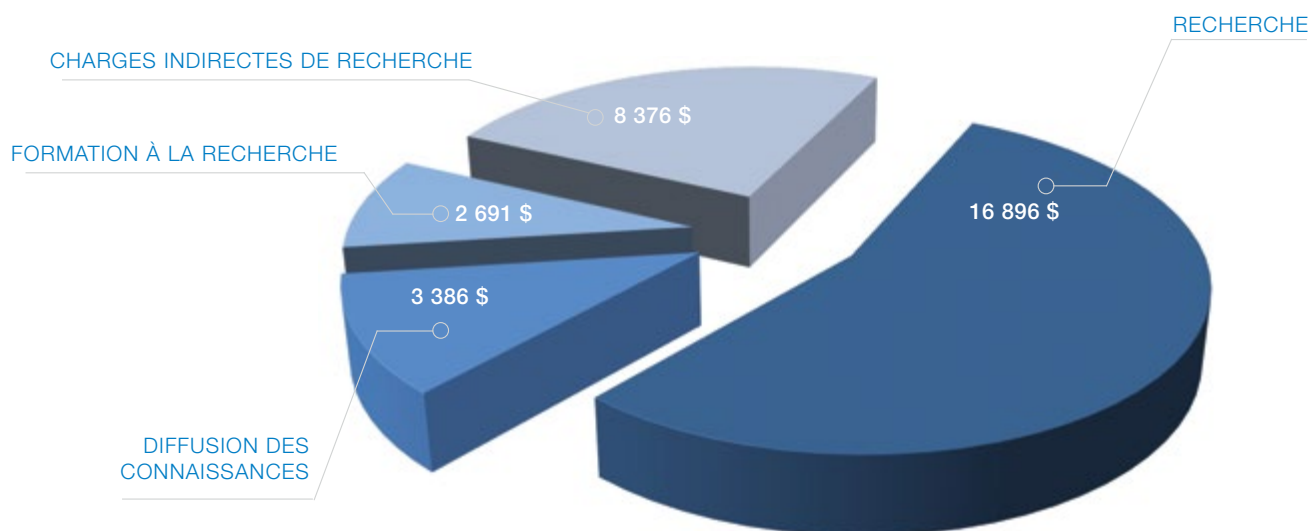
Président du corps professoral



FINANCES

SOMMAIRE DES CHARGES DE FONCTIONNEMENT (voir la page 50)

Pour l'exercice terminé le 31 juillet 2020
(en milliers de dollars)



En raison de la pandémie de COVID-19, les gouvernements du monde entier ont adopté des mesures pour combattre la propagation du virus. La communauté de l'Institut Péricimètre a su relever avec résilience et souplesse ce défi sans précédent, continuant de remplir son mandat de recherche, de formation et de diffusion des connaissances.

L'Institut Péricimètre a réussi à s'adapter presque du jour au lendemain pour fonctionner entièrement en ligne. La physique théorique ne requiert aucun laboratoire et se prête bien au travail individuel et aux collaborations en équipe par le truchement de moyens informatiques. L'Institut a mis sur pied des cours entièrement en ligne pour tous ses étudiants, et leur formation a pu se poursuivre. Les séminaires, réunions d'équipe et conférences ont tous continué de se tenir virtuellement et d'être accessibles dans le monde entier. L'équipe de diffusion des connaissances a diffusé des ressources gratuites et offert des séances en ligne de perfectionnement professionnel pour soutenir les enseignants et faire en sorte que les élèves continuent d'apprendre.

Recherche

Faire progresser notre compréhension de l'univers au niveau le plus fondamental demeure la principale raison d'être de l'Institut Péricimètre. Pour accomplir sa mission, l'Institut a continué d'investir dans ses activités de recherche, en mettant l'accent sur le maintien d'un environnement virtuel solide. La chute de 8 % des dépenses par rapport à l'année précédente est venue en grande partie des restrictions de voyage liées à la COVID-19, qui se sont traduites par un moins grand nombre de collaborations, ateliers, conférences et séminaires en personne.

Formation à la recherche

L'Institut Péricimètre a continué d'investir dans des programmes innovateurs de formation à la recherche tels que le programme de maîtrise PSI (*Perimeter Scholars International* – Boursiers internationaux de l'Institut Péricimètre), le programme de doctorat et le programme d'adjoints diplômés invités. Tous ces programmes attirent et forment des scientifiques de premier ordre – augmentant les compétences, faisant progresser la recherche et donnant des chefs de file prêts à travailler dans de nombreux domaines qui sont des moteurs de la croissance économique. Les dépenses à ce chapitre ont été de 12 % inférieures à celles de l'année précédente, en raison d'une décision stratégique de diminuer les effectifs dans certains programmes, ainsi que d'une diminution des voyages et de la participation en personne à cause des restrictions liées à la pandémie. Pendant toute la pandémie, l'Institut Péricimètre a affecté ses ressources de manière à ce que tous les participants à ses programmes de formation terminent leurs cours avec succès et soient soutenus dans la transition vers la prochaine étape de leur carrière.

Diffusion des connaissances et communications scientifiques

Le programme de classe mondiale de diffusion des connaissances de l'Institut Péricimètre a continué d'offrir aux enseignants des ressources numériques prêtes à utiliser en classe et conformes aux programmes scolaires. Ce programme touche des enseignants et des élèves dans le monde entier, des plus grandes villes aux régions isolées et sous-desservies, contribuant à préparer des jeunes à des carrières intéressantes fondées sur les STGM. Le caractère numérique d'une grande partie des contenus existants de l'Institut Péricimètre, ainsi que son expertise en la matière, ont permis une transition harmonieuse

à un environnement virtuel pendant la pandémie. L'Institut a pu ainsi assurer avec un minimum d'interruption sa programmation destinée aux élèves, aux enseignants et au grand public. La baisse de 12 % des dépenses à ce chapitre est due en grande partie à l'annulation des programmes et activités organisés sur place pour des enseignants et des élèves, compte tenu des restrictions de voyage liées à la COVID-19.

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. Pendant la COVID-19, la priorité a été accordée à des investissements stratégiques dans de nouvelles technologies visant à faciliter la croissance des capacités en ligne et une présence accrue de l'Institut dans le Web. Dans l'ensemble, les charges indirectes de recherche et de fonctionnement sont restées dans la moyenne des années précédentes.

PRODUITS

Les gouvernements fédéral et provincial ont continué de fournir des fonds conformément aux termes des accords de subvention. Au cours de l'exercice précédent, le moment de la réception de certaines contributions fédérales s'est traduit par des produits supplémentaires. Les investissements majeurs et constants des gouvernements du Canada et de l'Ontario montrent que l'Institut Périmètre en vaut la peine et qu'il rapporte beaucoup à ses partenaires publics.

Pour compléter les investissements publics, l'Institut Périmètre est parvenu à obtenir des appuis substantiels d'entreprises, fondations et donateurs privés. Pendant la crise mondiale de la pandémie, la campagne de collecte de fonds de l'Institut Périmètre auprès du secteur privé a continué de connaître beaucoup de succès, apportant près de 4 millions de dollars à l'appui du fonctionnement de l'Institut, et les subventions de recherche octroyées par des fondations privées ont dépassé les 700 000 \$.

SITUATION FINANCIÈRE

La pandémie a eu des effets négatifs sur l'activité commerciale dans le monde et a contribué à une importante volatilité de certains marchés d'actions et d'obligations. Malgré la volatilité des marchés pendant la dernière année, les titres négociables de l'Institut ont donné un rendement de plus de 3 %. Les perturbations que subiront les entreprises à l'échelle mondiale et leurs effets sur l'économie sont difficiles à prévoir; cependant, la situation financière de l'Institut Périmètre demeure solide. Sous la direction du comité de gestion des placements, les fonds restent investis conformément aux politiques et procédures de placement approuvées par le conseil d'administration, qui correspondent aux objectifs de l'Institut en matière de risque et de rendement.

PLAN À LONG TERME

L'Institut Périmètre 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 2020, l'Institut Périmètre a terminé la 3^e 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 Périmètre bénéficie depuis sa fondation témoignent d'une étroite collaboration de l'Institut avec ses partenaires publics et montrent que l'Institut Périmètre constitue un excellent investissement stratégique pour les gouvernements.

En plus de l'appui du secteur public, le financement privé joue un rôle crucial dans la viabilité à long terme de l'Institut Périmètre. L'Institut a fixé des objectifs de financement ambitieux et met en œuvre des moyens innovateurs afin 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.

Enfin, le fonds de dotation continue d'être géré de manière à améliorer la meilleure stabilité financière à long terme de l'Institut Périmètre, 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.



RAPPORT DES AUDITEURS INDÉPENDANTS SUR LES ÉTATS FINANCIERS RÉSUMÉS

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

Les états financiers résumés ci-joints, qui comprennent l'état résumé de la situation financière au 31 juillet 2020, 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 2020.

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. Les états financiers résumés et les états financiers audités ne tiennent pas compte d'événements survenus après la date de notre rapport sur les états financiers audités.

États financiers audités et notre opinion à leur sujet

Dans notre rapport daté du 10 décembre 2020, nous avons exprimé une opinion sans réserve sur les états financiers audités. Ces états financiers, de même que les états financiers résumés, 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.

Zeifmans LLP

Toronto (Ontario)
Le 10 décembre 2020

Comptables agréés
Experts-comptables autorisés

201 Bridgeland Avenue | Toronto
Ontario | M6A 1Y7 | Canada

zeifmans.ca
T: 416.256.4000

A member of
 **Nexia**
International

INSTITUT PÉRIMÈTRE

État résumé de la situation financière

(en milliers de dollars)

au 31 juillet 2020

	2020	2019
ACTIF		
Actif à court terme :		
Trésorerie et équivalents	9 434 \$	23 923 \$
Placements	350 339	338 050
Subventions à recevoir	—	126
Autre actif à court terme	586	759
	360 359	362 858
Immobilisations	39 342	40 786
TOTAL DE L'ACTIF	399 701 \$	403 644 \$
 PASSIF ET SOLDE DES FONDS		
Passif à court terme :		
Comptes créditeurs et autre passif à court terme	1 690 \$	1 850 \$
TOTAL DU PASSIF	1 690	1 850
Solde des fonds :		
Investis dans les immobilisations	39 327	40 692
Grevés d'affectations d'origine externe	11 740	17 396
Grevés d'affectations d'origine interne	346 006	343 006
Non grevés	938	700
	398 011	401 794
SOLDE TOTAL DES FONDS	399 701 \$	403 644 \$

INSTITUT PÉRIMÈTRE

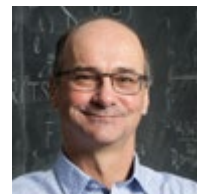
État résumé des résultats et du solde des fonds
(en milliers de dollars)
pour l'exercice terminé le 31 juillet 2020

	2020	2019
Produits		
Subventions gouvernementales	15 000 \$	22 192 \$
Dons	3 842	3 293
Autres produits	767	1 325
	<u>19 609</u>	<u>26 810</u>
Charges		
Recherche	16 896	18 411
Formation à la recherche	2 691	3 065
Diffusion des connaissances et communications scientifiques	3 386	3 850
Charges indirectes de recherche et de fonctionnement	8 376	8 380
	<u>31 349</u>	<u>33 706</u>
Excédent des produits par rapport aux charges de fonctionnement	(11 740)	(6 896)
Produits de placement	10 261	6 571
Amortissement	<u>(2 304)</u>	<u>(2 563)</u>
Excédent des produits par rapport aux charges	(3 783)	(2 888)
Solde des fonds au début de l'exercice	401 794	404 682
Solde des fonds à la fin de l'exercice	<u>398 011 \$</u>	<u>401 794 \$</u>

ANNEXES

PROFESSEURS À PLEIN TEMPS

Robert Myers (Ph.D., Université de Princeton, 1986) est directeur de l'Institut Périmètre 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 Périmètre, 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 (2015-2019) 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 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 environ 50 sont professeurs dans diverses universités du monde, y compris celles de Princeton, de Cambridge et d'Oxford.



Luis Lehner (Ph.D., Université de Pittsburgh, 1998) a d'abord été professeur associé à l'Institut Périmètre en 2009, dans le cadre d'une nomination conjointe avec l'Université de Guelph. Il est devenu professeur à plein temps à l'Institut Périmètre 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 sud américain 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. En 2019, Luis Lehner a fait partie de la liste TD des 10 Canadiens hispaniques les plus influents.



Asimina Arvanitaki (Ph.D., Université Stanford, 2008) est titulaire de la chaire Fondation-Stavros-Niarchos-Aristarque de physique théorique de l'Institut Périmètre, 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). M^{me} 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 *New Horizons* (Nouveaux horizons) en physique de la Fondation *Breakthrough Prize* (Prix du progrès scientifique).





Latham Boyle (Ph.D., Université de Princeton, 2006) s'est joint au corps professoral de l'Institut Périclète en 2010. De 2006 à 2009, il a été boursier postdoctoral à l'Institut canadien d'astrophysique théorique et boursier junior de l'Institut canadien de recherches avancées. Depuis quelques années, ses recherches portent sur divers sujets de cosmologie, de physique fondamentale et de physique mathématique. En cosmologie, il a récemment proposé (avec Neil Turok et Kieran Finn) un nouveau modèle cosmologique, celui de l'« univers à symétrie CPT » (*Physical Review Letters*, vol. 121, 2018, article n° 251301) : 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, il a récemment souligné (arXiv:2006.16265) un nouveau lien intéressant entre certains schémas du modèle standard de la physique des particules et la structure d'un objet mathématique remarquable appelé *algèbre de Jordan exceptionnelle*. En physique mathématique, il a introduit (avec Kendrick Smith) la notion de « cristaux chorégraphiques » (*Physical Review Letters*, vol. 116, 2016, article n° 015503), dont les éléments constitutifs exécutent une chorégraphie pouvant avoir une symétrie beaucoup plus riche que ce que révèle tout instantané de ces cristaux, et il a étudié (avec Paul Steinhardt, Madeline Dickens et Felix Flicker) des pavages et quasi-cristaux semblables à ceux de Penrose, y compris leur relation avec l'invariance conforme discrète et l'holographie (*Physical Review X*, vol. 10, 2020, article n° 011009).



Freddy Cachazo (Ph.D., Université Harvard, 2002) est titulaire de la chaire Gluskin-Sheff-Onex-Freeman-Dyson de physique théorique de l'Institut Périclète, 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 *New Horizons* (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) est titulaire de la chaire Fondation-Krembil-William-Rowan-Hamilton de physique théorique. Il s'est joint à l'Institut Périclète en août 2014, en provenance de l'Université Northwestern, où il était professeur depuis 2006. 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. En 2020, il a remporté le prix Leonard-Eisenbud de la Société américaine de mathématiques et a été élu membre honoraire de l'Académie royale d'Irlande.



Neal Dalal (Ph.D., Université de la Californie à San Diego, 2002) s'est joint à l'Institut Périclète 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 Dittich (Ph.D., Institut Max-Planck de physique gravitationnelle, 2005) est devenue professeure à l'Institut Périclète 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, de même que sur des sujets connexes de physique mathématique. Entre autres importantes découvertes, elle a mis au point un cadre de calcul d'observables invariants de jauge en relativité générale, réalisé de nouvelles constructions de géométrie quantique et identifié des propriétés holographiques de la gravité quantique indépendante du fond. Bianca Dittich a reçu la médaille Otto-Hahn, remise par la Société Max-Planck à de jeunes scientifiques d'exception, une bourse de nouveau chercheur du ministère de la Recherche et de l'Innovation de l'Ontario, ainsi qu'un supplément d'accélération à la découverte du CRSNG.



William East (Ph.D., Université de Princeton, 2013) s'est joint à l'Institut Périclète 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 Périclète 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 titulaire de la chaire Fondation-Krembil-Galilée de physique théorique de l'Institut Périclète, où il est professeur depuis 2012. 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 *New Horizons* (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 Périclète 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 en régime de couplage fort.



Daniel Gottesman (Ph.D., Institut de technologie de la Californie, 1997) est professeur à l'Institut Périclète 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 75 articles qui ont fait l'objet de plus de 15 000 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 Périclète 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. M. Hardy 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 Périclète en juillet 2018, en provenance de l'Université Harvard, où il était boursier postdoctoral Moore depuis 2016. Auparavant, il a 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 Périclète 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 quantique et se spécialise dans les états exotiques de la matière dont les comportements physiques sont dictés par les structures mathématiques de la topologie. Il s'intéresse également aux matériaux quantiques, à l'intrication, de même qu'aux applications de systèmes quantiques synthétiques à la simulation quantique.



Kendrick Smith (Ph.D., Université de Chicago, 2007) est titulaire de la chaire Famille-Daniel-James-Peebles de physique théorique de l'Institut Périclète, où il est professeur depuis 2012. Il dirige également le Centre de recherches de l'Institut Périclète sur l'univers. 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 *Breakthrough*



Prize (Prix du progrès scientifique) 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 *New Horizons* (Nouveaux horizons) en physique 2020. Il a obtenu plusieurs résultats importants, dont la première détection de l'effet lenticulaire 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 Périètre. 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 210 articles qui ont fait l'objet de plus de 11 000 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.



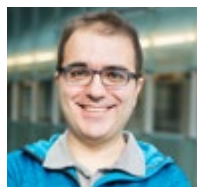
Robert Spekkens (Ph.D., Université de Toronto, 2001) est devenu professeur à l'Institut Périètre en 2008, après avoir été titulaire d'une bourse internationale de la Société royale de Londres à l'Université de Cambridge. Il travaille dans le domaine des fondements de la physique quantique, où il est connu pour ses recherches sur la vision épistémique d'états quantiques, le principe de non-contextualité, la nature de la causalité dans un monde quantique, de même que sur la quantification de diverses propriétés 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 Périètre. 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^{er} 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 Périètre. Il a dirigé de 2017 à 2020 le Centre de recherches de l'Institut Périètre 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 cycliques de l'univers. Récemment, Neil Turok et ses collaborateurs ont élaboré une nouvelle démarche fondamentale de l'étude des intégrales de chemin en mécanique quantique, avec des applications allant de la cosmologie 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 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. En 2019, il a été nommé officier honoraire de l'Ordre du Canada. 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. En 2020, il a été nommé titulaire de la chaire Higgs de physique théorique de l'Université d'Édimbourg. Il est en congé de l'Institut Périètre depuis juillet 2020.



Guifre Vidal (Ph.D., Université de Barcelone, 1999) est devenu professeur à l'Institut Périètre 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 du programme d'informatique quantique de l'Institut canadien de recherches avancées et membre de l'équipe de recherche de la Fondation Simons sur le problème des électrons multiples. Il est actuellement en congé de l'Institut Périètre et travaille chez X (anciennement Google X).



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 Périètre, 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 *New Horizons* (Nouveaux horizons) 2020 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

Niayesh 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 1^{er} prix Buchalter de cosmologie de la Société américaine d'astronomie en 2019, ainsi que le 3^e prix en 2015.

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 de l'Institut Périclète. 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 du consortium international 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. Avery Broderick est lauréat (conjointement avec le consortium du télescope EHT) d'un prix diamant de la Fondation nationale des sciences des États-Unis, du *Breakthrough Prize* (Prix du progrès scientifique) 2020 de physique fondamentale, ainsi que de plusieurs autres prix.

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 Périclète 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 récipiendaire 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 un autre en 2017.



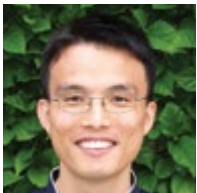
David Cory (Ph.D., Université Case Western Reserve, 1987) s'est joint à l'Institut Périclète en 2010, dans le cadre d'une nomination conjointe avec l'Université de Waterloo, où il est professeur de chimie et directeur adjoint, Recherche, de l'Institut d'informatique quantique. Auparavant il a été professeur 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 est membre élu de la Société américaine de physique et de la Société royale du Canada. Il a quitté l'Institut Périclète en septembre 2019.



Matthew Johnson (Ph.D., Université de la Californie à Santa Cruz, 2007) est devenu professeur associé à l'Institut Périclète 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 Périclète. 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 Périclète 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 Périclète 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 mathématiques 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 Périclète 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 (Caltech). 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'auteur 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. Elle a quitté l'Institut Périclète en juillet 2020 pour reprendre son poste à Caltech.



Roger Melko (Ph.D., Université de la Californie à Santa Barbara, 2005) est devenu professeur associé à l'Institut Périclète 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 étudie les systèmes fortement corrélés à N corps. Il se concentre sur les phénomènes émergents exotiques, les systèmes critiques quantiques et l'intrication. Dans ses recherches, il met l'accent sur les méthodes numériques en tant que technique théorique, en particulier la mise au point de nouveaux algorithmes et de méthodes d'apprentissage automatique. 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 en physique informatique quantique à N corps.



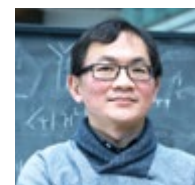
Michele Mosca (D.Phil., Université d'Oxford, 1999), nommé conjointement avec l'Institut d'informatique quantique de l'Université de Waterloo (IQC), est membre fondateur de l'Institut Périclète, ainsi que cofondateur de l'IQC. Il est aussi professeur au Département de combinatoire et optimisation de la 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'évolutionQ 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) ainsi que titulaire d'une chaire de recherche de l'Université de Waterloo (2012-2019). 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 Périclète en 2019, dans le cadre d'une nomination conjointe avec l'Institut d'informatique quantique de l'Université de Waterloo, où elle est professeure 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. M^{me} Muschik a conçu des protocoles innovateurs 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 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 (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). En 2020, elle a été choisie comme boursière du programme des chercheurs mondiaux Azrieli de l'Institut canadien de recherches avancées.



Ue-Li Pen (Ph.D., Université de Princeton, 1995) s'est joint à l'Institut Périclète 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. 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^e 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. En 2019-2020, il faisait partie de l'équipe du télescope CHIME qui a reçu un prix du Gouverneur général pour l'Innovation et était l'un des 347 membres du consortium du télescope EHT qui a reçu le *Breakthrough Prize* (Prix du progrès scientifique) 2020 de physique fondamentale.



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 et directeur du Centre d'astrophysique. M. Percival est un cosmologiste qui travaille principalement sur les relevés de 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 Périclète 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. Depuis 2019, Maxim Pospelov est professeur à l'École de physique et d'astronomie de l'Université du Minnesota et membre de l'Institut William-B.-Fine de physique théorique. Il a quitté l'Institut Périclète en août 2019.



Sergueï Sibiryakov (Ph.D., Institut de recherches nucléaires de l'Académie des sciences de Russie, 2004) s'est joint en 2020 à l'Institut Périclète, dans le cadre d'une nomination conjointe avec le Département de physique et d'astronomie de l'Université McMaster. Auparavant, il était depuis 2013 professeur à l'École polytechnique fédérale de Lausanne et au CERN. Ses domaines de recherche comprennent la phénoménologie de la physique des particules, la cosmologie et la théorie de la gravitation. M. Sibiryakov est co-auteur d'un ensemble de travaux révolutionnaires qui établissent la cohérence d'une approche de la gravitation quantique dite de « gravité à anisotropie d'échelle ». Entre autres distinctions, Sergueï Sibiryakov a obtenu la Médaille du Prix de l'Académie des sciences de Russie pour jeunes scientifiques, de même que plusieurs subventions et bourses de fondations russes et suisses.



Daniel Siegel (Ph.D., Institut Max-Planck de physique gravitationnelle et Université de Potsdam, 2015) s'est joint à l'Institut Périclète en 2019, dans le cadre d'une nomination conjointe avec l'Université de Guelph. Auparavant, il était postdoctorant et boursier Einstein de la NASA à l'Université Columbia depuis novembre 2015. Ses recherches tissent des liens entre la physique fondamentale et le cosmos. Elles englobent divers sujets – physique gravitationnelle, astrophysique nucléaire et 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 Périclète 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 Périclète en septembre 2017 dans le cadre d'une nomination conjointe avec l'Université de Guelph. Auparavant, il a été postdoctorant à l'Université de Princeton pendant un an. 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 Périclète 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

Greg Dick

Directeur général du développement
et directeur principal de la participation du public

Ben Davies

Directeur de la technologie de l'information

James Forrest

Directeur des programmes
d'enseignement

Colin Hunter

Directeur des communications
et des relations avec les médias

Sheri Keffer

Directrice des ressources humaines
et de la culture

John Matlock

Directeur des relations extérieures
et des affaires publiques

Sue Scanlan

Directrice financière

Natasha Waxman

Directrice des publications,
des subventions et des distinctions

POSTDOCTORANTS EN 2019-2020 (institution d'obtention du doctorat)

Ben Albert (Université de Pennsylvanie)
Alvaro Martin Alhambra (Collège universitaire de Londres)
Masooma Ali (Université du Nouveau-Brunswick)
Anurag Anshu, conjointement avec l'Institut d'informatique quantique (IQC) de l'Université de Waterloo (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)
Rodolfo Capdevilla, conjointement avec l'Université de Toronto (Université Notre-Dame)
Sylvain Carrozza (Université Paris-Sud)
Taboka Chalebgwa (Université de Stellenbosch)
William Cunningham (Université Northeastern)
Meiling Deng (Université de la Colombie-Britannique)
Richard Derryberry (Université du Texas à Austin)
Lorenzo Di Pietro (Institut Weizmann des sciences)
Galyna Dobrovol'ska (Université de Chicago)
William Donnelly (Université du Maryland à College Park)
Daniel Ignacio Egana-Ugrinovic (Université Rutgers)
Job Feldbrugge, conjointement avec l'Université Carnegie-Mellon (Université de Waterloo)
Angelika Fertig (Institut Max-Planck de physique gravitationnelle)
Zachary Fisher (Université de la Californie à Berkeley)
Simon Foreman, conjointement avec le Conseil national de recherches du Canada (Université Stanford)
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)
Flaminia Giacomini, boursière Yvonne-Choquet-Bruhat (Université de Vienne)
Meng Guo (Université Harvard)
Justin Hilburn, conjointement avec l'IQC (Université de l'Oregon)
Matthijs Hogervorst (École Normale Supérieure de Paris)
Junwu Huang (Université Stanford)
Nick Hunter-Jones (Institut de technologie de la Californie)
Estelle Inack, boursière Francis-Kofi-Allotey (Centre international Abdus-Salam de physique théorique)
Michael Jarret (Université du Maryland)
Raghav Govind Jha (Université de Syracuse)
Theo Johnson-Freyd (Université de la Californie à Berkeley)
Benjamin Knorr (Université Friedrich-Schiller d'Iéna)
Aleksander Kubica, conjointement avec l'IQC (Institut de technologie de la Californie)
Stefan Kuhn (Institut Max-Planck d'optique quantique)
Meenu Kumari (Université de Waterloo)
Ravi Kunjwal (Institut de mathématiques de Chennai)
Ian Le (Université Northwestern)

Felix Leditzky, conjointement avec l'IQC (Université de Cambridge)
Adam Lewis (Université de Toronto)
Xinyu Li, conjointement avec l'Institut canadien de physique théorique (Université Columbia)
Jacob Lin (Institut de technologie de la Californie)
Zi-Wen Liu (Institut de technologie du Massachusetts)
Han Ma, boursier Philip-W.-Anderson (Université du Colorado à Boulder)
Mathew Madhavacheril, boursier P.J.E.-Peebles (Université d'État de New York à Stony Brook)
Ashley Milsted (Université Leibniz de Hanovre)
Moritz Munchmeyer (LPNHE, Université Pierre-et-Marie-Curie)
Dominik Neuenfeld (Université de la Colombie-Britannique)
Tadashi Okazaki (Université d'Osaka)
Naritaka Oshita (Université de Tokyo)
Solomon Owerre (Université de Montréal)
Zhen Pan, boursier Yakov-B.-Zel'dovich (Université de la Californie à Davis)
Hakop Pashayan (Université de Sydney)
Mark Penney (Université d'Oxford)
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, conjointement avec l'IQC (Université Western)
Jess Riedel (Université de la Californie à Santa Barbara)
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)
Alexandre Streicher (Université de la Californie à Santa Barbara)
Aaron Szasz (Université de la Californie à Berkeley)
Kostiantyn Tolmachev (Institut de technologie du Massachusetts)
Dave Touchette (Université de Montréal)
Michael Vasmer, conjointement avec l'IQC (Collège universitaire de Londres)
Alex Weekes (Université de Toronto)
Sebastian Wetzel, conjointement avec le Conseil national de recherches du Canada (Institut de physique théorique, Université de Heidelberg)
Wolfgang Wieland (Centre de physique théorique)
Elie Wolfe (Université du Connecticut)
Junya Yagi (Université Rutgers)
Ziqi Yan (Université de la Californie à Berkeley)
Qiao Zhou (Université de la Californie à Berkeley)
Lijun Zou, boursier John-Bardeen (Université Harvard)

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
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
Maxim Pospelov, Université du Minnesota
Frans Pretorius, Université de Princeton
Fernando Quevedo, Université de Cambridge
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
Gerard 't Hooft, Université d'Utrecht
Barbara Terhal, Université de technologie de Delft – QuTech
Dam Thanh Son, Université de Chicago
Senthil Todadri, Institut de technologie du Massachusetts
Bill Unruh, Université de la Colombie-Britannique
Frank Verstraete, Université de Gand
Ashvin Vishwanath, Université Harvard
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 2019-2020

ASSISTANTS

Tibra Ali
Agata Branczyk
Maité Dupuis
Ghazal Geshnizjani
Lauren Hayward
Emilie Huffman
David Kubiznak
Aldo Riello
Giuseppe Sellaroli
Daniel Wohns
Gang Xu

PROFESSEURS

Latham Boyle, Institut Périmètre
François David, Institut de physique théorique
William East, Institut Périmètre
Davide Gaiotto, Institut Périmètre
Jaume Gomis, Institut Périmètre
Daniel Gottesman, Institut Périmètre
Ruth Gregory, Laboratoires de sciences de l'Université de Durham
Alioscia Hama, Université du Massachusetts à Boston
Eduardo Martin-Martinez, Université de Waterloo
Kendrick Smith, Institut Périmètre
Pedro Vieira, Institut Périmètre
Chong Wang, Institut Périmètre

DOCTORANTS EN 2019-2020 (université partenaire, directeur de thèse)

Jacob Abajian (Université de Waterloo, Pedro Vieira)	Amalia Madden (Université de Waterloo, Asimina Arvanitaki)
Eugene Adjei (Université de Waterloo, Agata Branczyk)	Hugo Marrochio (Université de Waterloo, Robert Myers)
Alvaro Ballon Bordo (Université de Waterloo, David Kubiznak et Robert Myers)	Fiona McCarthy (Université de Waterloo, David Kubiznak et Robert Mann)
Chenfeng Bao (Université de Waterloo, Neil Turok)	Sebastian Mizera (Université de Waterloo, Bianca Dittrich et Freddy Cachazo)
Jacob Barnett (Université de Waterloo, Lee Smolin)	Faroogh Moosavian (Université de Waterloo, Davide Gaiotto)
Yilber Bautista Chivata (Université York, Matthew Johnson et Sean Tulin)	Soham Mukherjee (Université de Waterloo, Erik Schnetter)
Matthew Beach (Université de Waterloo, Roger Melko)	Alexander Otto (Université de Waterloo, Kevin Costello et Jaume Gomis)
Sara Bogojevic (Université McMaster, Cliff Burgess)	Qiaoyin Pan (Université de Waterloo, Maïté Dupuis)
Pablo Bosch Gomez (Université de Waterloo, Luis Lehner)	Masoud Rafiei-Ravandi (Université de Waterloo, Kendrick Smith)
Kasia Budzik (Université de Waterloo, Davide Gaiotto)	Surya Raghavendran (Université de Toronto, Kevin Costello)
Dylan Butson (Université de Toronto, Kevin Costello)	Miroslav Rapcak (Université de Waterloo, Davide Gaiotto et Jaume Gomis)
Juan Cayuso (Université de Waterloo, Matthew Johnson)	Matthew Robbins (Université de Waterloo, Niayesh Afshordi et Robert Mann)
Ramiro Cayuso (Université de Waterloo, Luis Lehner)	Alexander Roman (Université de Waterloo, Kendrick Smith et Niayesh Afshordi)
Hong Zhe Chen (Université de Waterloo, Robert Myers)	Shan-ming Ruan (Université de Waterloo, Robert Myers)
Wan Cong (Université de Waterloo, David Kubiznak)	Nitica Sakharwade (Université de Waterloo, Lucien Hardy)
Maxence Corman (Université de Waterloo, William East et Niayesh Afshordi)	Shenqi Sang (Université de Waterloo, Tim Hsieh et Roger Melko)
Frank Coronado (Université de Waterloo, Pedro Vieira)	Krishan Saraswat (Université de Waterloo, Niayesh Afshordi)
Diego Delmastro (Université de Waterloo, Jaume Gomis)	Laura Sberna (Université de Waterloo, Neil Turok)
Christian Drago (Université de Waterloo, Agata Branczyk)	Andrei Schieber (Université de Waterloo, Lucien Hardy)
Job Feldbrugge (Université de Waterloo, Neil Turok)	Andres Schlieff Carvajal (Université McMaster, Sung-Sik Lee)
Adrian Franco Rubio (Université de Waterloo, Guifre Vidal)	David Schmid (Université de Waterloo, Robert Spekkens)
Thomas (T.C.) Fraser (Université de Waterloo, Robert Spekkens)	Barak Shoshany (Université de Waterloo, Laurent Freidel)
Utkarsh Giri (Université de Waterloo, Kendrick Smith)	Vasudev Shyam (Université de Waterloo, Lee Smolin)
Anna Golubeva (Université de Waterloo, Roger Melko)	Nils Simeonsen (Université de Waterloo, William East et Luis Lehner)
Lucia Gomez Cordova (Université de Waterloo, Pedro Vieira)	Barbara Soda (Université de Waterloo, Lucien Hardy et Achim Kempf)
Tomas Gonda (Université de Waterloo, Robert Spekkens)	Aiden Suter (Université de Waterloo, Ben Webster)
Finnian Gray (Université de Waterloo, David Kubiznak et Robert Mann)	David Svoboda (Université de Waterloo, Laurent Freidel et Ruxandra Moraru)
Alfredo Guevara (Université de Waterloo, Freddy Cachazo)	Paul Tiede (Université de Waterloo, Avery Broderick)
Juan Hernandez (Université de Waterloo, Robert Myers)	Qingwen Wang (Université de Waterloo, Niayesh Afshordi)
Alexandre Homrich (Université de Waterloo, Pedro Vieira)	Jingxiang Wu (Université de Waterloo, Davide Gaiotto)
Florian Hopfmueller (Université de Waterloo, Lee Smolin et Robert Myers)	Lei Yang (Université de Waterloo, Anton Burkov)
Qi Hu (Université de Waterloo, Guifre Vidal)	Yigit Yargic (Université de Waterloo, Lee Smolin)
Nafiz Ishtiaque (Université de Waterloo, Jaume Gomis)	Weicheng Ye (Université de Waterloo, Tim Hsieh et Roger Melko)
Puttarak Jai-akson (Université de Waterloo, Laurent Freidel)	Matthew Yu (Université de Waterloo, Jaume Gomis)
Ding Jia (Université de Waterloo, Lucien Hardy)	Keyou Zeng (Université de Toronto, Kevin Costello)
Justin Kulp (Université de Waterloo, Davide Gaiotto et Jaume Gomis)	Yehao Zhou (Université de Waterloo, Kevin Costello)
Seth Kurankyi Asanti (Université de Waterloo, Bianca Dittrich et Lee Smolin)	Yijian Zou (Université de Waterloo, Guifre Vidal)
Ji Hoon Le (Université de Waterloo, Davide Gaiotto)	
Raez Lorgat (Université de Toronto, Kevin Costello)	
Ruochen Ma (Université de Waterloo, Yin-Chen He)	

ÉTUDIANTS À LA MAÎTRISE EN 2019-2020 (pays d'origine)

PROGRAMME PSI

Cristian Ardelean (Canada)
Elizabeth Bennewitz (États-Unis)
Ivan Burbano Aldana (Colombie)
Yushao Chen (Chine)
Wan Zhen Chua (Malaisie)
Jeremy Cote (Canada)
Ghislaine Coulter-de Wit (États-Unis)
Benjamin De Bruyne (Belgique)
Haoming Du (Chine)
Rémi Faure (France)
Navya Gupta (Inde)
Ian Holst (États-Unis)
Nikhil Kalyanapuram (États-Unis)

Alicia Lima (Cap Vert)
Shuwei Liu (Chine)
Maria Julia Maristany (Argentine)
Sheryl Mathew (Inde)
Maryam Mudassar (Pakistan)
Jonas Neuser (Allemagne)
Gloria Odak (Croatie)
Rick Perche (Brésil)
Dalila Pirvu (Roumanie)
Anniela Melissa Rodriguez Zarate (Mexique)
Joshua Sandor (Canada)
Bruno Torres (Brésil)
Beata Zjawin (Pologne)

ÉTUDIANT-CHERCHEUR À LA MAÎTRISE

Yanyan Li (Chine)

CONFÉRENCES ET ATELIERS EN 2019-2020

Boundaries and Defects in Quantum Field Theory

(Limites et défauts de la théorie quantique des champs)
Du 6 au 9 août 2019

Dynamics and Black Hole Imaging

(Dynamique et imagerie des trous noirs)
Du 12 au 23 août 2019

Cosmological Frontiers in Fundamental Physics 2019

(Frontières cosmologiques en physique fondamentale 2019)
Du 3 au 6 septembre 2019

Simplicity III (Simplicité III)

Du 9 au 12 septembre 2019

Gravitational Waves Outside the Boxes

(Ondes gravitationnelles hors des sentiers battus)
Du 23 au 25 octobre 2019

Everpresent Lambda: Theory Meets Observations

(Lambda toujours présent : la théorie rejoint les observations)
Du 11 au 15 novembre 2019

Atelier Emmy-Noether : The Structure of Quantum Space Time

(La structure de l'espace-temps quantique)
Du 18 au 22 novembre 2019

Symmetry, Phases of Matter, and Resources in Quantum Computing

(Symétrie, états de la matière et ressources en informatique quantique)
Du 26 au 29 novembre 2019

Indefinite Causal Structure

(Structure causale indéfinie)
Du 9 au 13 décembre 2019

Elliptic Cohomology and Physics

(Cohomologie elliptique et physique)
Du 25 au 28 mai 2020

Geometric Representation Theory

(Théorie de la représentation géométrique)
Du 22 au 26 juin 2020

Quantum Gravity 2020

(Gravitation quantique 2020)
Du 13 au 17 juillet 2020

PARRAINAGES EN 2019-2020

L'Institut Périmètre a parrainé les conférences et ateliers suivants tenus ailleurs au Canada. L'Institut a accordé un certain nombre d'autres parrainages, mais des activités ont été reportées à cause de la COVID-19. L'Institut honorera tous les parrainages qui ont été ainsi affectés.

Lepton Photon Interactions

(Interactions des leptons et des photons)
Toronto (Ontario)
Du 5 au 10 août 2019

Conférence canadienne 2020 des étudiantes de 1^{er} cycle en physique

Toronto (Ontario)
Du 17 au 19 janvier 2020

Atelier sur l'holographie

Goderich (Ontario)
Du 3 au 7 février 2020

Institut d'hiver 2020 du lac Louise

Lake Louise (Alberta)
Du 9 au 14 février 2020

Photos

Adobe Stock : p. 15, 18 | Tom Urban : p. 38, 45 | EPFL : p. 13 | Scott Norsworthy : 3^e de couverture | Gabriela Secara : p. 6, 8–26, 28–32, 36–37, 47, page 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.

Voir aussi la page 42 du présent document.



$\int \text{faites partie}^{(de)} = l' \Sigma \text{quA} \text{tion}^2$

Canada  INSTITUT  PÉRIMÈTRE DE PHYSIQUE THÉORIQUE Ontario 

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

perimeterinstitute.ca

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