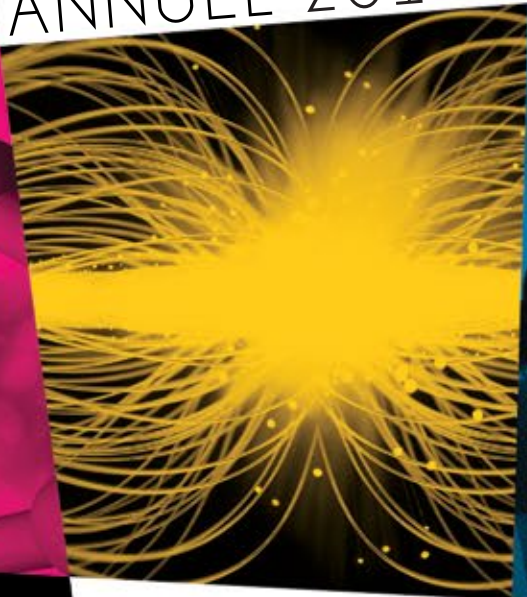


# RAPPORT ANNUEL 2014



# VISION

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

# TABLE DES MATIÈRES

Présentation . . . . .	2
Message du président du conseil . . . . .	4
Message du directeur de l'Institut . . . . .	6
Recherche . . . . .	8
Information quantique . . . . .	10
Physique mathématique . . . . .	12
Cosmologie . . . . .	14
Gravité forte . . . . .	16
Matière condensée . . . . .	18
Physique des particules . . . . .	20
Théorie quantique des champs et théorie des cordes . . . . .	22
Gravitation quantique . . . . .	24
Fondements quantiques . . . . .	26
Prix, distinctions et subventions . . . . .	28
Recrutement . . . . .	30
Formation à la recherche . . . . .	36
Réunions de chercheurs . . . . .	38
Collaborations . . . . .	40
Diffusion des connaissances et présence auprès du public . . . . .	42
Développement de l'Institut Péricimètre . . . . .	48
Gouvernance . . . . .	50
Installations . . . . .	53
Finances . . . . .	54
Priorités et objectifs pour l'avenir . . . . .	59
Annexes . . . . .	60

*Ce rapport présente les activités et les finances de l'Institut Péricimètre de physique théorique pour l'exercice allant du 1er août 2013 au 31 juillet 2014.*

# PRÉSENTATION

En 1999, Mike Lazaridis (inventeur du téléphone multifonctions) a posé un geste philanthropique qui, espérait-il, changerait le monde : il a fourni le capital de lancement de l'Institut Péricètre de physique théorique. Sa vision a attiré d'autres donateurs et un généreux appui des pouvoirs publics, de sorte que dès 2001, l'Institut – situé à Waterloo (Ontario), au Canada – commençait ses activités.

Depuis lors, l'Institut Péricètre est devenu un atout national, une institution canadienne renommée à l'échelle mondiale pour l'excellence et l'audace de ses recherches, pour la formation exceptionnelle qu'elle offre aux jeunes scientifiques les plus prometteurs de la planète, ainsi que pour la qualité et la portée de ses programmes de diffusion des connaissances.

Pourquoi la physique théorique? Parce que l'histoire a montré que les découvertes en physique suscitent l'innovation et, avec le temps, mènent à la création d'industries entièrement nouvelles. De Newton à Einstein, en passant par Maxwell, la physique a engendré les technologies dont dépend la société moderne – de la plomberie à l'électricité, des téléphones cellulaires aux satellites. Aujourd'hui, la physique théorique continue d'ouvrir des portes sur l'avenir – des ordinateurs quantiques aux énergies nouvelles. Une percée en physique théorique peut littéralement changer le monde.

L'Institut Péricètre a pour mission de réaliser des découvertes fondamentales dans notre compréhension de l'univers, jetant ainsi les bases des technologies de demain. La recherche est au cœur de son activité. Sa stratégie consiste à rassembler sous un même toit les plus brillants esprits de la planète, pour qu'ils échangent et collaborent au-delà des frontières des disciplines et s'attaquent à des problèmes clés. La communauté de l'Institut Péricètre s'agrandit et compte plus de 150 chercheurs résidents, depuis des étudiants de maîtrise jusqu'à des scientifiques de renom. L'Institut est aussi une plaque tournante mondiale de l'échange d'idées, accueillant chaque année près de 1 000 scientifiques en visite.

L'avenir de la physique réside dans notre capacité d'inspirer et de former la prochaine génération de brillants jeunes gens. C'est pourquoi l'Institut Péricètre a mis sur pied des programmes intensifs d'enseignement et de formation à tous les niveaux. Son programme innovateur de maîtrise PSI (*Perimeter Scholars International* – Boursiers internationaux de l'Institut Péricètre) forme chaque année quelque 30 diplômés exceptionnels venant du monde entier. Ses professeurs dirigent 42 doctorants. Plus de 40 postdoctorants (davantage que dans toute autre institution semblable au monde) ont toute liberté de poursuivre leurs propres programmes indépendants de recherche à l'époque la plus productive de leur carrière, dynamisant ainsi l'ensemble des chercheurs.

L'Institut Péricètre – comme d'ailleurs toute organisation scientifique – prospère en s'inscrivant dans une communauté élargie de gens intéressés par les idées scientifiques. C'est pourquoi il a toujours accordé une grande priorité à faire connaître aux élèves, aux enseignants et au public la puissance et l'importance de la physique théorique. L'Institut ouvre ses portes au grand public pour des conférences et des festivals, et il a mis au point un riche ensemble de trousseaux pédagogiques pour les élèves et les enseignants. À ce jour, plus de 4 millions d'élèves ont bénéficié de ces outils – dont un million au cours de la seule dernière année.

La science représente nos meilleurs espoirs pour l'avenir : des technologies qui améliorent notre vie, une curiosité sans limites, des connaissances et une compréhension qui s'ajoutent au patrimoine commun de l'humanité.

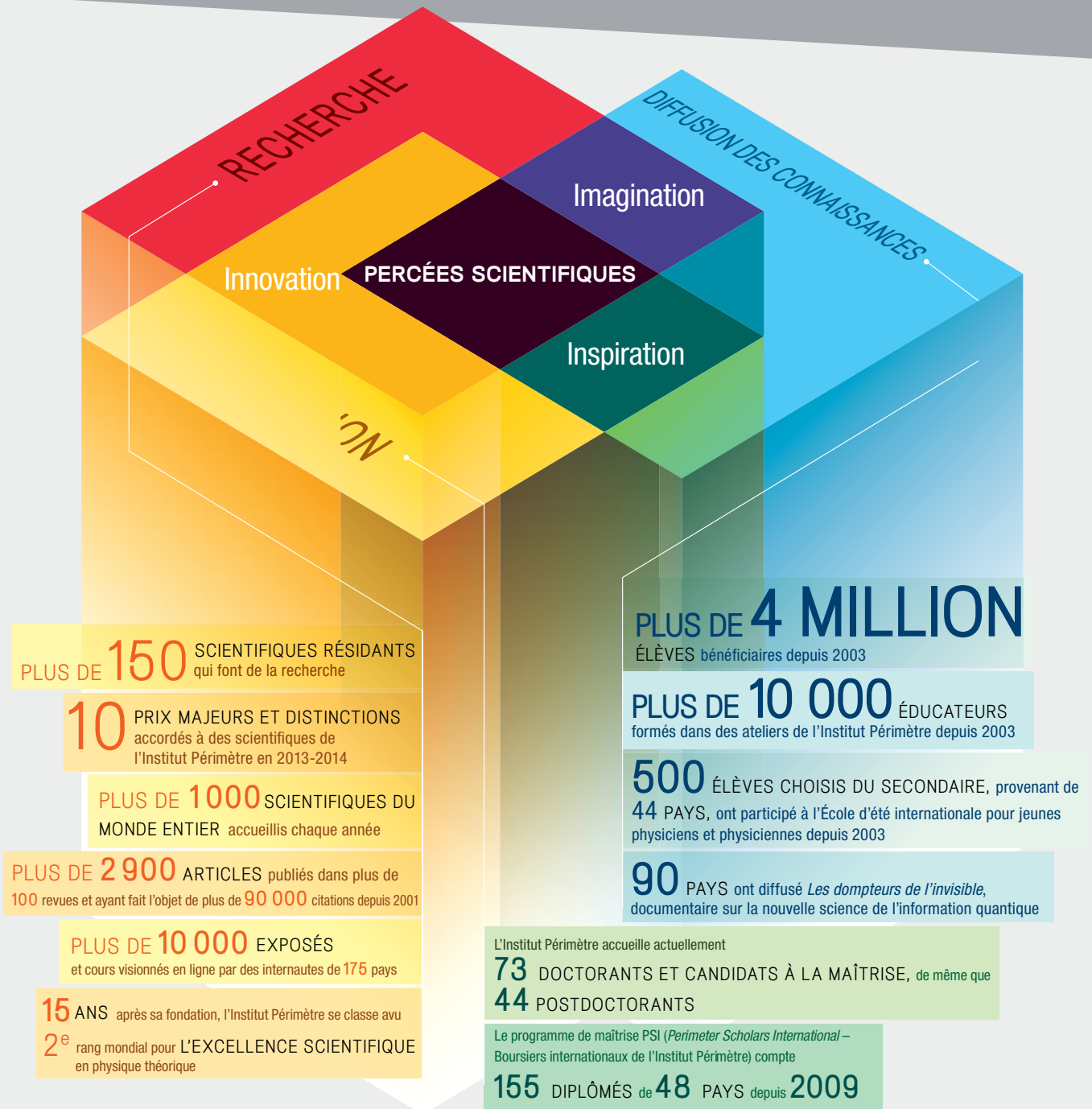
L'Institut Péricètre œuvre à la réalisation de cet avenir.

*« L'Institut Péricètre est maintenant l'un des principaux centres de physique théorique au monde, sinon le principal centre. »*

*[traduction]*

*– Stephen Hawking*

# UN ACCÉLÉRATEUR DE DÉCOUVERTES



CATALYSEUR DE LA COMMERCIALISATION DANS LA QUANTUM VALLEY

# MESSAGE DU PRÉSIDENT DU CONSEIL

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

*– Vannevar Bush, traduit de Science: The Endless Frontier*

Vannevar Bush, chef du Bureau de la recherche-développement scientifique des États-Unis pendant la Deuxième Guerre mondiale, écrivait cela en juillet 1945 dans un rapport au président Harry Truman intitulé *Science: The Endless Frontier* (La science, frontière sans limites). Deux choses sont remarquables à propos de ce rapport. La première est que le président Truman et le gouvernement des États-Unis y ont prêté une oreille attentive : ils ont mis sur pied la Fondation nationale des sciences des États-Unis; ils ont investi dans les universités et l'éducation; ils ont modifié les lois fiscales de manière à encourager la R-D.

Mais ce qui est également remarquable, c'est que Vannevar Bush avait raison. Son rapport avait un caractère prophétique. Il prédisait l'avènement d'un siècle des États-Unis, probablement le mieux incarné par la Silicon Valley et l'essor des semiconducteurs, qui ont entraîné un progrès technologique valant des milliers de milliards de dollars.

Malheureusement, le Canada a raté en grande partie la révolution du silicium. Alors que la Californie comptait à elle seule des milliers d'entreprises d'électronique, le Canada en avait au mieux quelques dizaines. Au moment où l'ère du silicium commence à s'achever, nous devrions en tirer des leçons. Et l'ère du silicium tire vraiment à sa fin. Ses progrès ont été liés à la miniaturisation progressive des transistors. Mais ceux-ci ont maintenant atteint une taille de l'ordre de l'atome et ne peuvent plus rapetisser. Très bientôt, aucun progrès ne sera plus possible de ce côté.

Qu'est-ce qui viendra ensuite? Partout dans le monde, les experts et observateurs s'attendent à ce qu'il y ait une nouvelle révolution issue de la science fondamentale, comme le fut celle du transistor de silicium. Nos connaissances théoriques de la matière, des processus et de l'intrication quantiques sont maintenant suffisamment avancées pour que nous puissions commencer à les exploiter afin de créer des technologies quantiques. Le résultat est inévitable : une seconde révolution quantique, dont les effets devraient commencer à se faire sentir au cours des prochaines années.

Et c'est une révolution dans laquelle des institutions canadiennes peuvent jouer un rôle de premier plan. Avec l'Institut Péricimètre, et l'Institut d'informatique quantique de l'Université de Waterloo qui lui est associé, nous avons des institutions canadiennes qui ont la capacité de créer, comme le dit M. Bush, « les nouvelles connaissances essentielles qui ne peuvent résulter que de la recherche scientifique fondamentale » [traduction]. À l'Institut Péricimètre, nous croyons que pour faire ce genre de recherches, le mieux est de réunir sous un même toit les esprits les plus brillants, et de leur offrir un soutien exceptionnel et une totale liberté scientifique.



Recruter les meilleurs, et leur fournir orientation et soutien : le principe est simple, mais cela exige beaucoup d'efforts. À titre de président du conseil d'administration de l'Institut Péricimètre, c'est avec plaisir que je remercie quelques-uns de ceux qui s'attellent à cette tâche.

Je tiens à nommer en premier lieu Neil Turok, directeur de l'Institut Péricimètre, qui a imprimé à l'Institut un élan nouveau. Sa vision inspire et guide tous les aspects du fonctionnement de l'Institut. Au cours de la dernière année, il a dirigé le recrutement de plusieurs scientifiques de tout premier plan, mentionnés dans les pages qui suivent – Kevin Costello, Subir Sachdev, Asimina Arvanitaki, Raffi Budakian et James Forrest.

J'aimerais aussi souhaiter la bienvenue aux nouveaux membres du conseil d'administration : Joanne Cuthbertson, ancienne chancelière de l'Université de Calgary et tête d'affiche nationale en matière d'enseignement public; Michael Serbinis, entrepreneur en technologie qui est probablement surtout connu comme le fondateur de Kobo; Michael Horgan, ancien sous-ministre des finances du Canada et actuellement conseiller principal au sein du cabinet d'avocats Bennett Jones, qui se joindra au conseil d'administration le 1er mai 2015. L'Institut Péricimètre est honoré de bénéficier du soutien et des conseils de tels visionnaires.

J'aimerais enfin remercier nos partenaires publics des gouvernements de Waterloo, de l'Ontario et du Canada, notre conseil d'orientation et le Conseil Emmy-Noether, sans oublier le groupe dynamique et croissant de nos donateurs privés – individus, entreprises et fondations. Je tiens notamment à souligner la contribution de la Fondation Krembil, qui a fait cette année un investissement majeur en vue de la création de deux nouvelles chaires de recherche à l'Institut Péricimètre, montrant ainsi sa foi en la capacité de la science fondamentale à contribuer à un avenir prospère au Canada et ailleurs dans le monde.

Tous ces supporteurs ont en commun la vision que Vannevar Bush a un jour exprimée par écrit : la science n'a pas de limites et n'a pas encore livré le meilleur d'elle-même.

– Mike Lazaridis

# MESSAGE DU DIRECTEUR DE L'INSTITUT

*« En sciences, l'expression la plus excitante que l'on puisse entendre, celle qui annonce le plus de découvertes, ce n'est pas "Eureka", mais plutôt "C'est curieux..." [traduction]*

*– Isaac Asimov*

Nous vivons à une époque fantastique pour la physique. Depuis deux décennies, et en particulier au cours des trois dernières années, nous avons fait une série de découvertes remarquables, qui témoignent du pouvoir mystérieux qu'a l'esprit humain d'explorer des domaines allant bien au-delà de notre expérience quotidienne. Nous avons découvert l'énergie sombre. Nous avons trouvé le boson de Higgs. Nous avons produit une carte extrêmement détaillée de l'univers primitif.

Ces succès s'accompagnent de questions très difficiles – qui me font hocher la tête en disant : « Ça me paraît curieux... » La quantité d'énergie sombre que l'on trouve dans un volume donné de l'espace est de beaucoup inférieure à ce que prédisent nos théories actuelles. Le boson de Higgs a été trouvé comme prévu, mais un grand nombre d'autres particules prédites par la plupart des théories n'ont pas été observées. Et la carte de l'univers primitif produite par le satellite Planck s'est avérée d'une simplicité stupéfiante. Aucune de nos théories n'arrive à expliquer ces phénomènes.

Il me semble que ces trois indices montrent que nous passons à côté de quelque chose de fondamental. Nous devons élaborer une nouvelle compréhension de la nature. Pour atteindre un tel résultat hors du commun, nous avons besoin d'une masse critique d'esprits hors du commun – des gens capables de reformuler des questions de manières entièrement nouvelles, des personnes ayant les compétences et le talent voulus pour éclairer de nouveaux territoires.

Au cours des cinq dernières années, l'Institut Périmètre a réussi à réunir de nombreux esprits exceptionnels. Cette année par exemple, nous avons recruté Kevin Costello comme premier titulaire de la chaire Fondation-Krembil-William-Rowan-Hamilton de physique théorique. M. Costello est un mathématicien pur qui a surpris des physiciens de premier plan en introduisant de nouveaux et puissants outils mathématiques en théorie quantique des champs, notre cadre le plus fondamental de théories physiques. Ses travaux élargissent notre compréhension de la nature au niveau le plus fondamental.

Nous avons également accueilli cette année une autre jeune novatrice, Asimina Arvanitaki. Dans son domaine, celui de la physique des particules, la tendance depuis les années 1940 est à la construction de collisionneurs de plus en plus gros, afin d'explorer des niveaux de plus en plus élevés d'énergie. Mme Arvanitaki a adopté une autre démarche, faisant appel à une extrême précision et non à de hautes énergies pour sonder la nouvelle physique. Elle a conçu des expériences élégantes et ingénieuses pour rechercher des ondes gravitationnelles et des particules hypothétiques appelées axions, et elle s'est servie des propriétés observées des trous noirs pour en déduire des limites quant à ces particules dans l'univers.

Subir Sachdev, un géant dans le monde de la physique de la matière condensée, est devenu titulaire de la chaire James-Clerk-Maxwell de physique théorique de l'Institut Périmètre (à titre de chercheur invité). Il est l'auteur de contributions majeures à notre compréhension des transitions de phase quantiques, dont la supraconductivité à haute température – certains de ses travaux sont décrits dans les pages qui suivent. Raffi Budakian, chef de file mondial des expériences de haute précision dans le domaine de la matière condensée, professeur associé à l'Institut Périmètre dans le cadre d'une nomination conjointe avec l'Institut d'informatique quantique de l'Université de Waterloo, contribuera à nos efforts croissants en physique de la matière condensée.





L'histoire de la science nous enseigne que les plus grandes percées surviennent lorsque le fruit est mûr et que les bonnes personnes sont réunies. Nous devons réunir une communauté d'esprits originaux et perspicaces, et les amener à aborder et à résoudre des problèmes profonds de la nature. Cette idée simple est à la base des travaux de l'Institut Péricimètre.

Elle explique aussi pourquoi nous sommes engagés non seulement dans la recherche, mais aussi dans la formation scientifique et des activités publiques. Nous savons que de jeunes gens talentueux constituent le moteur de la physique. Et nous savons que la passion du public et son intérêt envers la science alimentent le terreau dans lequel la physique progresse.

L'élément central de nos activités de formation est le programme PSI (*Perimeter Scholars International* – Boursiers internationaux de l'Institut Péricimètre), notre programme innovateur de maîtrise. Cette année, en plus de notre cinquième cohorte du programme PSI, nous avons accueilli un nouveau directeur des programmes d'enseignement. James Forrest est à la fois un formateur passionné et un chercheur talentueux dans le domaine de la matière condensée. Nous avons hâte de le voir mener le programme PSI vers de nouveaux sommets.

L'auteur William Butler Yeats a dit que l'éducation ne consiste pas à remplir un seau, mais plutôt à allumer un feu. Avec nos programmes de diffusion des connaissances dans les écoles, nous espérons susciter des étincelles dans les esprits. Cette année, plus d'un million d'élèves ont bénéficié de nos trousseaux pédagogiques, de nos ateliers de formation pour enseignants, ainsi que de l'ISSYP, école d'été pour jeunes physiciens et physiciennes. Renommée à juste titre, l'ISSYP existe depuis une décennie. Beaucoup de ses participants disent qu'ils sont transformés par les personnes et par les idées avec lesquelles ils sont en contact à cette occasion. Cette année, nous avons également tenu un festival public, intitulé *BrainSTEM: Your Future is Now* (Votre avenir est déjà là), qui a jeté un éclairage sur certains des chemins entre la science et les technologies de l'avenir.

Cette époque de l'histoire de la physique est définie par notre besoin urgent de trouver une idée originale, l'indice qui nous donnera une représentation nouvelle et meilleure du fonctionnement de notre univers. C'est un grand défi, mais aussi une magnifique occasion.

Et l'Institut Péricimètre est l'endroit idéal pour l'éclosion d'une telle idée.

– Neil Turok



## LES ESPRITS SCIENTIFIQUES LES PLUS INFLUENTS AU MONDE

En 2014, quatre scientifiques de l'Institut Périmètre ont été désignés parmi les « esprits scientifiques les plus influents au monde » dans une étude de Thomson Reuters : Robert Myers, président du corps professoral de l'Institut Périmètre; Subir Sachdev, titulaire de la chaire James-Clerk-Maxwell de physique théorique de l'Institut Périmètre (à titre de chercheur invité); Lance Dixon et Dam Thanh Son, titulaires de chaire de chercheur invité distingué.

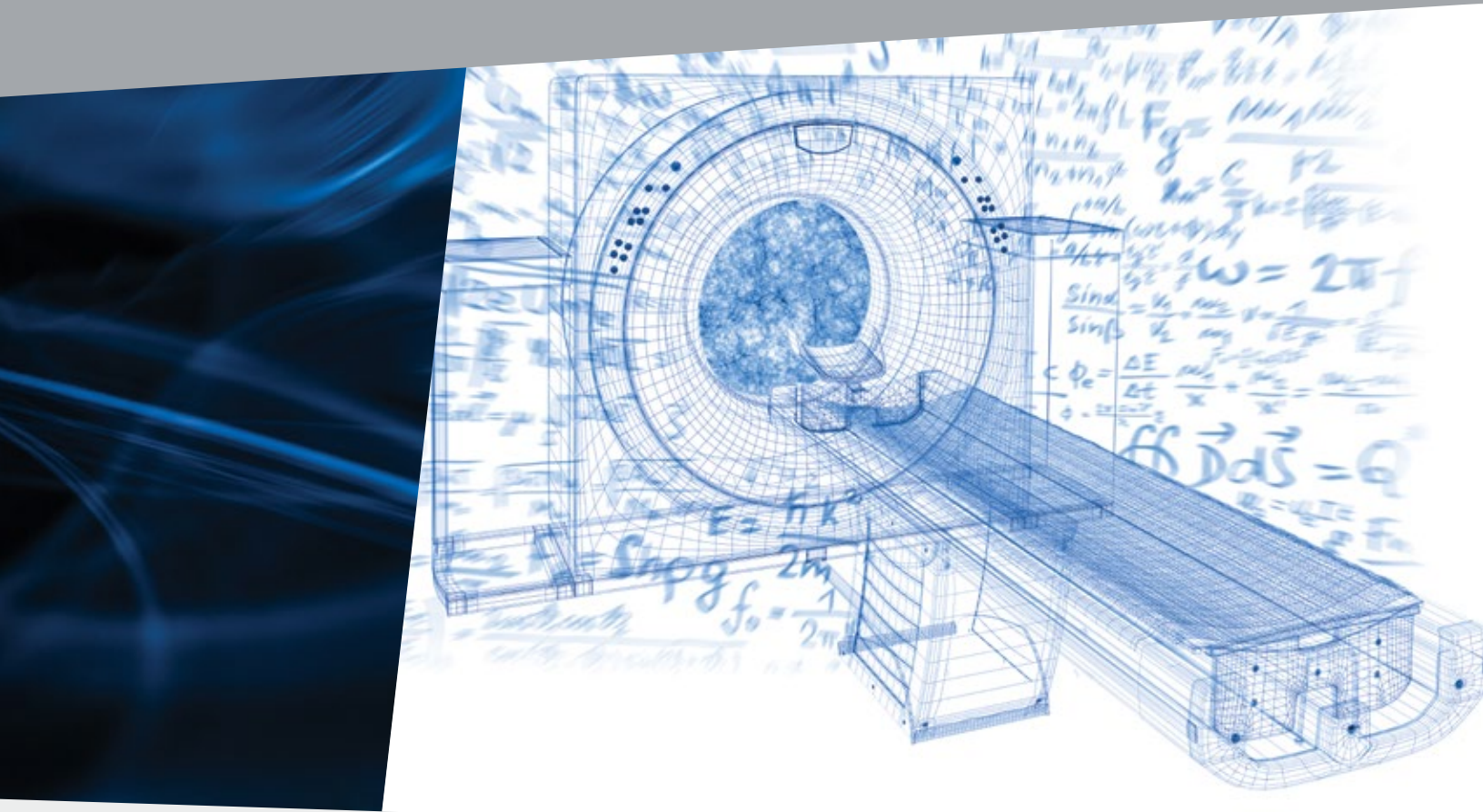
Einstein, Curie, Planck, Faraday. La science a toujours été synonyme de grands noms. Des personnes inspirées qui pouvaient travailler de manière isolée, souvent dans plus d'un domaine, et faire progresser les connaissances humaines par bonds de géants.

Aujourd'hui, la science est sans doute bien plus compliquée. Les progrès de nos connaissances ont entraîné une spécialisation plus poussée et l'ouverture de domaines entièrement nouveaux à explorer. Les problèmes que nous abordons maintenant sont beaucoup plus complexes, tout comme les outils dont nous nous servons pour les résoudre.

Le bâtiment emblématique de l'Institut Périmètre a été spécifiquement conçu pour favoriser le travail en équipe et la pollinisation croisée des idées qu'exige ce nouveau contexte. Les équations sont omniprésentes, que ce soit sur les tableaux, sur les tables du bistro, toutes garnies de papier et de crayons, ou sur les fenêtres aux vitres spécialement traitées. Chaque jour, des scientifiques invités arrivent d'un peu partout, laissant leurs valises à la réception et se dirigeant tout droit vers les séminaires et conférences où foisonnent les idées.

Les chercheurs de tous les niveaux sont encouragés à franchir les frontières traditionnelles entre disciplines et à échanger des idées dans un milieu qui reconnaît que le tout est plus grand que la somme de ses parties.

Ce qui était autrefois une quête individuelle est devenu un domaine de grande collaboration. Aujourd'hui, pour réaliser des percées majeures, il faut plus que des esprits brillants. Il faut des lieux exceptionnels.



## DE LA THÉORIE À L'IRM À LA THÉORIE

Dans l'évolution de la science, les technologies révolutionnaires ne sont pas des aboutissements pour des esprits curieux. Ce sont de nouveaux outils d'exploration.

L'imagerie par résonance magnétique, ou IRM, en donne un très bel exemple. L'IRM est un outil diagnostique courant de la médecine moderne, mais elle doit son existence à quelques théoriciens de la physique quantique qui essayaient de comprendre la structure des atomes.

Les premiers théoriciens de la physique quantique postulaient que les protons et les neutrons des atomes agissaient comme de petits aimants en rotation, propriété qu'ils ont baptisée spin. Ces aimants devaient donc s'aligner dans un champ magnétique. Dès avant la fin des années 1930, des expérimentateurs avaient montré qu'un champ magnétique suffisamment puissant a pour effet de modifier les spins : les atomes absorbent ou émettent des ondes radio – ou résonnent – à des fréquences précises. La « résonance magnétique » de divers matériaux révèle ainsi leur composition.

Avec les progrès de la théorie et de l'expérience, les technologies qui aidaient à expliquer la structure atomique ont révélé un autre potentiel fantastique : la capacité de produire des images des tissus mous situés à l'intérieur du corps humain, sans exposer celui-ci à des rayonnements dangereux.

Cela fonctionne parce que les différentes molécules des tissus résonnent à des fréquences différentes, ce qui permet d'en obtenir une image par balayage. La première IRM sur un être humain a été réalisée avec succès en 1977, et depuis lors cette technique a sauvé des millions de vies en permettant aux médecins de détecter des tumeurs, des accidents vasculaires cérébraux, des blocages de vaisseaux sanguins, etc.

Mais l'histoire ne s'arrête pas là. Après être passée de la théorie quantique à des appareils médicaux, la résonance magnétique retourne dans le domaine de la science fondamentale. Aujourd'hui, des théoriciens de la physique quantique croient que la technologie utilisée en IRM pourrait permettre de « voir » la matière sombre, dont on croit qu'elle constitue plus du quart de l'univers.

Les progrès technologiques ne sont pas qu'un résultat de la science. Ils constituent de nouveaux départs.

# INFORMATION QUANTIQUE

*On s'attend à ce que les ordinateurs quantiques, qui exploitent des effets quantiques tels que la « superposition » et l'« intrication » pour atteindre une puissance de traitement bien supérieure à celle des ordinateurs actuels, révolutionnent notre manière de travailler, de communiquer et de vivre. Il reste cependant beaucoup de recherches théoriques à faire avant que ces appareils puissent voir le jour. Des chercheurs de l'Institut Périmètre s'intéressent à la correction d'erreurs quantiques – les techniques requises pour protéger et vérifier l'information au milieu des erreurs inhérentes au calcul quantique. Ils étudient également les fondements de la cryptographie quantique, qui exploite les lois propres à la physique quantique – comme le principe d'incertitude – pour protéger les données confidentielles. Bon nombre de chercheurs de l'Institut Périmètre dans le domaine de l'information quantique collaborent avec des scientifiques de notre voisin et partenaire expérimental, l'Institut d'informatique quantique de l'Université de Waterloo (IQC), et certains occupent des postes conjoints au sein des deux instituts. Ensemble, l'Institut Périmètre et l'IQC sont en train de transformer la région en une « Quantum Valley ».*

## MAINTENIR DES QUBITS EN LIGNE

La construction d'un ordinateur quantique – capable de surpasser un ordinateur classique dans des tâches importantes de traitement de l'information – n'est pas une entreprise facile.

Maîtriser et exploiter des « bits » quantiques d'information – atomes, électrons, photons ou autres particules –, c'est un peu comme de discipliner les chanteurs exubérants d'une chorale d'enfants. Ce n'est pas facile de les synchroniser et de les diriger, mais une fois qu'ils ont pris le bon pli, l'harmonie qui en résulte est supérieure à la somme de ses parties.

Évidemment, si un ou deux enfants se trompent de note ou sautent une ligne, leurs erreurs seront couvertes par la majorité des autres qui restent synchronisés.

En informatique quantique, pour arriver à une telle harmonie, les chercheurs doivent prévoir ce genre d'erreurs – inévitables avec des bits aussi minuscules et fragiles – et en tenir compte. Tout comme pour un concert de chorale, on ne peut pas s'attendre à ce qu'un calcul quantique se déroule à la perfection; il faut donc faire en sorte que les erreurs ne gâchent pas la qualité du résultat final.

C'est là l'objectif du calcul quantique insensible aux défaillances : obtenir le bon résultat, même lorsque des erreurs surviennent (et s'additionnent) au cours du calcul.

Les techniques actuelles de calcul insensible aux défaillances consistent à ajouter des bits quantiques (qubits) supplémentaires de codage – pour introduire des redondances. Mais cette méthode accroît de beaucoup le coût et la difficulté de construction d'un ordinateur quantique.

La solution originale proposée par **Daniel Gottesman**, professeur à l'Institut Périmètre, ne requiert qu'un nombre de qubits légèrement plus élevé que dans un ordinateur quantique parfait.

Même si les protocoles proposés par M. Gottesman ne sont pas encore totalement réalisables en pratique, ils apportent la démonstration cruciale qu'un calcul insensible aux défaillances peut ne pas exiger beaucoup de qubits supplémentaires. Ces travaux montrent en outre les propriétés qu'un code de correction d'erreurs devrait posséder pour utiliser les qubits de manière efficace – ce qui est vital pour que les ordinateurs quantiques deviennent une réalité.

## TROUVER DE L'HARMONIE DANS LE BRUIT

**Hector Bombin**, postdoctorant à l'Institut Périmètre, s'intéresse particulièrement aux techniques de calcul insensible aux défaillances appelées mémoires quantiques topologiques, généralement considérées comme l'une des avenues les plus prometteuses de correction d'erreurs quantiques.

Pour que les ordinateurs quantiques deviennent réalité, les chercheurs devront trouver des moyens d'effectuer des opérations quantiques avec des composants et du matériel susceptibles de « bruit » (ou pouvant comporter des erreurs). Les chercheurs doivent faire le pont entre la théorie et la pratique, traduisant ce qui est mathématiquement possible sur papier en quelque chose qui peut effectivement être construit et exploité de manière fiable.

L'innovation clé d'Hector Bombin est l'introduction d'une nouvelle sorte de mémoire topologique qui, contrairement aux techniques conventionnelles de correction d'erreurs quantiques, n'a pas besoin de plusieurs séries de mesures pour détecter des erreurs dans un calcul quantique.

Comme moins de temps est consacré au processus de détection d'erreurs, moins d'erreurs ont le temps de s'accumuler. Pour reprendre l'image de la chorale d'enfants, le chef de chœur ramène rapidement à l'ordre les quelques enfants dissipés et fait chanter tout le monde avant que les autres enfants ne puissent être distraits et devenir agités.

L'informatique quantique promet des progrès fantastiques dans des domaines aussi divers que les communications, la cryptographie, la médecine, et bien d'autres. Pour qu'elle puisse remplir ces promesses, il faut d'intenses recherches, établissant des ponts entre la théorie et l'expérience, sur les propriétés et les applications potentielles de l'information quantique.

#### Références :

D. GOTTESMAN (Institut Périmètre). *Fault-Tolerant Quantum Computation with Constant Overhead*, arXiv:1310.2984.

H. BOMBIN (Institut Périmètre). *Gauge Color Codes*, arXiv:1311.0879.

H. BOMBIN (Institut Périmètre). *Single-shot fault tolerant quantum error correction*, arXiv:1404.5504.



# PHYSIQUE MATHÉMATIQUE

*En physique mathématique, de nouveaux problèmes de physique engendrent de nouveaux outils mathématiques pour les résoudre, et la nouvelle mathématique ouvre la porte à une nouvelle compréhension de l'univers physique. Newton a inventé l'analyse mathématique moderne parce qu'il avait besoin de comprendre la mécanique – et l'analyse en est venue à redéfinir toute la physique. Le développement de la physique quantique au XX<sup>e</sup> siècle a suscité des progrès dans des domaines des mathématiques tels que l'algèbre linéaire et l'analyse fonctionnelle, et il a bénéficié de ces progrès. Les chercheurs de l'Institut Périclète en physique mathématique perpétuent cette grande tradition.*

## PRENDRE DU RECUL POUR EXPLORER LA GRAVITATION QUANTIQUE PLUS EN PROFONDEUR

La compréhension des liens entre la mécanique quantique et la gravité sur de petites distances constituerait une percée majeure en physique moderne. Cependant, les techniques traditionnelles de traitement quantique des forces fondamentales ne s'appliquent pas facilement à la gravité, malgré les succès de leur application à d'autres forces telles que la force électromagnétique ou l'interaction faible. Le problème de la gravitation quantique doit être abordé de manière nouvelle et innovatrice.

Une méthode possible est celle de la gravitation quantique à boucles (GQB). Cet ambitieux programme de recherche traite l'espace-temps lui-même comme un système mécanique quantique. L'une des caractéristiques les plus intéressantes de cette théorie est que l'espace et le temps sont quantifiés. Autrement dit, l'espace et le temps sont formés de blocs fondamentaux discrets. Le comportement de la gravité à petite distance serait régi par la dynamique de ces blocs.

Il s'agit d'une représentation fascinante de l'espace-temps sur de petites distances. Si elle est correcte, une théorie de mécanique quantique microscopique de l'espace-temps couronnée de succès devrait également reproduire les propriétés bien connues de l'espace-temps classique sur de grandes distances, conformément à la théorie de la relativité d'Einstein. Mais cette tâche n'est pas facile, car tenir compte de la dynamique de chaque quantum d'espace-temps pour comprendre la gravité sur de grandes distances, c'est comme tenir compte du mouvement de chaque molécule pour comprendre le mouvement de l'eau contenue dans un verre; c'est à la fois inefficace et impossible!

Les physiciens ont des moyens plus commodes de traiter des systèmes formés d'un grand nombre d'éléments constitutifs, et **Bianca Dittrich**,

professeure à l'Institut Périclète, élabore de telles techniques pour la gravitation quantique à boucles. En GQB, l'espace-temps est représenté par des états quantiques, et Mme Dittrich fait appel à des méthodes de broyage grossier pour extraire les propriétés collectives pertinentes d'un grand nombre d'états à la fois. En prenant en quelque sorte du recul, elle est parvenue à mieux comprendre l'ensemble des états quantiques permis par la théorie. Cet ensemble code les solutions possibles de la théorie, permettant de connaître la structure de l'espace-temps en GQB. Par exemple, à l'aide de ces outils, Bianca Dittrich a découvert un nouvel état de vide quantique possible de la GQB. Un tel état de vide quantique détermine d'importantes propriétés de la théorie.

C'est là un exemple parfait du travail productif que l'on peut effectuer à la rencontre de deux domaines – dans le cas présent, la gravitation quantique et la physique mathématique – et une étape majeure vers une compréhension complète de la GQB. De fait, on s'attend à ce que ces résultats permettent aux chercheurs de comprendre le comportement de la GQB sur de grandes distances et les aident à atteindre leur objectif ultime, c'est-à-dire faire des prédictions vérifiables à partir de cette théorie passionnante.

## THÉORIE QUANTIQUE DES CHAMPS SUR UNE SPHÈRE

La théorie quantique des champs est le langage qui décrit toutes les interactions au sein de systèmes à N corps dans la nature, qu'il s'agisse de particules dans un collisionneur ou d'objets posés sur une paillasse de laboratoire. Dans certains systèmes, les interactions entre composantes sont faibles, et la théorie quantique des champs est alors bien comprise. Par contre, de nombreux systèmes sont le siège d'interactions fortes, et la théorie quantique des champs commence alors à ne plus fonctionner.

Autrement dit, si la théorie quantique des champs est un langage, il nous manque les mots et les règles de grammaire capables de décrire aussi bien le fonctionnement quotidien des protons que les comportements étranges des supraconducteurs. C'est un peu comme si la biologie pouvait décrire tous les êtres vivants sauf les mammifères. Cela constitue évidemment un problème.

**Jaume Gomis**, professeur à l'Institut Péricimètre, est l'un des nombreux scientifiques qui tentent de résoudre ce casse-tête – cherchant un nouveau dictionnaire pour ce que l'on appelle techniquement une théorie quantique des champs en régime de couplage fort.

Cette année, il a fait quelques progrès en modifiant l'espace qu'il observe. De nombreuses théories des champs décrivent l'espace plat dans lequel nous vivons, c'est-à-dire un espace où un crayon traçant une ligne droite sur une feuille ne peut jamais revenir à son point de départ. M. Gomis a modifié ces théories de manière à ce qu'elles décrivent un espace sphérique, qui ressemble davantage à un ballon qu'à une feuille de papier.

En décrivant une théorie des champs sur une sphère, Jaume Gomis s'est rendu compte qu'il pouvait obtenir une meilleure vue de cette théorie. Cette façon de faire isole mathématiquement certaines variables et définit mieux certaines grandeurs observables. (Une grandeur observable est une propriété d'un système qui peut être mesurée et qui donne de l'information sur l'état du système. À titre d'exemple, la température est une grandeur observable.) Plus précisément, M. Gomis a découvert qu'en utilisant des fonctions de partition sphérique, on peut calculer avec exactitude l'une de ces grandeurs observables, peu importe la force de couplage. Cette capacité de calculer quelque chose avec exactitude pour un couplage arbitraire est, note le chercheur, « très particulière, très rare » [traduction].

En autant que nous le sachions, l'espace dans lequel nous vivons n'est pas un ballon, et la théorie des champs sur laquelle Jaume Gomis travaille n'est pas aussi complexe que celle dont nous avons besoin pour écrire un nouveau dictionnaire d'une théorie quantique des champs en régime de couplage fort. Mais comme le dit le chercheur, « ces travaux nous aident à avoir une idée de ce qui peut se passer en régime de couplage fort » [traduction].

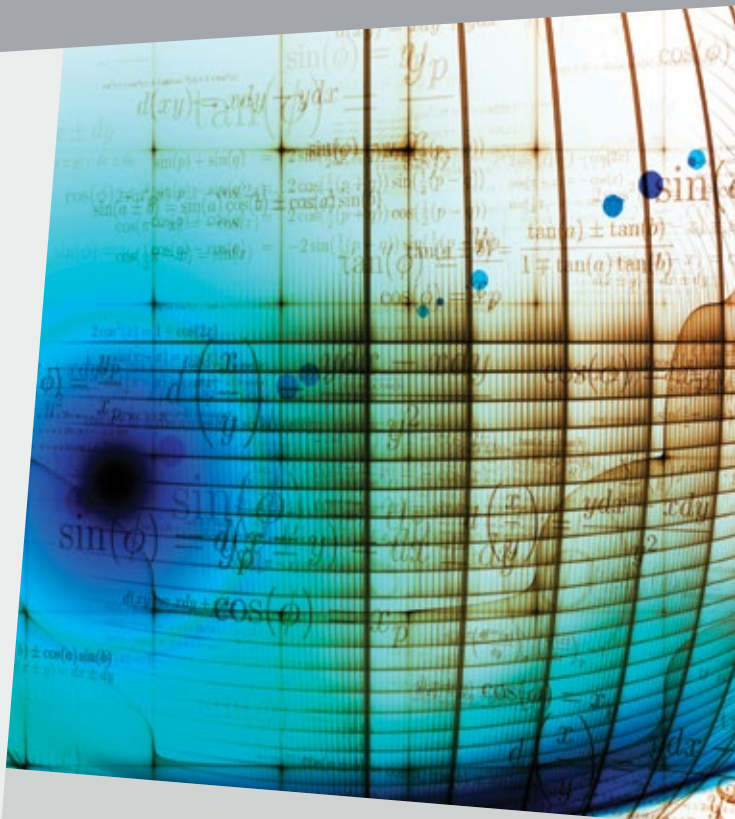
#### Références :

B. DITTRICH (Institut Péricimètre) et S. STEINHAUS (Institut Péricimètre). *Time evolution as refining, coarse graining and entangling*, arXiv:1311.7565.

B. DITTRICH (Institut Péricimètre) et M. GELLER (Université d'État de Pennsylvanie). *A new vacuum for Loop Quantum Gravity*, arXiv:1401.6441.

B. DITTRICH (Institut Péricimètre). *The continuum limit of loop quantum gravity – a framework for solving the theory*, arXiv:1409.1450.

E. GERCHKOVITZ (Institut Weizmann des sciences), J. GOMIS (Institut Péricimètre) et Z. KOMARGODSKI (Institut Weizmann des sciences). *Sphere Partition Functions and the Zamolodchikov Metric*, arXiv:1405.7271.



## LES PROFESSEURS À PLEIN TEMPS DE L'INSTITUT PÉRICIMÈTRE

**Dmitry Abanin**

**Asimina Arvanitaki**

**Latham Boyle**

**Freddy Cachazo**

**Bianca Dittrich**

**Laurent Freidel**

**Davide Gaiotto**, titulaire de la chaire Fondation-Krembil-Galilée de physique théorique

**Jaume Gomis**

**Daniel Gottesman**

**Lucien Hardy**

**Luis Lehner**

**Robert Myers**

**Subir Sachdev**, titulaire de la chaire James-Clerk-Maxwell de physique théorique (à titre de chercheur invité)

**Philip Schuster**

**Kendrick Smith**

**Lee Smolin**

**Robert Spekkens**

**Natalia Toro**

**Neil Turok**, titulaire de la chaire Mike-et-Ophelia-Lazaridis-Niels-Bohr de physique théorique

**Guifre Vidal**

**Pedro Vieira**

**Xiao-Gang Wen**, titulaire de la chaire Groupe-financier-BMO-Isaac-Newton de physique théorique (en congé)

# COSMOLOGIE

*Les cosmologistes de l'Institut Périmètre cherchent à révéler l'histoire ancienne et les constituants de notre univers, ainsi qu'à décoder les règles qui régissent son évolution. Ils cherchent à répondre à certaines des questions les plus difficiles de la physique, à des échelles de distance et à des niveaux d'énergie qu'il serait impossible de simuler en laboratoire sur terre. La cosmologie est intrinsèquement liée à d'autres domaines de recherche de l'Institut Périmètre, dont la physique des particules, la théorie quantique des champs et la théorie des cordes, de même que la gravité forte.*

## COMPRENDRE L'UNIVERS PRIMITIF (OU LES UNIVERS PRIMITIFS)

C'est l'une des questions les plus difficiles de toute la science : Comment l'univers a-t-il commencé?

D'une certaine manière, la cosmologie est un voyage dans le temps, car les chercheurs regardent près de 14 milliards d'années dans le passé pour comprendre la naissance, la petite enfance et la croissance de notre univers.

Avec l'avènement de télescopes d'une précision sans précédent, qui balaient les confins du cosmos, et les théoriciens qui décodent les structures mathématiques de la réalité, nous sommes à une époque passionnante pour la cosmologie.

Mais l'univers ne révèle pas facilement ses secrets, et pour les découvrir, il faut attaquer des questions sous plusieurs angles, travailler en collaboration, chercher des résultats reproductibles et demeurer toujours ouvert à de nouvelles possibilités.

En voici un exemple : en mars dernier, l'annonce que le télescope BICEP2 (*Background Imaging of Cosmic Extragalactic Polarization* – Représentation de la polarisation du rayonnement fossile extragalactique) pouvait avoir détecté des ondes gravitationnelles primitives a suscité beaucoup d'excitation chez les cosmologistes et dans les médias scientifiques.

Les résultats de l'expérience BICEP2 semblaient constituer une percée majeure en cosmologie – une apparente confirmation de la théorie de l'inflation cosmique, qui postule l'existence d'un moment d'expansion extrême de l'univers, survenu une minuscule fraction de seconde après le Big Bang. Mais certains cosmologistes estimaient qu'il était prématuré de déclarer que ces résultats – la détection du « mode B » de polarisation dans le rayonnement fossile – étaient dus à des ondes gravitationnelles.

Quelques semaines seulement après cette annonce, l'Institut Périmètre accueillait la première grande conférence au monde sur le sujet, intitulée *Implications of BICEP2* (Implications de l'expérience BICEP2).

Au milieu de toute cette frénésie, de nouvelles recherches en collaboration ont commencé dans le but d'interpréter les données de l'expérience BICEP2, leurs explications possibles et leurs liens avec d'autres recherches théoriques et expérimentales.

**Latham Boyle, Kendrick Smith et Neil Turok**, chercheurs à l'Institut Périmètre, font partie des auteurs d'un article qui analysait avec soin la compatibilité entre les résultats de l'expérience BICEP2 et des données antérieures du satellite Planck, et qui faisait état d'une tension statistique surprenante entre tous ces éléments.

Les auteurs ont quantifié dans quelle mesure la tension statistique constatée peut être atténuée par des modifications possibles du modèle standard de la physique et proposé un nouveau test permettant de vérifier l'exactitude de l'une de ces modifications dans l'avenir.

Leur article précisait en outre comment de futures expériences devraient jeter un nouvel éclairage sur les résultats de l'expérience BICEP2. C'est exactement ce qui s'est produit six mois plus tard, lorsque des données du satellite Planck ont indiqué que la poussière cosmique pourrait expliquer certaines des fascinantes « ondulations » de l'espace-temps attribuées en mars à des ondes gravitationnelles.

## UN TEST SCIENTIFIQUE DE L'EXISTENCE D'UN MULTIVERS

Des avancées expérimentales constantes, inspirées et interprétées par la recherche théorique, nous permettent de regarder plus profondément dans le passé lointain de notre univers.

Mais il se peut que « notre univers » ne constitue pas toute la réalité. Notre univers n'est peut-être qu'une bulle parmi d'autres dans une mer écumeuse d'univers, comme le laisse entendre l'hypothèse de plus en plus répandue du multivers.



Proposée il y a à peine une décennie comme conséquence de ce que nous croyons savoir à propos de l'inflation cosmique, l'hypothèse du multivers s'attire des critiques parce qu'elle se rapproche davantage de la métaphysique que de la véritable science. Selon ces critiques, même si d'autres univers existaient à l'extérieur du nôtre, comment pourrions-nous le savoir, puisqu'ils se situeraient à l'extérieur des limites de nos observations?

Peut-être d'autres univers rebondissent-ils de temps à autre sur le nôtre en laissant une trace observable, suggèrent **Matthew Johnson** et **Luis Lehner**, chercheurs à l'Institut Périclète.

À l'aide de simulations informatiques, les chercheurs ont créé un scénario dans lequel un autre univers entre en collision avec le nôtre, laissant une « ecchymose » révélatrice sur le rayonnement fossile (ou fonds diffus cosmologique, première lumière de l'univers primitif).

Avec leur article sur le sujet, c'est la première fois qu'on a produit un ensemble direct et quantitatif de prédictions concernant une collision entre deux univers faisant partie du multivers.

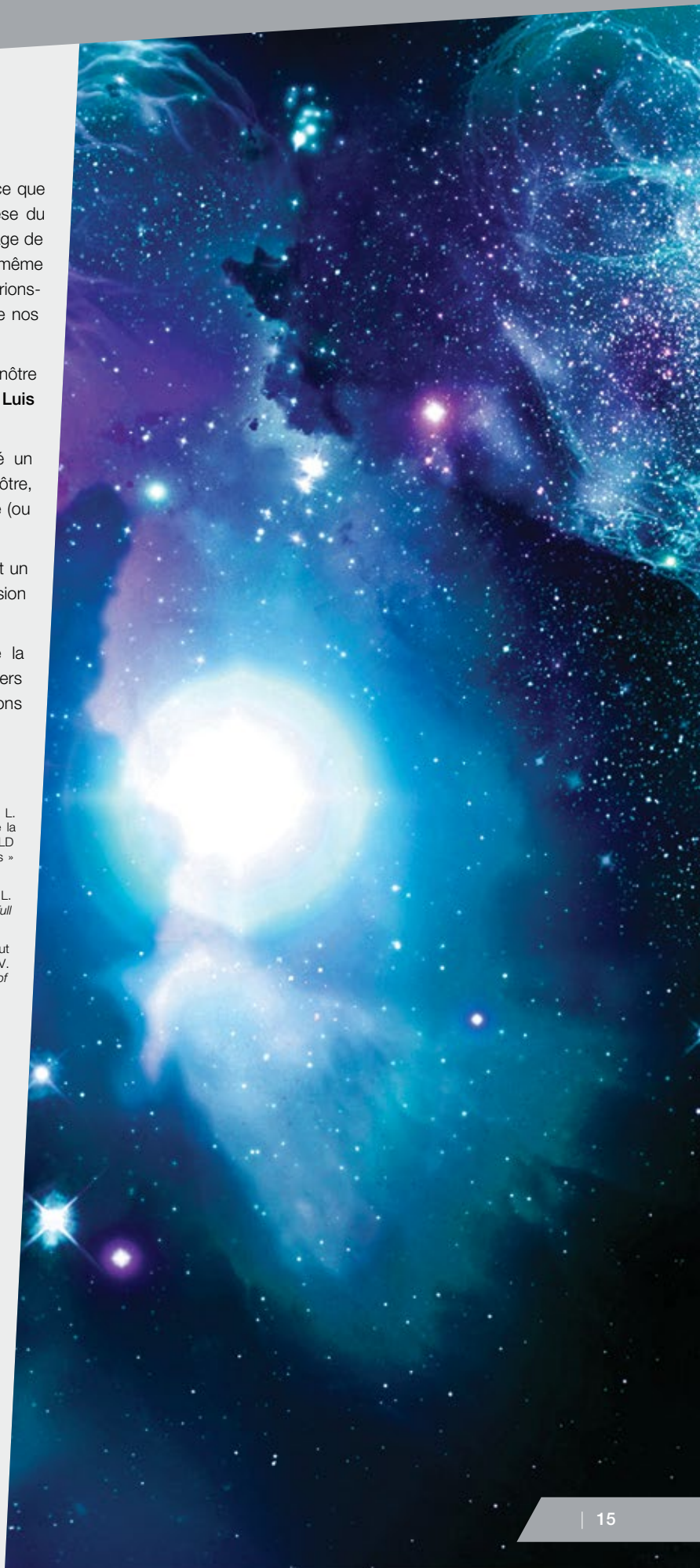
Bref, ils ont amené l'hypothèse du multivers du domaine de la métaphysique à celui de la science empirique vérifiable. Si l'univers dans lequel nous vivons n'en est qu'un parmi d'autres, nous pourrions maintenant avoir un moyen de le vérifier.

#### Références :

K.M. SMITH (Institut Périclète), C. DVORKIN (Institut d'études avancées de Princeton), L. BOYLE (Institut Périclète), N. TUROK (Institut Périclète), M. HALPERN (Université de la Colombie-Britannique), G. HINSHAW (Université de la Colombie-Britannique) et B. GOLD (Université Hamline). « Quantifying the BICEP2-Planck Tension over Gravitational Waves » *Physical Review Letters*, vol. 113, 2014, article n° 031301, arXiv:1404.0373.

M.C. JOHNSON (Institut Périclète), H.V. PEIRIS (Collège universitaire de Londres) et L. LEHNER (Institut Périclète). *Determining the outcome of cosmic bubble collisions in full General Relativity*, arXiv:1112.4487.

C.L. WAINWRIGHT (Université de la Californie à Santa Cruz), M.C. JOHNSON (Institut Périclète et Université York), A. AGUIRRE (Université de la Californie à Santa Cruz) et H.V. PEIRIS (Collège universitaire de Londres). *Simulating the universe(s) II: phenomenology of cosmic bubble collisions in full General Relativity*, arXiv:1407.2950.



# GRAVITÉ FORTE

*Du Big Bang aux étoiles à neutrons et aux trous noirs, la recherche effectuée à l'Institut Périmètre dans le domaine de la gravité forte explore des cataclysmes cosmiques suffisamment puissants pour déformer la structure de l'espace-temps. Ces régions de l'espace où la gravité est extrêmement forte constituent un laboratoire naturel où les chercheurs peuvent mettre à l'épreuve la validité de la théorie actuelle de la gravitation (la relativité générale d'Einstein) et examiner d'autres théories. Les scientifiques de l'Institut Périmètre cherchent également à comprendre et à caractériser les liens entre des espaces-temps courbes ou dynamiques et divers autres problèmes de physique fondamentale.*

## LES TROUS NOIRS POURRAIENT-ILS AVOIR DES CHEVEUX?

Tous les trous noirs ayant la même masse et le même moment angulaire sont semblables, nous assure la relativité générale. C'est vrai même s'ils sont formés de manières très diverses, ou composés de matériaux entièrement différents. On peut résumer cela par un de ces étranges truismes en physique : les trous noirs n'ont pas de cheveux.

Si l'on trouvait des trous noirs chevelus, cela prouverait que la théorie de la relativité générale est erronée.

De nouvelles recherches menées par **Avery Broderick**, professeur associé à l'Institut Périmètre, le postdoctorant associé **Tim Johannsen** et leurs collaborateurs visent à vérifier si les trous noirs pourraient avoir des cheveux – et mettent ainsi à l'épreuve la relativité générale.

Les chercheurs ont d'abord tenté de déterminer à quoi ressembleraient des trous noirs chevelus. Ils ont modifié les équations de la relativité générale pour permettre l'existence de trous noirs chevelus, puis ils ont fait appel à des modèles informatiques complexes pour produire des images représentant de tels trous noirs. Ils ont ensuite examiné ces images, à la recherche de caractéristiques dues à leurs modifications de la relativité générale, et non à d'autres facteurs tels que la taille, l'état de rotation, ou encore le processus exact par lequel la matière est tombée dans les trous noirs.

Ils ont trouvé que la modification de la relativité générale altérerait la forme de l'ombre projetée par l'horizon des événements.

Les chercheurs ont comparé les données réelles de l'image du trou noir Sag A\* avec les portraits-robots produits par leurs modèles. Cela leur permet de fixer une limite quant à l'ampleur de la modification à la relativité générale qu'autoriserait les données – jusqu'à quel point les trous noirs pourraient être chevelus.

Pour le moment, les chercheurs peuvent exclure les effets majeurs – des trous noirs qui auraient une crinière comme celle d'Einstein –, mais non les plus faibles. L'importance réelle de ces travaux réside dans le fait qu'ils constituent une démonstration de faisabilité : ils prouvent hors de tout doute que les physiciens peuvent se servir des trous noirs comme de laboratoires naturels pour tester des idées à propos de l'espace-temps.

## DES TURBULENCES PRÈS DES TROUS NOIRS

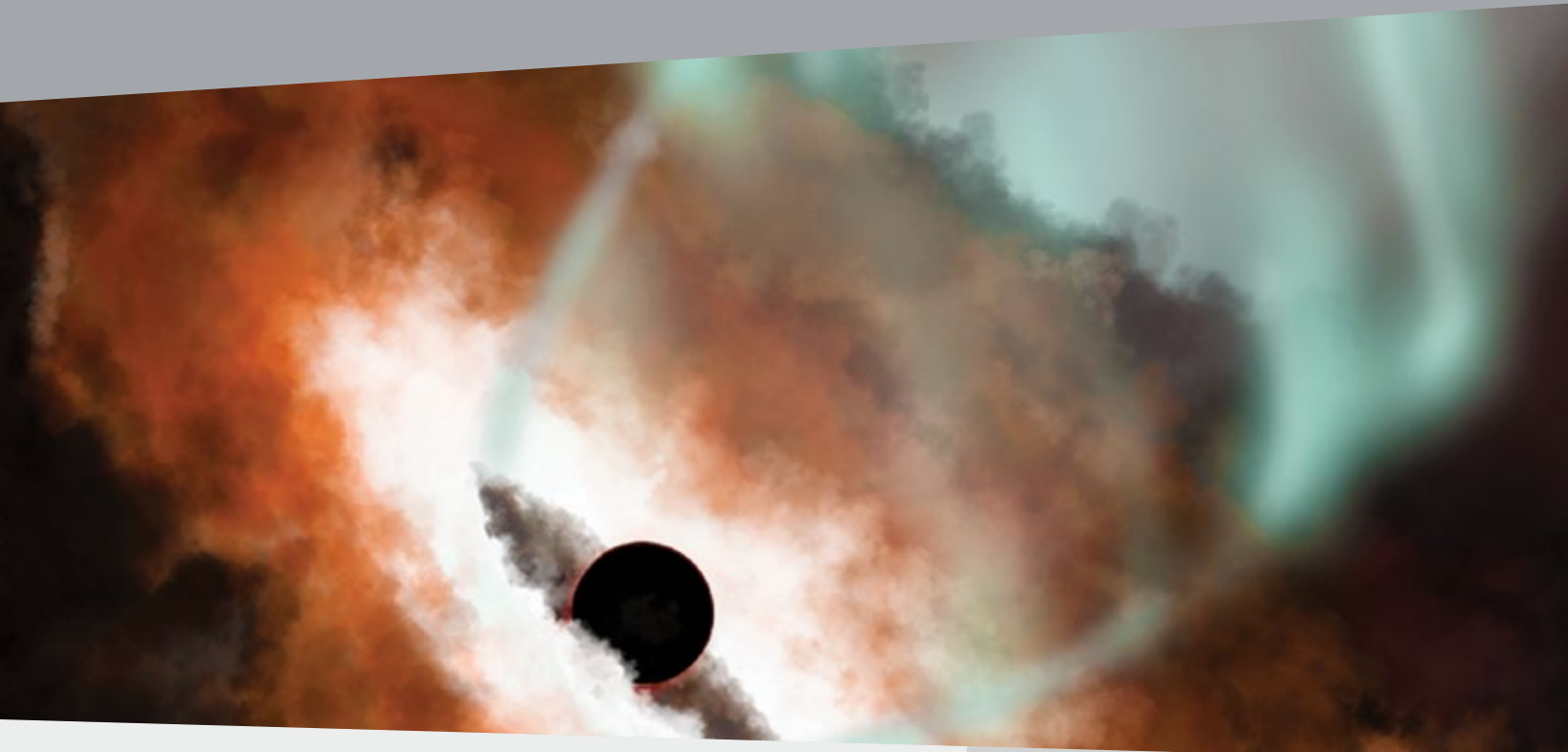
La gravité peut-elle être agitée? La réponse conventionnelle est non, mais de nouvelles recherches menées à l'Institut Périmètre pourraient vous obliger à boucler votre ceinture de sécurité.

En physique, une dualité est constituée par deux théories qui sont mathématiquement équivalentes même si elles semblent décrire des phénomènes différents à l'aide de langages différents. Les dualités constituent de puissants moyens d'aborder d'une autre manière des problèmes difficiles et d'introduire de nouvelles idées sur d'anciens sujets. Un exemple d'une telle dualité est la correspondance fluide-gravité, selon laquelle les champs gravitationnels peuvent être décrits à l'aide du langage de la dynamique des fluides.

La correspondance fluide-gravité n'est pas nouvelle – elle fait l'objet de recherches depuis les six dernières années. Mais il y a une difficulté au cœur de cette correspondance. Si la gravité peut être traitée comme un fluide, qu'en est-il alors des turbulences?

Selon l'opinion répandue, la gravité est décrite par un ensemble d'équations si différentes de celles de la dynamique des fluides qu'il ne pourrait jamais y avoir de turbulence, peu importe les circonstances.

Les recherches dont il est question ici ont été effectuées par **Huan Yang**, postdoctorant à l'Institut Périmètre, **Luis Lehner**, professeur



à l'Institut Périmètre, et Aaron Zimmerman, postdoctorant à l'Institut canadien d'astrophysique théorique. Luis Lehner met en évidence ce nouveau paradoxe : « Ou bien la correspondance est problématique et la gravité ne peut pas être complètement représentée par une description en tant que fluide, ou bien il y a un phénomène nouveau, selon lequel il peut vraiment y avoir une gravité turbulente. » [traduction]

Les chercheurs ont entrepris de résoudre ce paradoxe. Plus précisément, ils ont étudié les perturbations non linéaires des trous noirs. Des systèmes gravitationnels sont rarement analysés à ce niveau de détail, parce que les équations sont monstrueusement complexes. Mais, sachant que les turbulences sont fondamentalement non linéaires, les chercheurs ont pensé qu'une analyse des perturbations non linéaires était exactement ce qu'il fallait faire.

Ils ont été stupéfaits de constater que leur analyse montrait que l'espace-temps autour de trous noirs en rotation rapide est effectivement le siège de turbulences. Luis Lehner déclare : « Nous sommes passés de doutes sérieux sur la possibilité que la gravité puisse être turbulente, à un degré assez élevé de confiance quant à l'existence de telles turbulences. » [traduction]

Par conséquent, si vous vous aventurez au voisinage d'un trou noir, veillez à bien boucler votre ceinture de sécurité.

#### Références :

A.E. BRODERICK (Institut Périmètre et Université de Waterloo), T. JOHANNSEN (Institut Périmètre, Université de Waterloo et Institut canadien d'astrophysique théorique), A. LOEB (Université Harvard) et D. PSALTIS (Université de l'Arizona). « Testing the No-Hair Theorem with Event Horizon Telescope Observations of Sagittarius A\* », *The Astrophysical Journal*, vol. 784, n° 1, 2014, arXiv: 1311.5564.

H. YANG (Institut Périmètre), A. ZIMMERMAN (Institut canadien d'astrophysique théorique) et L. LEHNER (Institut Périmètre). *Turbulent Black Holes*, arXiv: 1402.4859.

## LES PROFESSEURS ASSOCIÉS À L'INSTITUT PÉRIMÈTRE

(Nomination conjointe avec une  
autre institution)

**Niayesh Afshordi** (Université de Waterloo)

**Avery Broderick** (Université de Waterloo)

**Alex Buchel** (Université Western)

**Raffi Budakian** (Institut d'informatique quantique  
de l'Université de Waterloo)

**Cliff Burgess** (Université McMaster)

**David Cory** (Institut d'informatique quantique de  
l'Université de Waterloo)

**James Forrest** (Université de Waterloo)

**Matthew Johnson** (Université York)

**Raymond Laflamme** (Institut d'informatique  
quantique de l'Université de Waterloo)

**Sung-Sik Lee** (Université McMaster)

**Roger Melko** (Université de Waterloo)

**Michele Mosca** (Institut d'informatique quantique de  
l'Université de Waterloo)

**Maxim Pospelov** (Université de Victoria)

**Itay Yavin** (Université McMaster)

# MATIÈRE CONDENSÉE

*Le défi de la matière condensée peut se résumer en une seule observation : le comportement d'un système de nombreuses particules peut être très différent de celui des particules qui le composent. Les physiciens de la matière condensée étudient ces systèmes à  $N$  corps, et en particulier ceux qui sont dans un état condensé. À l'Institut Périmètre, ces chercheurs s'attaquent à des questions fondamentales telles que la nature des aimants ou la différence entre conducteurs et isolants, ou à des questions de pointe comme de savoir si l'on peut assimiler la gravité à une propriété de la matière, ou encore confectionner une forme exotique de matériau quantique qui pourrait servir dans des ordinateurs quantiques.*

## COMPOSITION DE QUBITS

Dans notre monde en trois dimensions, il y a deux sortes de particules : les fermions (p. ex. les électrons), où deux particules identiques ne peuvent occuper un même état, et les bosons (p. ex. les photons), où deux particules identiques cherchent en fait à occuper un même état. En trois dimensions, les fermions restent des fermions et les bosons restent des bosons, et jamais il n'y aura de passage d'un groupe à l'autre.

Mais dans le monde de la matière condensée, il y a une exception. Le graphène, matériau prodigieux, est une forme cristalline de carbone ayant un seul atome d'épaisseur. Du point de vue des particules et des charges qu'il contient, le graphène n'a pas trois dimensions – il n'en a que deux. C'est effectivement un minuscule univers à deux dimensions et, dans cet univers, de nouveaux phénomènes peuvent se produire. Les fermions et les bosons peuvent se rencontrer à mi-chemin – devenant des anyons, qui peuvent se situer n'importe où entre les fermions et les bosons.

**Zlatko Papić**, postdoctorant à l'Institut Périmètre, et **Dmitry Abanin**, professeur à l'Institut Périmètre, étudient les propriétés du graphène, à la recherche d'une catégorie particulière d'anyons dits non abéliens. Les anyons non abéliens sont importants parce qu'ils peuvent servir à fabriquer des qubits.

Le qubit est à un ordinateur quantique ce que le bit est à un ordinateur ordinaire : une unité fondamentale d'information et le dispositif de base qui contient cette information. Depuis une décennie, on recherche frénétiquement à trouver un moyen de construire des qubits stables.

MM. Papić et Abanin espèrent que les propriétés étranges de l'univers restreint du graphène permettront de trouver des anyons non abéliens, et donc de fabriquer des qubits. Plus précisément, ils ont étudié ce qui arrive lorsque l'on superpose deux feuillets de graphène et que l'on place le graphène bicouche résultant dans un fort champ magnétique perpendiculaire. Ils ont découvert qu'en appliquant un champ électrique à travers la surface du graphène bicouche, on pourrait – en théorie – amener le matériau à produire des anyons non abéliens.

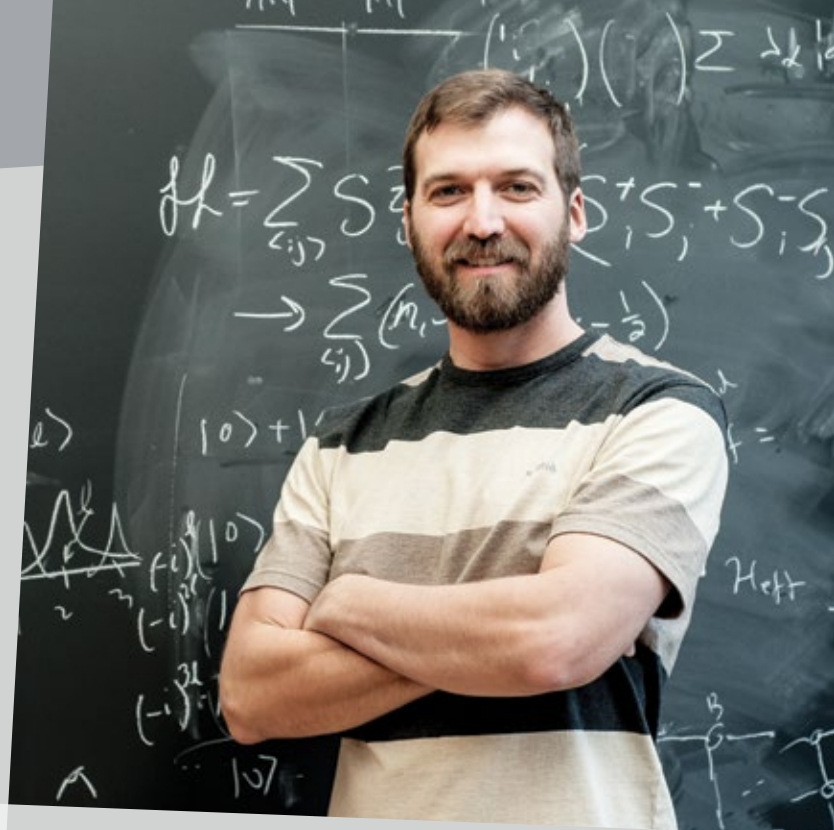
Trois groupes d'expérimentateurs travaillent maintenant à partir de ces recherches, utilisant cette avenue expérimentale originale pour composer des qubits. Les premiers résultats semblent prometteurs. Grâce aux travaux de Dmitry Abanin et de Zlatko Papić, nous nous dirigeons peut-être vers un nouveau monde d'ordinateurs quantiques.

## GARÇON, IL Y A UN TROU NOIR DANS MA MATIÈRE CONDENSÉE...

**Subir Sachdev**, titulaire de la chaire James-Clerk-Maxwell de physique théorique de l'Institut Périmètre, **William Witczak-Krempa** postdoctorant à l'Institut Périmètre, et Erik Sørensen, professeur à l'Université McMaster, sont des physiciens de la matière condensée. Ils étudient des systèmes étranges mais tangibles, par exemple des suprafluides. Et dans leur dernier article à propos de l'un de ces systèmes, il est question de trou noir.

Les trous noirs sont rarement évoqués dans les articles sur la matière condensée. Normalement, les physiciens de la matière condensée utilisent dans leurs modèles des ingrédients beaucoup plus conventionnels (mais quand même imaginaires) appelés « quasi-particules ». Cette démarche leur permet de décrire le comportement de matériaux comme si les électrons ou d'autres particules se déplaçaient librement à l'intérieur. Mais il y a toujours quelques systèmes que l'on ne peut pas décrire à l'aide de quasi-particules – et les physiciens de la matière condensée butent depuis des décennies sur le problème de la modélisation de ces systèmes.

MM. Witczak-Krempa et Sachdev ont donc décidé d'essayer quelque chose de nouveau. Ils ont étudié l'un des systèmes les plus simples sans quasi-particules, une transition de phase quantique entre un suprafluide et un isolant. Ils ont utilisé l'un des outils de base de la théorie des cordes – l'holographie – pour transformer la théorie quantique des champs qui décrit ce système en une théorie de la gravitation avec une dimension supplémentaire.



Pour étudier le système à une température non nulle, ils ont dû introduire un trou noir.

William Witczak-Krempa admet que c'est peu orthodoxe : « La plupart des chercheurs dans le domaine de la matière condensée diraient : "Pourquoi parle-t-on de trou noir dans cet article?" Cela paraît effectivement insensé. Mais ce qui est encore plus incroyable, c'est que la mécanique mathématique fonctionne très bien. Elle donne des réponses qui ont beaucoup de sens. » [traduction]

MM. Witczak-Krempa et Sachdev ont pu comparer les résultats à saveur de théorie des cordes avec ceux d'une simulation plus traditionnelle du système effectuée par Erik Sørensen. C'était la première fois que l'on comparait les résultats d'une simulation traditionnelle à grande échelle de matière condensée à ceux de la nouvelle démarche de la théorie des cordes.

Et les deux concordaient.

#### Références :

Z. PAPIĆ (Institut Périètre et Institut d'informatique quantique) et D.A. ABANIN (Institut Périètre et Institut d'informatique quantique). « Topological Phases in the Zeroth Landau Level of Bilayer Graphene », *Physical Review Letters*, vol. 112, 2014, article n° 046602, arXiv:1307.2909.

W. WITCZAK-KREMPA (Institut Périètre), E.S. SØRENSEN (Université McMaster) et S. SACHDEV (Université Harvard). « The dynamics of quantum criticality via Quantum Monte Carlo and holography », *Nature Physics*, vol. 10, 2014, p. 361-366, arXiv: 1309.2941.

## CONSTRUIRE L'AVENIR

Je suis un col bleu de la physique. Je gagne ma vie en faisant ce métier. J'ai choisi la physique – plus précisément le domaine de la matière condensée – parce que cela me semblait vraiment le meilleur moyen de contribuer au monde et au progrès de la science.

Je suis un théoricien, mais j'essaie à ma manière de mener des expériences. Si un expérimentateur veut comprendre un certain type de cristal, il va à une installation de fabrication de cristaux, en choisit un et se met à l'étudier. Je ne peux pas faire cela, parce que j'étudie des cristaux qui n'existent pas. C'est pourquoi mes « expériences » sont en fait des modèles informatiques à grande échelle.

Mais j'ai une bonne raison d'étudier des choses qui n'existent pas. Je souhaite prédire des matériaux à venir, dotés de propriétés quantiques intéressantes, que nous pourrions être un jour capables de fabriquer.

Lorsque l'on refroidit de l'hélium jusqu'à deux degrés au-dessus du zéro absolu, il a une seule et belle fonction d'onde quantique, et il devient suprafluide. C'est là un exemple de matériau quantique. Je recherche de nouveaux matériaux quantiques qui n'ont pas besoin d'être froids, petits et exotiques. Je recherche un matériau quantique que vous pourriez tenir dans les mains. C'est pourquoi je dis que je suis un col bleu de la physique : je cherche une physique quantique que vous pourriez réellement utiliser.

Le domaine de la matière condensée est celui qui définira des technologies. Il ne s'agit pas seulement de repousser les limites de la connaissance. Je crois vraiment que notre domaine façonnera l'avenir de l'espèce humaine.

– Roger Melko

*Roger Melko est devenu professeur associé à l'Institut Périètre en 2012.*

# PHYSIQUE DES PARTICULES

*La physique des particules est le domaine de la science qui identifie les constituants de la nature et leurs interactions au niveau le plus fondamental. Elle s'attache à comparer les idées théoriques avec des expériences terrestres et des observations astrophysiques. Elle recoupe donc nettement la théorie des cordes, la gravitation quantique et la cosmologie. À l'Institut Péricimètre, les physiciens des particules définissent comment les observations cosmologiques et les expériences menées sur terre dans des laboratoires souterrains et dans des accélérateurs limitent les possibilités théoriques de la physique au-delà du modèle standard.*

## À LA RECHERCHE DES COMPOSANTS ÉLÉMENTAIRES CACHÉS DE LA NATURE

Le modèle standard de la physique des particules est la théorie maîtresse qui décrit toutes les particules élémentaires et leurs interactions. Depuis qu'il a été parachevé dans les années 1970, le modèle standard a connu d'énormes succès dans la prédiction des résultats d'expériences en physique des particules. Ces succès ont culminé l'an dernier avec la découverte du boson de Higgs, la dernière des 17 particules prédites par le modèle à avoir été observée.

Même si le modèle standard est largement acclamé comme la « théorie du (presque) tout », le « presque » est important. Entre autres, ce modèle n'explique pas la gravité, la matière sombre et l'énergie sombre. Les physiciens sont donc avides de trouver dans le modèle standard des failles qu'il faudrait colmater avec de nouvelles découvertes. Cette année, l'expérience LHCb du CERN a permis d'observer ce qui pourrait être une telle faille, lorsqu'elle a permis de mesurer une vitesse de désintégration semileptonique de mésons B légèrement différente de ce que prédit le modèle standard.

**Itay Yavin** et **Maxim Pospelov**, chercheurs à l'Institut Péricimètre, et leurs collaborateurs, ont démontré que cette différence pourrait être le résultat d'une nouvelle force agissant sur les muons et les leptons tau, ainsi que sur leurs neutrinos. Si cette différence est effectivement le signe d'une nouvelle physique au-delà du modèle standard, cette explication est probablement la plus naturelle. Les chercheurs ont pu identifier d'autres rares cas de désintégration où cette nouvelle force devrait se manifester. Les tests proposés comprennent des mesures des propriétés des muons et des leptons tau.

De plus, et cela est important, la nouvelle force contribuerait au processus de production de paires de muons par leurs neutrinos, processus extrêmement rare observé pour la première fois il y a 25 ans au CERN et au Fermilab.

L'Institut Péricimètre poursuit actuellement des travaux d'exploration de ces données expérimentales tombées dans l'oubli depuis longtemps. Il étudie aussi les possibilités de détecter à nouveau ce processus dans les prochaines expériences sur les neutrinos; des travaux de suivi dans ce domaine ont donné lieu à un article publié dans *Physical Review Letters*.

## DE LA MATIÈRE SOMBRE DANS DES DIFFUSEURS D'ÉNERGIE?

Deux autres professeurs de l'Institut Péricimètre, **Philip Schuster** et **Natalia Toro**, sont à la recherche de la matière la plus omniprésente, mais aussi la plus insaisissable, de l'univers. On croit généralement que la matière sombre constitue la plus grande partie de toute la masse de l'univers, même si on ne l'a jamais directement détectée ou mesurée (elle n'émet et n'absorbe aucune lumière, d'où son nom).

Pour la trouver, disent-ils, il faudrait peut-être aller là où les particules vont généralement mourir : le diffuseur d'énergie d'un faisceau d'électrons.

Des expériences menées à l'aide d'accélérateurs de particules consistent à projeter des milliards d'électrons à haute énergie sur des cibles précises, afin de mesurer et d'interpréter les éclats subatomiques résultant de ces collisions. Toute cette énergie doit être diffusée de manière sécuritaire à la fin de l'expérience; elle est donc dirigée vers un diffuseur – bloc de métal dense qui absorbe la plupart des particules et l'énergie qu'elles transportent.

Il est possible, font valoir Philip Schuster et Natalia Toro, que certaines particules exceptionnelles interagissent si faiblement avec d'autres qu'elles traversent tout simplement le diffuseur et soient détectées de l'autre côté. Si c'est le cas, de telles particules pourraient être candidates à constituer de la matière sombre.

Un diffuseur d'énergie est un endroit idéal pour rechercher de la matière sombre, disent les chercheurs, parce qu'il y a très peu de « bruit de



fond » (comme le bombardement typique du rayonnement cosmique), grâce à son blindage et à son emplacement souterrain.

Les chercheurs travaillent en étroite collaboration avec des collègues d'installations d'accélérateurs de particules, afin de mettre en œuvre l'expérience proposée (ils ont déjà démontré la faisabilité d'une telle expérience au Laboratoire national de l'accélérateur SLAC).

Même s'il est fort possible qu'une telle expérience ne permette pas de trouver de matière sombre (elle ne détecterait que des particules légères qui interagissent faiblement), elle permettra tout de même de clarifier notre compréhension des composants fondamentaux de la nature.

« Les résultats feront partie d'une œuvre plus grande – la courtepointe de nos connaissances » [traduction], dit Natalia Toro.

#### Références :

W. ALTMANNSHOFER (Institut Péricètre), S. GORI (Institut Péricètre), M. POSPELOV (Institut Péricètre et Université de Victoria) et I. YAVIN (Institut Péricètre et Université McMaster). *Dressing  $L_\mu - L_\tau$  in Color*, arXiv:1403.1269.

W. ALTMANNSHOFER (Institut Péricètre), S. GORI (Institut Péricètre), M. POSPELOV (Institut Péricètre et Université de Victoria) et I. YAVIN (Institut Péricètre et Université McMaster). *Neutrino Trident Production: A Powerful Probe of New Physics with Neutrino Beams*, arXiv:1406.2332.

E. IZAGUIRRE (Institut Péricètre), G. KRNJAIC (Institut Péricètre), P. SCHUSTER (Institut Péricètre) et N. TORO (Institut Péricètre). « New Electron Beam-Dump Experiments to Search for MeV to few-GeV Dark Matter », *Physical Review D*, vol. 88, 2013, article n° 114015, arXiv:1307.6554.

## DÉFIER LA NORME

Ce n'est pas facile d'être marginale, mais c'est toujours ce qui finit par m'arriver. Originaire d'une région rurale de la Grèce, j'adorais la science, mais la voie habituelle de l'enseignement ne m'intéressait pas. Je voulais uniquement faire de la recherche.

C'était un désir plutôt inhabituel pour une jeune villageoise, mais ce qui semblait étrange pour les autres me paraissait tout naturel. J'avais une curiosité insatiable à propos du fonctionnement de l'univers. La physique a satisfait ma curiosité.

Aujourd'hui, je travaille à l'intersection de plusieurs disciplines. Je me sers de nouvelles technologies pour tester des théories et je préconise de nouvelles manières d'aborder la physique fondamentale. C'est une démarche marginale, et mon intérêt peut évoluer rapidement avec l'avènement de techniques et d'idées théoriques nouvelles.

Ce qui semble inhabituel pour les autres rend mon travail agréable. J'étudie comment les horloges atomiques, qui constituent la norme actuelle de la mesure du temps, peuvent servir de détecteurs de matière sombre; je regarde si la technologie de l'IRM peut servir à détecter de nouvelles interactions au sein de la matière. Certaines de ces idées étaient inconcevables il y a 10 ou 15 ans, et ne cadrent pas dans les normes habituelles des expériences en physique des particules.

Aujourd'hui, je vis dans un milieu très différent de mon petit village grec. L'Institut Péricètre permet de travailler en dehors des sentiers battus. Lorsque je mets la physique théorique à l'épreuve, je suis peut-être marginale, mais je sais que je ne suis pas la seule.

– Asimina Arvanitaki

*Asimina Arvanitaki est devenue professeure à l'Institut Péricètre en 2014.*

# THÉORIE QUANTIQUE DES CHAMPS ET THÉORIE DES CORDES

*La théorie quantique des champs est le système moderne qui nous permet de comprendre la physique des particules, les systèmes de matière condensée et de nombreux aspects de la cosmologie du commencement de l'univers. On l'utilise pour décrire les interactions entre particules élémentaires, la dynamique des systèmes à N corps, ainsi que des phénomènes critiques, toujours avec une grande précision. Les chercheurs de l'Institut Périmètre sont à l'origine d'avancées majeures en théorie quantique des champs.*

*La théorie des cordes cherche à produire une description unifiée de toutes les particules et forces de la nature, y compris la gravité. Elle repose sur l'idée que, de très près, toutes les particules devraient être considérées comme des objets unidimensionnels étendus appelés « cordes ». La théorie moderne des cordes est devenue un domaine de recherche vaste et varié, étroitement lié à la gravitation quantique, à la physique des particules, à la cosmologie et aux mathématiques.*

## UN PONT ENTRE CORDES ET CHAMPS

Que se passe-t-il lorsque deux ou plusieurs particules se rencontrent ?

C'est peut-être l'une des questions les plus fondamentales de la physique des particules. Pour y répondre, les physiciens calculent ce que l'on appelle techniquement des amplitudes de diffusion, qui donnent la probabilité de chaque résultat possible.

Traditionnellement, le calcul d'amplitudes de diffusion est très difficile, puisque les chercheurs doivent tenir compte de chacun des résultats possibles d'une interaction, puis faire la somme de toutes ces possibilités, même pour faire la prédiction la plus simple. Dans bien des cas, ces calculs sont tellement complexes qu'ils deviennent impossibles.

Heureusement, il y a eu au cours de la dernière décennie des progrès spectaculaires – dont une grande partie à l'Institut Périmètre – dans la compréhension et le calcul des amplitudes de diffusion. C'est particulièrement vrai dans le cas de la diffusion de particules dépourvues de masse qui transmettent des forces (comme les photons, les gluons et les gravitons) et se déplacent dans l'espace à quatre dimensions (trois dimensions spatiales, plus le temps) qui nous est familier.

Le professeur **Freddy Cachazo**, le postdoctorant **Song He** et le doctorant **Ellis Yuan**, tous de l'Institut Périmètre, se sont demandé si les nouvelles méthodes de calcul des amplitudes de diffusion devaient s'en tenir à quatre dimensions. Ils ont entrepris un programme de recherche dans le but d'étudier si les nouvelles techniques mises au point peuvent s'appliquer à la diffusion de particules dans d'autres types d'espaces.

Les chercheurs ont trouvé que les nouvelles interprétations de la diffusion peuvent effectivement être étendues à un plus grand nombre

de dimensions. Ils ont écrit une formule très compacte de la diffusion de particules scalaires, gluons et gravitons dépourvus de masse, qui est valable dans un nombre quelconque de dimensions. Cela comprend les espaces à 10 et à 11 dimensions souvent décrits par la théorie des cordes.

Cette nouvelle formule établit des ponts étonnants entre la théorie des cordes et une théorie quantique des champs plus ordinaire. Elle implique même l'existence d'une description semblable à la théorie des cordes applicable à une pure théorie quantique des champs.

Il s'agit de travaux passionnants qui se situent aux fondements de la physique mathématique. Ils ont inspiré jusqu'à maintenant 42 articles de suivi, suscitant des progrès en théorie quantique des champs, en théorie des cordes et même en mathématiques pures.

## UN COUP DE PIED DANS UNE HORLOGE QUANTIQUE

Les systèmes qui sont loin d'un état d'équilibre sont difficiles à comprendre. Prenons par exemple une horloge. C'est assez facile de décrire le balancement du pendule d'une horloge grand-père. C'est encore plus facile lorsque l'horloge est arrêtée. Mais si vous donnez un bon coup de pied dans l'horloge, pouvez-vous prédire le mouvement du pendule pendant que l'horloge vacille, bascule, puis tombe sur le plancher ?

Le coup de pied dans une horloge illustre le défi que représente l'étude de systèmes qui sont loin d'un état d'équilibre. Inutile de dire que ce n'est pas facile. Et c'est encore plus difficile si l'on ajoute l'aspect quantique.





Les physiciens ont réalisé certains progrès, mais ils cherchent encore des outils théoriques largement applicables – ou, idéalement, un ensemble de principes universels – permettant de décrire des systèmes qui sont loin d'un état d'équilibre. Mais il semble maintenant que des chercheurs de l'Institut Périclète aient trouvé un tel principe.

Le professeur **Robert Myers**, le professeur associé **Alex Buchel** et le doctorant **Anton van Niekerk**, tous de l'Institut Périclète, ont décidé d'étudier des systèmes qui sont loin d'un état d'équilibre sous un aspect de la théorie des cordes appelé techniquement correspondance AdS/CFT. En vertu de la correspondance AdS/CFT, certaines théories quantiques des champs – qui constitueraient normalement le langage utilisé pour décrire des systèmes quantiques – peuvent se traduire dans le langage de la gravitation.

Plus précisément, la correspondance AdS/CFT montre qu'un système quantique qui se dirige vers un état d'équilibre peut aussi être décrit comme une coquille d'énergie qui s'effondre pour former un trou noir. Cela peut sembler un détour inutile, mais il rend le système plus facile à décrire mathématiquement.

Dans un premier temps, cette démarche a permis aux chercheurs de calculer la quantité d'énergie ajoutée au système après qu'il ait reçu des coups de pied (mathématiques) de différentes forces. Mieux encore, Robert Myers, Sumit Das, de l'Université du Kentucky, et **Damian Galante**, doctorant à l'Institut Périclète, sont parvenus à généraliser ce résultat. La théorie des cordes leur a permis de décrire un comportement simple d'un système se dirigeant vers un état d'équilibre, et ce comportement demeure valable pour une vaste catégorie de systèmes.

Les chercheurs ont publié des articles sur ce sujet dans *Physical Review Letters* en 2013 2014, et leurs travaux se poursuivent.

#### Références :

F. CACHAZO (Institut Périclète), S. HE (Institut Périclète et Institut d'études avancées de Princeton) et E.Y. YUAN (Institut Périclète et Université de Waterloo). « Scattering of Massless Particles: Scalars, Gluons and Gravitons », *Journal of High Energy Physics*, n° 1407, 2014, article no 033, arXiv:1309.0885.

A. BUCHEL (Institut Périclète et Université Western), R.C. MYERS (Institut Périclète) et A. VAN NIEKERK (Institut Périclète et Université de Waterloo). « Universality of Abrupt Holographic Quenches », *Physical Review Letters*, vol. 111, 2013, article n° 201602, arXiv:1307.4740.

S.R. DAS (Université du Kentucky), D.A. GALANTE (Institut Périclète et Université Western) et R.C. MYERS (Institut Périclète). « Universal scaling in fast quantum quenches in conformal field theories », *Physical Review Letters*, vol. 112, 2014, article n° 171601, arXiv:1401.0560.

## MON DÉCOLLAGE SCIENTIFIQUE

J'étais transporté par les images en noir et blanc qui défilait sur l'écran argenté.

Je n'étais plus un garçon de quatre ans, assis avec des membres de sa famille dans un cinéma de St. John's, à Terre-Neuve. J'étais un astronaute, en orbite avec les personnages du film *Spaceways*.

Après le générique, pendant que nous rentrions au Fort Pepperell, à Terre-Neuve, où mon père était stationné, j'avais la tête qui bourdonnait de questions : *Comment les fusées fonctionnent-elles? Des gens volent-ils vraiment au-dessus du ciel?*

Même si je ne m'en rendais pas compte à l'époque, le visionnement de ce film de science-fiction a été un tournant dans ma vie.

Il a provoqué une soif de découverte qui, soixante ans plus tard, n'est heureusement pas étanchée.

Bien sûr, à quatre ans, je ne savais pas que j'allais étudier la supersymétrie et la théorie M des supercordes – ces domaines n'existaient même pas encore –, mais ma curiosité à propos de l'univers avait été éveillée.

Je ne pouvais pas non plus imaginer qu'un jour je deviendrais membre de l'Académie nationale des sciences des États-Unis ou que je proposerais des idées sur les relations entre l'évolution, les codes de correction d'erreurs informatiques et l'univers.

J'ignorais totalement que le président des États-Unis ferait de moi l'un de ses conseillers scientifiques. Qui aurait pu me blâmer de ne pas avoir deviné cela à l'époque?

Bien des choses qui sont arrivées dans ma carrière scientifique – les réussites comme les difficultés – m'auraient paru aussi fantastiques que les fusées et les robots de *Spaceways*.

Mais après coup, je comprends comment ce film a lancé ma vie de scientifique.

Même maintenant, comme lorsque j'étais enfant, j'aborde les mystères de l'univers avec un respect mêlé d'admiration.

– S. James Gates, fils

*S. James Gates fils est depuis 2011 titulaire d'une chaire de chercheur invité distingué de l'Institut Périclète.*

# GRAVITATION QUANTIQUE

*La théorie de la gravitation quantique cherche à unifier la relativité générale d'Einstein et la physique quantique dans un même cadre théorique. Des chercheurs de l'Institut Périclète travaillent activement sur un certain nombre d'approches de ce problème, dont la gravitation quantique à boucles, les modèles de mousse de spin, la sécurité asymptotique, la gravité émergente, la théorie des cordes et la théorie des ensembles causaux. La recherche sur la gravitation quantique rejoint d'autres domaines comme la cosmologie, la physique des particules et les fondements de la physique quantique.*

## UN DOMAINE QUI VISE L'UNIFICATION

Comme la force de gravité que nous expérimentons tous les jours, le domaine de la gravitation quantique tend à rassembler les choses.

Voyez comment la gravité unit des choses bien différentes – p. ex. vos pieds et la planète Terre – d'une manière qui semble parfaitement naturelle, même si vous ne comprenez pas entièrement les forces en jeu.

La recherche en gravitation quantique vise elle aussi à unifier des choses disparates : la théorie de l'infiniment petit (la mécanique quantique) et la théorie de l'infiniment massif (la relativité générale). Le chaînon manquant dans notre compréhension de la nature se situe entre ces deux domaines, dans le monde des objets qui sont à la fois très lourds et très petits (comme les trous noirs et la singularité du Big Bang). C'est le monde de la recherche en gravitation quantique.

Comme les phénomènes étudiés sont très éloignés de notre expérience quotidienne – et très difficiles à mesurer de manière expérimentale –, beaucoup de recherches théoriques sont en cours, dans l'espoir d'améliorer nos connaissances dans ce domaine.

À titre d'exemple, **Laurent Freidel**, professeur à l'Institut Périclète, a récemment réalisé des progrès importants sur un sujet ancien – la relation entre la gravité et la thermodynamique, suggérée par la découverte de Stephen Hawking selon laquelle les trous noirs sont chauds.

L'existence possible d'un lien profond entre la gravitation, la physique quantique et la thermodynamique suscite beaucoup d'intérêt depuis les années 1970. Les travaux de M. Freidel étendent ce lien selon deux axes importants : premièrement, le lien s'applique aux situations qui ne sont pas en équilibre thermodynamique (les travaux antérieurs traitent les trous noirs comme étant en équilibre); deuxièmement, ses travaux montrent que la correspondance s'étant à des espaces-temps généralisés.

La contribution originale de Laurent Freidel a consisté à introduire un écran – une sorte de membrane étirée dans tout l'espace-temps – pour démontrer que, à mesure que l'espace-temps évolue (conformément aux

équations d'Einstein), la matière contenue dans la membrane obéit aux lois de systèmes qui ne sont pas en équilibre thermodynamique.

## LA FLÈCHE DU TEMPS

Alors que les travaux de Laurent Freidel portent sur des processus qui évoluent dans le temps, **Flavio Mercati**, titulaire d'une bourse postdoctorale de la Fondation Templeton à l'Institut Périclète, s'est récemment attaqué à la question de savoir pourquoi le temps lui-même s'écoule comme il le fait.

M. Mercati, et ses collaborateurs Julian Barbour et Tim Koslowski, ont proposé une nouvelle explication de ce que l'on appelle la « flèche du temps », qui décrit la progression universelle du passé vers le présent puis l'avenir.

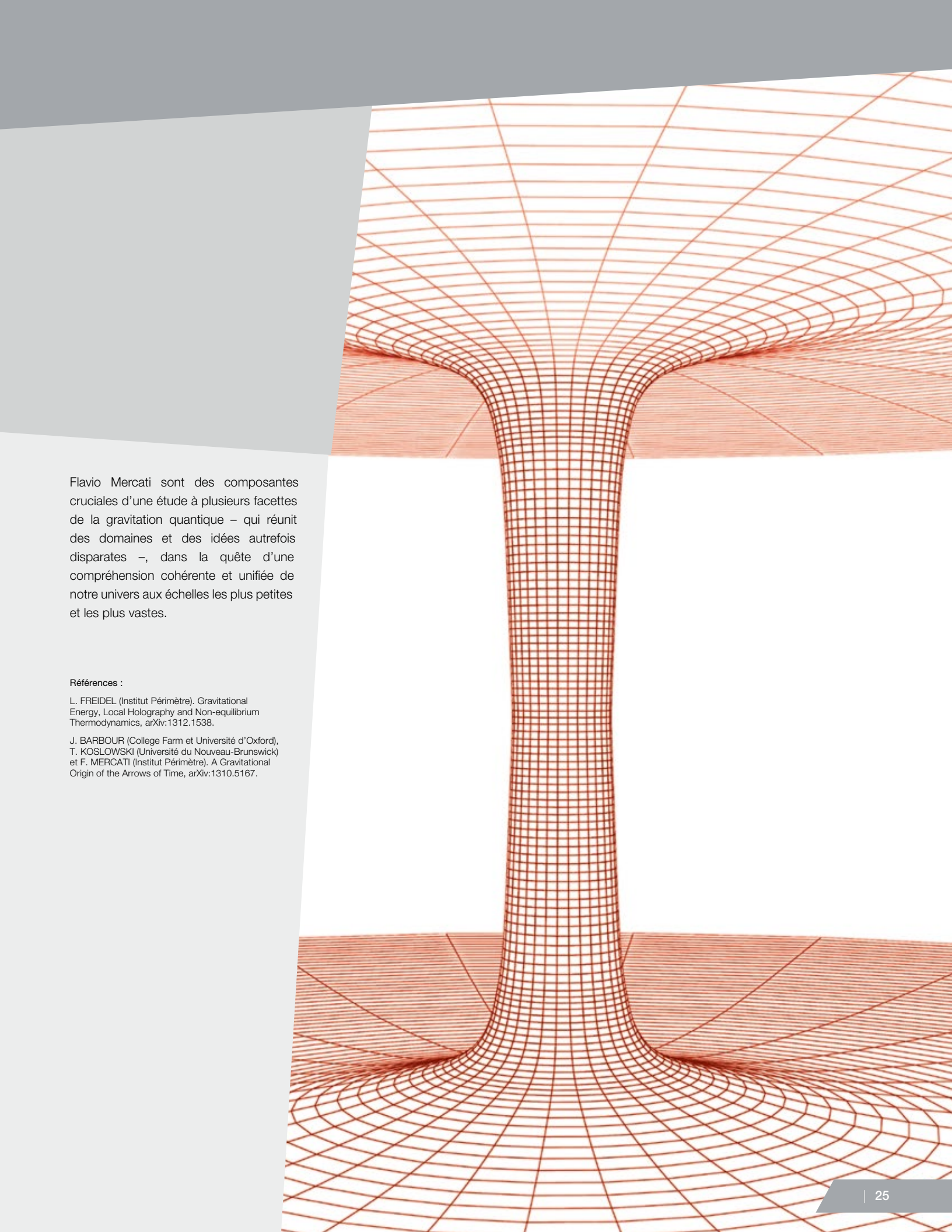
Mais pourquoi le temps file-t-il tout droit comme une flèche et ne revient-il jamais en arrière? Cette question fait l'objet de beaucoup de recherches et de débats. La flèche du temps est souvent expliquée par ce que l'on appelle l'« hypothèse du passé », qui présume que l'univers a commencé dans un état très particulier de faible entropie – scénario bien net selon lequel l'univers naissant était rangé avant de devenir progressivement de plus en plus désordonné.

Mais des observations donnent à penser que notre univers a commencé dans un état très désordonné (une « soupe de plasma » proche de l'équilibre thermique), puis a évolué pour aboutir aux structures magnifiquement ordonnées d'aujourd'hui, comme les galaxies et les systèmes solaires.

Flavio Mercati et les autres co-auteurs sont d'avis qu'une explication plus plausible de la flèche du temps est fondée sur la complexité.

Le modèle qu'ils ont étudié comporte dans toutes ses solutions une croissance irréversible de la complexité, et cela implique que le temps s'écoule nécessairement du passé vers l'avenir.

Des programmes de recherche tels que ceux de Laurent Freidel et de



Flavio Mercati sont des composantes cruciales d'une étude à plusieurs facettes de la gravitation quantique – qui réunit des domaines et des idées autrefois disparates –, dans la quête d'une compréhension cohérente et unifiée de notre univers aux échelles les plus petites et les plus vastes.

**Références :**

L. FREIDEL (Institut Péricimètre). Gravitational Energy, Local Holography and Non-equilibrium Thermodynamics, arXiv:1312.1538.

J. BARBOUR (College Farm et Université d'Oxford),  
T. KOSLOWSKI (Université du Nouveau-Brunswick)  
et F. MERCATI (Institut Péricimètre). A Gravitational Origin of the Arrows of Time, arXiv:1310.5167.

# FONDEMENTS QUANTIQUES

*L'étude des fondements quantiques porte sur les bases conceptuelles et mathématiques de la physique quantique. À l'Institut Périmètre, la recherche dans ce domaine vise à préciser et à reformuler la physique quantique d'une manière qui en exprime la nature et la structure véritables. Ces travaux sont étroitement liés à la recherche sur la gravitation quantique et l'information quantique.*

## EXTENSION DU THÉORÈME DE NOETHER

Le théorème de Noether est l'un des outils mathématiques les mieux connus et les plus puissants de la physique. Il montre que toute symétrie dans les lois du mouvement implique une loi de conservation. Par exemple, le fait que les lois physiques ne changent pas avec le temps implique la conservation de l'énergie, et le fait qu'elles soient les mêmes partout impliquent la conservation du moment.

Le théorème de Noether est important non seulement de par ce qu'il nous enseigne sur les lois de conservation, mais aussi comme outil de calcul pratique. Par exemple, on l'utilise beaucoup lorsque l'évolution d'un système est trop complexe pour qu'on puisse le résoudre exactement, ou lorsque certains détails de sa dynamique sont inconnus. Dans ces cas, malgré les difficultés mentionnées ci-dessus, le théorème de Noether permet aux chercheurs d'utiliser les symétries de la dynamique du système pour en déduire des contraintes fortes sur son évolution.

Cependant, même s'il est beaucoup utilisé, le théorème de Noether est déficient sous deux aspects. Premièrement, il ne s'applique qu'aux systèmes qui n'interagissent pas avec leur environnement. Deuxièmement, même dans le cas de systèmes isolés, il ne rend pas compte de toutes les conséquences des symétries.

Dans un article récent, **Robert Spekkens**, professeur à l'Institut Périmètre, et l'étudiant diplômé **Iman Marvian** étendent le théorème de Noether. Ils élaborent des mesures indiquant jusqu'à quel point un état quantique viole une symétrie donnée et démontrent que ces mesures n'augmentent pas en vertu de lois du mouvement qui respectent cette symétrie, même si le système interagit avec son environnement. Dans le cas de systèmes isolés, cela donne de nouvelles lois de conservation.

Ce résultat a un intérêt immédiat pour les physiciens, mais il a aussi de nombreuses applications pratiques dans les technologies quantiques émergentes. Par exemple, on peut l'utiliser pour mesurer la cohérence quantique, pour déduire des limites, indépendantes du modèle, du rendement d'amplificateurs quantiques ainsi que pour évaluer des procédés quantiques afin d'atteindre des normes de haute précision.

Le travail d'élaboration de diverses mesures intéressantes d'asymétrie effectué par les auteurs repose sur des idées de la théorie de l'information quantique. Cela illustre de façon remarquable l'intérêt d'étayer la théorie de l'information quantique dans un cadre élargi de recherche en physique théorique, ce que fait l'Institut Périmètre depuis sa fondation.

## LES POURQUOI DE LA MÉCANIQUE QUANTIQUE

La mécanique quantique fonctionne. L'ennui, c'est que personne ne sait pourquoi elle fonctionne. Considérez la relativité restreinte, qui repose sur seulement deux principes fondamentaux concernant la nature des lois physiques et la vitesse de la lumière. Si la mécanique quantique possède de tels principes fondamentaux sous-jacents, nous ne savons pas encore ce qu'ils sont.

Cela pose un problème lorsque les physiciens essaient d'étendre ou de généraliser la théorie au-delà de la mécanique quantique. Comme nous ne connaissons pas les principes sous-jacents de la mécanique quantique, nous ne pouvons pas distinguer ce qui est fondamental des artefacts résultant de la manière dont nous avons élaboré la théorie. Lorsque nous sortons des sentiers battus en physique quantique, nous ne savons pas bien dans quelle direction il faut aller.

**Ryszard Kostecki**, postdoctorant à l'Institut Périmètre, espère trouver cette direction, et ultimement déduire la structure qui unifie la mécanique quantique et la théorie quantique des champs non perturbative à partir de principes significatifs de la théorie de l'information.

Dans ses travaux récents, M. Kostecki a étudié une relation entre, d'une part, la manière dont les états quantiques changent lorsqu'on les mesure et, d'autre part, comment les mesures de probabilité évoluent lorsque l'on acquiert de l'information nouvelle. Pour parler plus techniquement, il a reconsidéré l'idée selon laquelle la règle de Lüders, centrale en mécanique quantique, est analogue à la règle de Bayes, centrale en théorie des probabilités.

Au cours des dernières décennies, des chercheurs ont découvert que la règle de Bayes peut être déduite comme un cas particulier d'un principe plus général de la théorie de l'information. Appelée maximisation contrainte de l'entropie relative, ce principe dit que, lorsque l'on acquiert une nouvelle information, le nouvel état de connaissance qui en résulte devrait être en accord avec cette information tout en étant maximale non contraint par tout le reste.

La règle de Bayes repose donc sur un principe sous-jacent, celui de l'entropie maximale. Ryszard Kostecki et ses collaborateurs ont prouvé que la règle de Lüders peut aussi être déduite de ce principe. Ainsi, l'analogie conceptuelle entre la règle de Bayes et la règle de Lüders devient une propriété mathématique précise : ces règles constituent

deux cas d'un même principe unificateur. La prochaine étape consiste à étudier d'autres cas particuliers de ce principe comme de nouvelles formes potentielles de dynamique de l'information quantique.

La construction de la physique quantique à partir de la base, sur le modèle de la théorie des probabilités, est une entreprise très ambitieuse. Mais tout succès obtenu par Ryszard Kostecki et ses collègues rapporterait des dividendes considérables : elle rendrait la physique quantique plus générale sur le plan mathématique et plus claire sur le plan conceptuel.

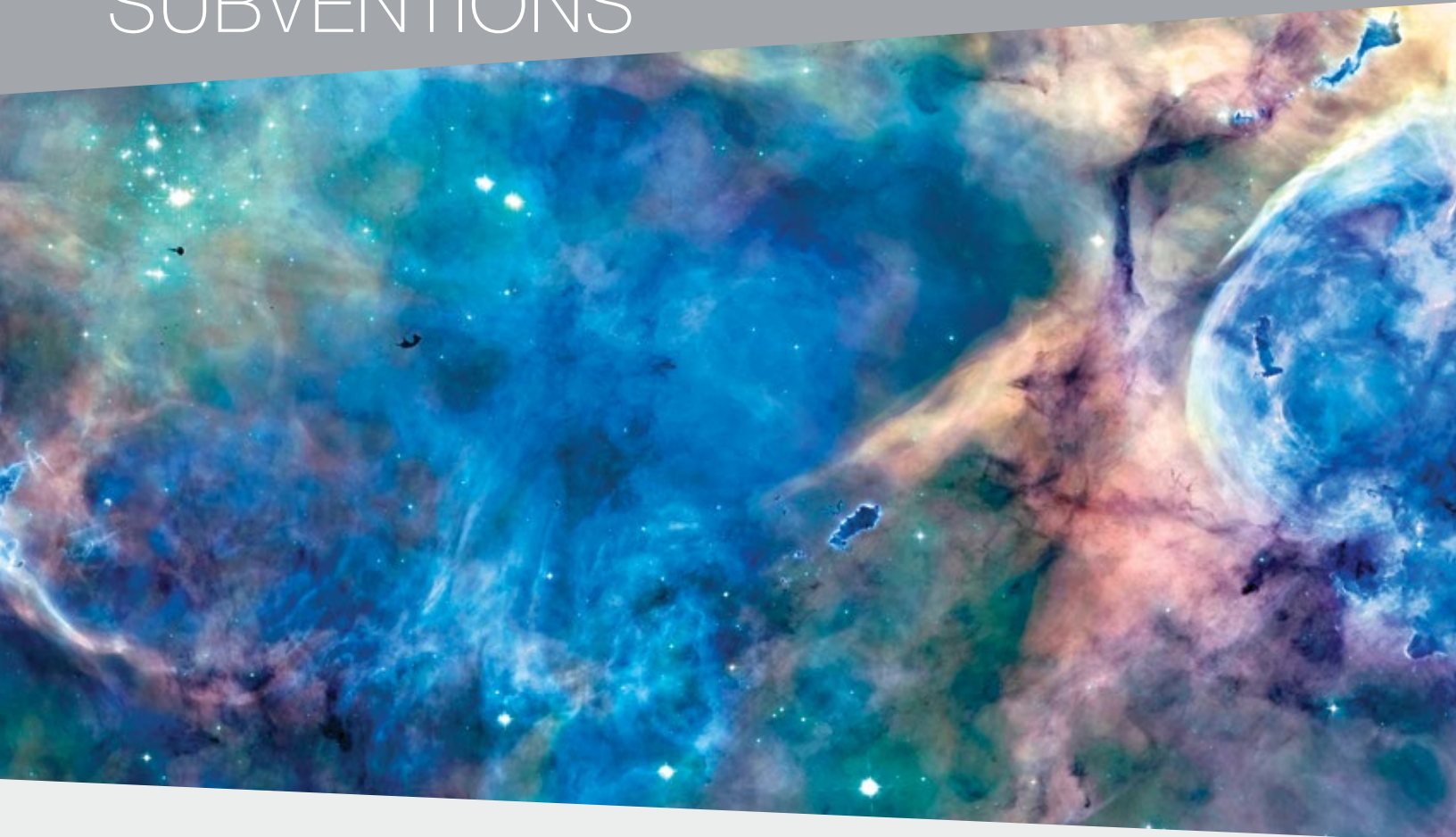
**Références :**

I. MARVIAN (Institut Péricètre, Institut d'informatique quantique de l'Université de Waterloo et Centre d'informatique et de technologie quantiques de l'Université de la Californie du Sud) et R.W. SPEKKENS (Institut Péricètre). « Extending Noether's theorem by quantifying the asymmetry of quantum states », *Nature Communications*, vol. 5, 2014, article no 3821, arXiv:1404.3236.

F. HELLMAN (Institut Albert-Einstein et Institut de recherche sur les impacts climatiques de Potsdam), W. KAMINSKI (Institut Péricètre et Institut de physique théorique de l'Université de Varsovie) et R.P. KOSTECKI (Institut Péricètre). Quantum collapse rules from the maximum relative entropy principle, arXiv:1407.7766.



# PRIX, DISTINCTIONS ET SUBVENTIONS



- Le professeur **Freddy Cachazo** a reçu un prix *Nouveaux horizons en physique*, d'une valeur de 100 000 \$, de la Fondation des Prix de physique fondamentale.
- Le professeur **Dmitry Abanin** a reçu une bourse de recherche Sloan 2014, d'une valeur de 50 000 \$.
- **Mike Lazardis**, fondateur et président du conseil d'administration de l'Institut Péricimètre, a été élu membre de la Société royale de Londres.
- **Neil Turok**, directeur de l'Institut Péricimètre, a été élu membre de la Société royale du Canada.
- **Neil Turok**, directeur de l'Institut Péricimètre, a remporté le prix Lane-Anderson 2013 d'écriture scientifique au Canada, pour son ouvrage intitulé *The Universe Within: From Quantum to Cosmos* (traduit en français sous le titre *L'univers vu de l'intérieur : du quantum au cosmos*).
- **Neil Turok**, directeur de l'Institut Péricimètre, a reçu des doctorats honorifiques de l'Université Rhodes et de l'Université métropolitaine Nelson-Mandela, toutes deux situées en Afrique du Sud, ainsi que de l'Université Saint Mary's de Halifax.
- **Leon Balents, Joel Moore, Senthil Todadri et Ashvin Vishwanath**, titulaires de chaire de chercheur invité distingué, ont été élus membres de la Société américaine de physique.
- **Eugenio Bianchi**, postdoctorant à l'Institut Péricimètre, a reçu le premier prix Bronstein, « pour ses contributions intéressantes sur l'entropie des trous noirs, la géométrie discrète de l'espace-temps quantique et la propagation des gravitons dans cet espace-temps, de même que pour son enthousiasme inspirant et son esprit de collaboration » [traduction].
- **David Skinner**, adjoint invité à l'Institut Péricimètre, a remporté un « prix 2013 du meilleur article » du *Journal of Physics A*, pour son texte intitulé *Amplitudes at weak coupling as polytopes in AdS<sub>5</sub>*.
- **Lauren Hayward**, étudiante diplômée associée à l'Institut Péricimètre, a été nommée l'une des « futures têtes d'affiche du Canada » de 2014 par le magazine *Maclean's*.



- Quatre chercheurs de l'Institut Péricimètre ont reçu du gouvernement de l'Ontario des bourses de nouveau chercheur, d'une valeur de 140 000 \$ chacune :
  - le professeur **Dmitry Abanin**;
  - la professeure **Bianca Dittrich**;
  - **Davide Gaiotto**, titulaire de la chaire Fondation-Krembil-Galilée de physique théorique;
  - la professeure **Natalia Toro**.
- Des chercheurs de l'Institut Péricimètre ont obtenu plus de 2,6 millions de dollars en subventions de divers organismes, dont le Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada (CRSNG), la Fondation John-Templeton, l'institut FQXi (Foundational Questions Institute) et la Fondation Simons.

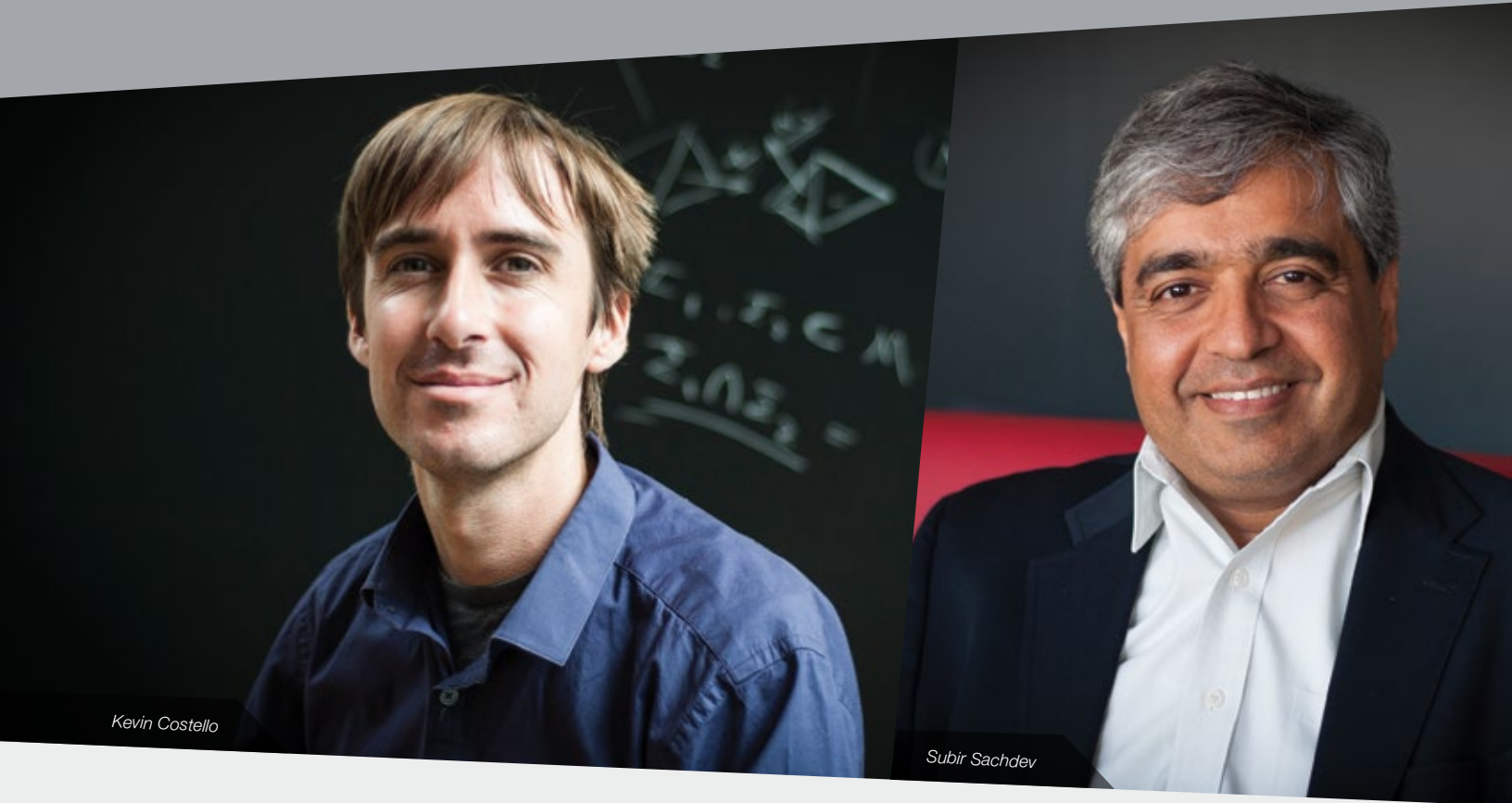
## FREDDY CACHAZO OBTIENT UN PRIX NOUVEAUX HORIZONS EN PHYSIQUE

Freddy Cachazo, professeur à l'Institut Péricimètre, est devenu le deuxième chercheur de l'Institut en deux ans à se mériter un prix *Nouveaux horizons en physique*. Il a reçu cet honneur en 2014, alors que Davide Gaiotto l'avait obtenu en 2013.

Remis par la Fondation des Prix de physique fondamentale, maintenant appelée Fondation des Prix du progrès scientifique (*Breakthrough Prize Foundation*), les prix *Nouveaux horizons*, d'une valeur de 100 000 \$, sont considérés comme les prix les plus importants au monde pour de jeunes physiciens théoriciens. Ils visent à reconnaître des chercheurs qui « se consacrent à l'avancement de notre connaissance de l'univers à son niveau le plus fondamental » [traduction]. L'Institut Péricimètre est la seule institution à avoir remporté deux de ces prix.

En tentant de comprendre les composantes les plus fondamentales de la nature, M. Cachazo a fait plusieurs découvertes largement qualifiées de percées. Il a obtenu son prix pour avoir mis au point des systèmes nouveaux et élégants de calcul d'amplitudes de diffusion. Ces calculs, les plus fondamentaux en physique des particules, prédisent ce qui se passe lorsque deux ou plusieurs particules entrent en interaction. Les systèmes mis au point par le lauréat ont suscité énormément d'intérêt chez les physiciens des particules et les physiciens mathématiciens, et l'on s'attend à ce qu'ils constituent un point de référence au cours des années à venir.

# RECRUTEMENT



Kevin Costello

Subir Sachdev

La manière la plus sûre de susciter des percées scientifiques consiste à recruter de brillants chercheurs. Depuis sa fondation, l'Institut Péricètre attire les meilleurs physiciens théoriciens de partout dans le monde. La dernière année a été particulièrement fructueuse à cet égard. L'Institut a accueilli des scientifiques de premier plan, chercheurs en début de carrière ou géants dans leur domaine, couvrant tout le spectre de la physique théorique, notamment dans des domaines ciblés prometteurs comme l'information quantique et la physique de la matière condensée.

## CHAIRES DE RECHERCHE DE L'INSTITUT PÉRICÈTRE

Le programme de chaires de recherche de l'Institut Péricètre a été conçu pour attirer des chercheurs de premier plan à l'échelle mondiale dans des domaines choisis de manière stratégique. Ce programme a contribué à attirer et à retenir trois scientifiques de haut calibre, autour desquels l'Institut construit des groupes de recherche dynamiques capables de réaliser des progrès majeurs sur des problèmes clés : **Xiao-Gang Wen**, titulaire de la chaire Groupe-financier-BMO-Isaac-Newton de physique théorique; **Neil Turok**, titulaire de la chaire Mike-et-Ophelia-Lazaridis-Niels-Bohr de physique théorique; **Davide Gaiotto**, titulaire de la chaire Fondation-Kremlil-Galilée de physique théorique.

Au cours de l'année écoulée, **Kevin Costello** a été nommé titulaire de la chaire Fondation-Kremlil-William-Rowan-Hamilton de physique théorique, et **Subir Sachdev** a été nommé titulaire de la chaire James-Clerk-Maxwell de physique théorique (à titre de chercheur invité). De plus, l'Institut Péricètre a obtenu un investissement de 4 millions de dollars de la Fondation Kremlil pour financer les chaires de MM. Costello et Gaiotto.

Kevin Costello se joint à l'Institut Péricètre en provenance de l'Université Northwestern, où il s'est taillé une place dans l'élite mondiale des jeunes mathématiciens. Il est l'auteur d'une monographie innovatrice, intitulée *Renormalization and Effective Field Theory* (Renormalisation et théorie effective des champs), qui introduit de nouveaux et puissants outils mathématiques dans la théorie quantique des champs. M. Costello jouera un rôle crucial dans les efforts croissants de l'Institut Péricètre en physique mathématique. Il travaillera sur des problèmes difficiles ayant des répercussions en théorie quantique des champs et en théorie des cordes.

Subir Sachdev est professeur de physique à l'Université Harvard depuis 2005. Sa nomination consolide la position de l'Institut Péricètre en physique de la matière condensée. Il a fait d'abondantes contributions aux recherches sur les transitions de phase quantiques et leur application aux systèmes à électrons corrélés tels que les supraconducteurs à





Asimina Arvanitaki

## QUELQUES STATISTIQUES

L'Institut Péricètre compte le plus grand nombre de chercheurs en physique théorique au monde.

22 professeurs à plein temps

14 professeurs associés nommés conjointement avec des universités partenaires

42 titulaires de chaire de chercheur invité distingué

14 adjoints invités

44 postdoctorants

73 étudiants diplômés<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Dont 42 doctorants et 31 étudiants de maîtrise dans le cadre du programme PSI (*Perimeter Scholars International* – Boursiers internationaux de l'Institut Péricètre). Tous ces chiffres correspondent à la situation de l'Institut Péricètre au 31 juillet 2014.

haute température. Il est l'auteur d'un ouvrage majeur intitulé *Quantum Phase Transitions* (Transitions de phase quantiques). Au cours des dernières années, il a exploité un lien remarquable entre les propriétés électroniques de matériaux au voisinage d'une transition de phase quantique et la théorie quantique des trous noirs.

Depuis sa mise sur pied il y a trois ans, le programme de chaires de recherche de l'Institut Péricètre a recruté cinq scientifiques de premier plan à l'échelle mondiale, qui ont fait de l'Institut une destination de recherche plus attrayante que jamais.

## PROFESSEURS À PLEIN TEMPS

En plus de ses deux nouveaux titulaires de chaire de recherche, l'Institut Péricètre a accueilli en 2013-2014 une nouvelle professeure exceptionnelle en la personne d'**Asimina Arvanitaki**.

Avant de se joindre à l'Institut Péricètre, Mme Arvanitaki a été chercheuse à l'Institut de physique théorique de l'Université Stanford et au Laboratoire national Lawrence-Berkeley de l'Université de la Californie à Berkeley. Elle 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. C'est une pionnière de l'utilisation d'objets diélectriques en lévitation optique pour détecter des ondes gravitationnelles. Asimina Arvanitaki

travaille également sur les défis théoriques soulevés par des résultats expérimentaux, par exemple sur un modèle de physique des particules influencé par une théorie des cordes dite de « supersymétrie (SUSY) avec scalaires découplés ».

## PROFESSEURS ASSOCIÉS

Pour compléter son corps professoral, l'Institut Péricètre conclut des partenariats avec des universités canadiennes afin d'attirer des scientifiques de haut calibre dans le cadre de son programme de professeurs associés. Les professeurs associés passent jusqu'à 50 % de leur temps à l'Institut Péricètre, en plus d'enseigner et de faire de la recherche dans une université partenaire. Ce programme a amené au Canada de nombreux scientifiques de renom, contribuant aux progrès du pays en physique fondamentale.

Cette année, l'Institut Péricètre a nommé deux professeurs associés qui ont renforcé sa position de chef de file en information quantique et consolidé ses liens avec les expérimentateurs de l'Institut d'informatique quantique.

**Raffi Budakian** est un physicien expérimentateur de la matière condensée. Ses recherches portent sur la mise au point de techniques de détection ultrasensibles de spin pour visualiser des spins uniques et faire des mesures quantiques. En 2005, il a remporté un *World*



*Technology Award* pour ses travaux sur la détection et la manipulation de spins quantiques. M. Budakian est arrivé à Waterloo en provenance de l'Université de l'Illinois à Urbana-Champaign. Il est devenu professeur associé à l'Institut Péricône en juin 2014, dans le cadre d'une nomination conjointe avec l'Institut d'informatique quantique de l'Université de Waterloo. Il est également titulaire de la chaire de nanotechnologie en supraconductivité à l'IQC et à l'Institut de nanotechnologie de Waterloo (WIN).

Les recherches de **James Forrest** 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, M. Forrest est membre élu de la Société américaine de physique et corépondant de la médaille Brockhouse 2013 de l'Association canadienne des physiciens et physiciennes. Il s'est joint à l'Institut Péricône en février 2014 à titre de directeur des programmes d'enseignement et professeur associé, dans le cadre d'une nomination conjointe avec l'Université de Waterloo, où il est professeur depuis 2000.

## CHAIRES DE CHERCHEUR INVITÉ DISTINGUÉ

Le programme de chaires de chercheur invité distingué de l'Institut Péricône amène à l'Institut des scientifiques de premier plan pour des séjours prolongés et fructueux de recherche et de collaboration. Les titulaires de ces chaires sont nommés pour des termes renouvelables de trois ou quatre ans, tout en conservant leur poste dans leur établissement d'origine.

Pendant leurs séjours, les titulaires de chaire de chercheur invité distingué enrichissent le milieu de recherche de l'Institut Péricône en participant à tous les aspects de la vie de l'Institut – recherche et collaboration avec des collègues, organisation de conférences, enseignement dans le cadre du programme PSI, participation aux activités de diffusion des connaissances. Pour les titulaires de chaire de chercheur invité distingué, le temps passé à l'Institut Péricône est très productif, puisqu'ils sont libérés de leurs tâches habituelles d'administration et d'enseignement.



## TITULAIRES DE CHAIRE DE CHERCHEUR INVITÉ DISTINGUÉ

Au cours de l'année écoulée, l'Institut Périclès a nommé 11 nouveaux titulaires de chaire de chercheur invité distingué et renouvelé le mandat de 5 autres. L'Institut compte maintenant 42 titulaires de chaire de chercheur invité distingué, dont des sommités comme Stephen Hawking, Yakir Aharonov, Savas Dimopoulos et Renate Loll.

**Yakir Aharonov**, Université Chapman et Université de Tel Aviv  
**Nima Arkani-Hamed**, Institut d'études avancées de Princeton  
**Abhay Ashtekar\***, Université d'État de Pennsylvanie  
**Leon Balents\***, Université de la Californie à Santa Barbara  
**James Bardeen**, Université de l'État de Washington  
**Ganapathy Baskaran**, Institut de mathématiques de Chennai  
**Patrick Brady\***, Université du Wisconsin à Milwaukee  
**Alessandra Buonanno\***, Université du Maryland à College Park  
**Juan Ignacio Cirac**, Institut Max-Planck d'optique quantique  
**Savas Dimopoulos\***, Université Stanford  
**Lance Dixon\***, Université Stanford  
**Matthew Fisher**, Université de la Californie à Santa Barbara  
**S. James Gates fils**, Université du Maryland à College Park  
**Alexander Goncharov**, Université Yale  
**Gabriela Gonzalez\***, Université d'État de Louisiane  
**Duncan Haldane**, Université de Princeton  
**Stephen Hawking\*\***, Université de Cambridge  
**Patrick Hayden**, Université Stanford  
**Ted Jacobson**, Université du Maryland à College Park  
**Shamit Kachru\***, Université Stanford  
**Leo Kadanoff**, Université de Chicago  
**Adrian Kent**, Université de Cambridge  
**Renate Loll**, Université Radboud de Nimègue  
**Matilde Marcolli\***, Institut de technologie de la Californie  
**Joel Moore\***, Université de la Californie à Berkeley  
**Ramesh Narayan**, Université Harvard  
**Sandu Popescu\*\***, Université de Bristol  
**Frans Pretorius**, Université de Princeton  
**Peter Shor**, Institut de technologie du Massachusetts  
**Dam Thanh Son**, Université de Chicago  
**Paul Steinhardt**, Université de Princeton  
**Andrew Strominger**, Université Harvard  
**Raman Sundrum**, Université du Maryland à College Park  
**Leonard Susskind**, Université Stanford  
**Gerard 't Hooft\*\***, Université d'Utrecht  
**Barbara Terhal\***, Université technique de Rhénanie-Westphalie (RWTH) à Aix-la-Chapelle  
**Senthil Todadri**, Institut de technologie du Massachusetts  
**William Unruh**, Université de la Colombie-Britannique  
**Ashvin Vishwanath**, Université de la Californie à Berkeley  
**Zhenghan Wang**, Station Q de Microsoft Research  
**Steven White**, Université de la Californie à Irvine  
**Mark Wise**, Institut de technologie de la Californie

\* Nomination en 2013-2014

\*\* Dans le cadre du programme *Frontières Templeton*

## POSTDOCTORANTS

Carl Sagan a écrit : « Ce sont presque toujours des jeunes qui font les grandes découvertes. » [traduction]

Les chercheurs en début de carrière abordent souvent les grandes questions sous des angles nouveaux, et c'est précisément ce genre d'audace qui peut donner des percées importantes.

Pour profiter du dynamisme intellectuel de chercheurs en début de carrière, l'Institut Péricône a réuni le groupe le plus nombreux au monde de postdoctorants indépendants en physique théorique. En 2013-2014, l'Institut a embauché 16 nouveaux postdoctorants et en a recruté 21 autres pour 2014-2015, sur un nombre record de 735 candidats.

Mais cela n'est qu'une partie de la recette. À l'Institut Péricône, les postdoctorants bénéficient de la liberté et des occasions de collaboration dont ils ont besoin pour mener des recherches en territoire inconnu. Ce

sont des chercheurs de plein droit à l'Institut, avec toute l'autonomie voulue pour poursuivre leurs propres programmes de recherche. Ils peuvent inviter des collaborateurs, voyager, et aussi organiser des conférences, des ateliers et des exposés scientifiques.

Cette démarche rapporte des dividendes. L'an dernier, malgré un marché universitaire qui demeure très concurrentiel partout dans le monde, sept finissants en postdoctorat à l'Institut ont obtenu des postes de professeur menant à la permanence. Plusieurs autres ont pu poursuivre leurs recherches dans des institutions de calibre international ou ont obtenu des postes convoités dans le secteur privé.



« L'Institut Péricètre est un lieu tout à fait passionnant. C'est un établissement de recherche unique au monde. Il y a ici beaucoup de gens qui font énormément de choses intéressantes. Les possibilités d'interaction sont vraiment stimulantes. Ce qu'il y a de merveilleux pour nous, les postdoctorants, c'est la liberté de mener les recherches que nous voulons. » [traduction]

– Steffen Gielen,  
postdoctorant à l'Institut Péricètre

« À l'Institut Péricètre, les interactions sont uniques. Le milieu est très intéressant et permet des échanges entre chercheurs de différentes disciplines. » [traduction]

– Flavio Mercati,  
boursier postdoctoral dans le cadre du  
programme Frontières Templeton

## OUVRIR DE NOUVELLES VOIES

Mon travail consiste à établir des liens. En tant que mathématicien ayant des connaissances en physique théorique et en informatique, je passe la plus grande partie de mon temps à aider d'autres chercheurs à naviguer en terrain peu familier. Parfois, je les aide à trouver des modèles mathématiques convenant à leurs travaux. À d'autres moments, je les aide à analyser les structures mathématiques qu'ils trouvent sur leur chemin.

Ces collaborations peuvent m'amener en territoire inconnu, mais je n'ai rien contre. J'ai vécu jusqu'à maintenant dans sept villes différentes sur deux continents et j'aime explorer des endroits que je ne connais pas.

C'est une bonne chose, parce que mon travail m'entraîne aussi dans des directions nouvelles. Après avoir passé des années à appliquer les mathématiques à la physique quantique, je travaille maintenant avec des biologistes qui appliquent des méthodes mathématiques plus précises à des domaines tels que la dynamique des populations et les systèmes d'accouplement. Nous comparons la monogamie et la polygamie, ainsi que la manière dont elles sont influencées par des facteurs environnementaux. C'est sûrement très loin de la physique quantique.

Je m'aventure aussi dans la théorie des catégories et l'intégration des connaissances. La théorie des catégories est un langage unificateur de différentes branches des mathématiques, à la recherche de modèles semblables dans des contextes différents. L'intégration des connaissances est le processus par lequel nous donnons un sens à divers ensembles de données. Par exemple, si un touriste demande à cinq personnes comment aller d'une ville à une autre et qu'on lui donne cinq trajets différents, l'intégration des connaissances consiste pour le touriste à réunir cette information en un tout cohérent et à décider du chemin qu'il suivra.

Cet exemple décrit aussi le chemin que j'ai parcouru jusqu'à maintenant. J'aime trouver des liens entre des choses que les mathématiciens ont étudiées et les nouveaux territoires explorés par des scientifiques. J'aime intégrer des connaissances. Où cette recherche va-t-elle mener? C'est encore un mystère. Et c'est bien cela qui me plaît.

– Tobias Fritz

Tobias Fritz est boursier postdoctoral dans le cadre  
du programme Frontières Templeton depuis 2012.

# FORMATION À LA RECHERCHE



## NOMBREUX DÉFIS = PLAISIR

James Forrest est devenu récemment encore plus occupé qu'auparavant. Le nouveau directeur des programmes d'enseignement de l'Institut Périmètre est père de six enfants et élève des poulets dans sa ferme familiale. C'est aussi un chercheur apprécié à l'Université de Waterloo, où il dirige le groupe de la physique des polymères souples.

Tout cela peut sembler beaucoup, mais James Forrest le voit comme un défi irrésistible – ainsi que toute sa vie d'ailleurs. Il a découvert la physique en dernière année du secondaire et a été attiré par le défi que cela représentait, allant jusqu'à faire un doctorat à l'Université de Guelph sur l'hydrogène solide irradié par des protons, parce que « ça semblait chouette à l'époque » [traduction].

M. Forrest a souvent accepté des tâches administratives exigeantes en plus de son travail de recherche et d'enseignement. Il a notamment été doyen adjoint à la recherche à la Faculté des sciences de l'Université de Waterloo (2010-2012) et directeur de l'Institut de physique de Guelph et Waterloo (2005-2010), où il a contribué à la mise sur pied du programme PSI (*Perimeter Scholars International* – Boursiers internationaux de l'Institut Périmètre) dont il est maintenant directement responsable.

À l'Institut Périmètre, il est excité par la possibilité d'avoir une influence au-delà de son domaine immédiat de recherche. « L'Institut Périmètre a une vision unique et a tout ce qu'il faut pour réussir, dit-il. Nous avons une liberté totale. C'est un milieu fantastique où les choses bougent vite et où tous semblent sur la même longueur d'onde. » [traduction]

## LE PROGRAMME PSI

Pour l'Institut Périmètre, de brillants jeunes gens ne représentent pas seulement l'avenir de la physique, mais aussi un élément crucial de toute communauté scientifique dynamique. C'est dans cet esprit que l'Institut a créé le programme de maîtrise PSI (*Perimeter Scholars International* – Boursiers internationaux de l'Institut Périmètre) en 2009 et attire depuis lors des diplômés universitaires exceptionnels en provenance du monde entier.

En une année universitaire, le programme PSI les amène à la fine pointe de la physique théorique. Ce programme innovateur comprend des modules de trois semaines de cours donnés par des professeurs de l'Institut Périmètre et par d'autres conférenciers de haut calibre international, ainsi que le soutien d'assistants à plein temps de niveau postdoctoral et d'assistants d'enseignement diplômés. Les étudiants sont exposés au spectre complet de la physique théorique, tout en acquérant des compétences qui leur seront utiles dans le milieu universitaire comme dans l'industrie – p. ex. la pensée critique, la résolution de problèmes en collaboration et l'élaboration de modèles informatisés. Les finissants reçoivent un diplôme de maîtrise de l'Université de Waterloo et un certificat du programme PSI.

En 2013-2014, le programme PSI a formé 31 étudiants provenant de 17 pays. Onze des finissants de cette année – soit plus du tiers de la promotion – restent au Canada pour faire un doctorat, dont huit sous la direction de professeurs de l'Institut Périmètre. Plusieurs autres poursuivent leurs études dans des institutions de renommée mondiale, dont l'Université de Cambridge, l'Université de Princeton et l'Université Stanford.

*En 2013-2014, le programme PSI a bénéficié du généreux soutien des personnes et organismes suivants : le Fonds de fiducie communautaire Bluma-Appel; la Fondation de bienfaisance Ira-Gluskin-et-Maxine-Granozsky-Gluskin; la Fondation communautaire de Kitchener-Waterloo – Fonds de la famille John A. Pollock; Brad et Kathy Marsland; Margaret et Larry Marsland; la Fondation Scott-Griffin.*



## CORPS PROFESSORAL DU PROGRAMME PSI EN 2013-2014

**James Forrest** (directeur),  
Institut PÉrimètre et Université  
de Waterloo

**Latham Boyle**,  
Institut PÉrimètre

**Anton Burkov**,  
Université de Waterloo

**Freddy Cachazo**,  
Institut PÉrimètre

**Anushya Chandran**,  
Institut PÉrimètre

**Andrew Childs**, Institut  
d'informatique quantique de  
l'Université de Waterloo

**David Cory**, Institut PÉrimètre et  
Institut d'informatique quantique  
de l'Université de Waterloo

**François David**, Institut de  
physique théorique du Centre  
d'études atomiques de Saclay

**Bianca Dittrich**, Institut PÉrimètre

**Joseph Emerson**, Institut  
d'informatique quantique de  
l'Université de Waterloo

**Davide Gaiotto**, Institut PÉrimètre

**Ruth Gregory**, Université de Durham

**Alioscia Hamma**, Université Tsinghua

**Lucien Hardy**, Institut PÉrimètre

**Matthew Johnson**, Institut PÉrimètre et  
Université York

**Paul Langacker**, Institut d'études  
avancées de Princeton

**Roger Melko**, Institut PÉrimètre et  
Université de Waterloo

**David Morrissey**, Laboratoire TRIUMF

**Andrei Starinets**, Université d'Oxford

**Natalia Toro**, Institut PÉrimètre

**Neil Turok**, Institut PÉrimètre

**Guifre Vidal**, Institut PÉrimètre

**Xiao-Gang Wen**, Institut PÉrimètre

**Itay Yavin**, Institut PÉrimètre  
et Université McMaster

## DOCTORANTS

Le programme de doctorat de l'Institut PÉrimètre continue de croître, en grande partie grâce aux diplômés talentueux qui viennent du programme PSI. Il amène des étudiants de premier ordre non seulement à l'Institut, mais aussi dans les universités partenaires qui leur confèrent leur diplôme. À la fin de l'année écoulée, l'Institut PÉrimètre comptait 42 doctorants résidants, dont 25 avaient obtenu leur maîtrise dans le cadre du programme PSI. Six autres doctorants résidant dans des universités partenaires étaient dirigés par des professeurs associés à l'Institut PÉrimètre. Pendant leur séjour à l'Institut, les doctorants ont des occasions inégalées d'échanger avec des chefs de file de la recherche du monde entier et de développer leur carrière dans un milieu favorable de collaboration. Les trois étudiants qui ont reçu leur doctorat d'universités partenaires au cours de l'année ont obtenu par voie de concours des postes de postdoctorant.

## ADJOINTS DIPLÔMÉS INVITÉS

Le programme d'adjoints diplômés invités de l'Institut PÉrimètre permet à des doctorants avancés du monde entier de passer plusieurs mois à l'Institut. Ces jeunes chercheurs bénéficient du milieu dynamique de recherche de l'Institut PÉrimètre et y contribuent tout à la fois. Ils ont l'occasion d'échanger avec des chercheurs de premier plan à un moment charnière de leur formation. En 2013-2014, l'Institut PÉrimètre a accueilli 24 adjoints diplômés invités qui ont fait en tout 26 séjours à l'Institut.

## CHERCHEURS DE PREMIER CYCLE

Dans le cadre de ce programme, des étudiants prometteurs de premier cycle sont exposés à la recherche de haut niveau, grâce à des projets de deux à quatre mois qu'ils réalisent avec des postdoctorants de l'Institut PÉrimètre. Les étudiants choisis ont ainsi un aperçu unique de la vie de physicien, et des postdoctorants acquièrent une précieuse expérience de mentorat. Ce programme permet aussi à l'Institut de faire du recrutement. Emily Adlam, étudiante dans le programme PSI, le doctorant Dalimil Mazac et le postdoctorant Matteo Smerlak sont trois anciens participants de ce programme. Au cours de l'année écoulée, l'Institut PÉrimètre a offert une formation à la recherche à huit étudiants exceptionnels de premier cycle, provenant d'institutions de premier plan.

# RÉUNIONS DE CHERCHEURS



## QUELQUES STATISTIQUES

- En **2013-2014**, l'Institut Péricimètre a ...
- tenu **17** conférences et ateliers ciblés et opportuns, auxquels ont participé plus de **800** scientifiques du monde entier;
- organisé **8** conférences et ateliers tenus à l'Institut et en a parrainé **12** autres;
- présenté **286** exposés scientifiques, accessibles en ligne à [www.perimeterinstitute.ca/fr/video-library](http://www.perimeterinstitute.ca/fr/video-library)

## CONFÉRENCES, ATELIERS ET ÉCOLES D'ÉTÉ

L'histoire de la physique en est surtout une de discussions, de débats et de collaboration – entre de brillants esprits qui abordent des problèmes difficiles sous des angles différents, afin de susciter le progrès scientifique. À titre d'exemple, des percées majeures parmi les premières réalisées en physique quantique remontent au fameux cinquième congrès Solvay, tenu en 1927, où 17 des 29 scientifiques participants – dont Einstein, Bohr, Curie, Heisenberg et Schrödinger – avaient déjà ou allaient obtenir un prix Nobel.

De renommée internationale, le programme de conférences de l'Institut Péricimètre se veut un prolongement de cette tradition. L'Institut ne choisit que des sujets qui ont un fort potentiel de résultats stimulants et importants, souvent à des points de rencontre – p. ex. entre diverses disciplines ou entre la théorie et l'expérimentation – où les progrès sont les plus probables. Grâce à sa souplesse, l'Institut Péricimètre peut repérer et exploiter rapidement de nouveaux domaines prometteurs. L'Institut est souvent le premier au monde à organiser une conférence dans un domaine émergent ou sur une nouvelle découverte (voir *Gravitation et collaboration* ci-contre).

En 2013-2014, l'Institut a tenu 17 conférences et ateliers, auxquels ont participé 844 scientifiques du monde entier. En continuant de choisir de manière opportune des sujets ciblés susceptibles de donner lieu à des interactions inattendues, l'Institut pourra encore accélérer le progrès scientifique et agir comme une importante plaque tournante de la recherche de pointe.





## SÉMINAIRES ET COLLOQUES

L'Institut Périmètre favorise la collaboration et les échanges de connaissances par le truchement de ses rencontres scientifiques; au cours de la dernière année, l'Institut a organisé 247 séminaires et 39 colloques. Des exposés ont été présentés par certains des plus grands scientifiques de la planète, dont : Gilles Brassard, cofondateur de la cryptographie quantique; Robbert Dijkgraaf, directeur de l'Institut d'études avancées de Princeton; S. James Gates fils, titulaire d'une chaire de chercheur invité distingué de l'Institut Périmètre et membre du conseil consultatif du président Barak Obama en matière de science et de technologie.

## ARCHIVES VIDÉO EN LIGNE

La vidéothèque de l'Institut Périmètre, que l'on peut consulter et citer sans frais, contient plus de 10 000 séminaires, conférences, ateliers et cours scientifiques, et a attiré l'an dernier plus de 75 000 visiteurs distincts de plus de 170 pays. Les exposés sont accessibles dans PIRSA, le système d'archivage en ligne de l'Institut, à l'adresse [www.pirsa.org](http://www.pirsa.org), ou directement dans le site Web de l'Institut Périmètre, qui constitue depuis l'an dernier un nouveau moyen d'accès à ce contenu. La vidéothèque de l'Institut continue d'être une ressource importante dans la communauté scientifique mondiale.

## GRAVITATION ET COLLABORATION

En mars dernier, l'équipe de l'expérience BICEP2 (*Background Imaging of Cosmic Extragalactic Polarization* – Représentation de la polarisation du rayonnement fossile extragalactique), télescope installé en Antarctique, annonçait avoir détecté ce qui semblait être le « mode B » primitif de polarisation de la lumière la plus ancienne de l'univers, le rayonnement fossile (ou fonds diffus cosmologique).

Cette annonce a beaucoup attiré l'attention parce qu'elle semblait appuyer fortement la théorie de l'inflation cosmique – selon laquelle l'univers a connu une période d'expansion accélérée dans le premier milliardième de milliardième de milliardième de milliardième de seconde après le Big Bang. Une expansion aussi explosive aurait produit des ondes gravitationnelles dans le vide, entraînant pendant longtemps une résonance de l'espace-temps lui-même – effet qui pourrait être détectable sous forme de faibles ondes gravitationnelles.

Seulement trois semaines après l'annonce de l'équipe de BICEP2, l'Institut Périmètre a accueilli la première conférence internationale sur le sujet, intitulée *Implications of BICEP2* (Implications de l'expérience BICEP2). Cette conférence a réuni 80 des plus grands cosmologistes au monde, dont Nima Arkani-Hamed, James Bardeen et Eva Silverstein, titulaires de chaire de chercheur invité distingué de l'Institut Périmètre.

La conférence a notamment abordé le fait de savoir si les résultats de l'expérience BICEP2 venaient vraiment d'ondes gravitationnelles ou si d'autres facteurs auraient pu être à l'origine de ces données. Une explication possible – confirmée plus tard par d'autres recherches – a été évoquée : la contamination par la poussière cosmique pouvait avoir été prise pour les ondulations constituant la signature de l'inflation cosmique.

Les résultats de cette conférence et d'expériences subséquentes signifient qu'un pari de longue date entre Neil Turok, directeur de l'Institut Périmètre, et Stephen Hawking – à propos de la détection d'ondes gravitationnelles dans le rayonnement fossile – reste toujours ouvert. Même si Stephen Hawking s'était d'abord déclaré vainqueur, le gagnant du pari (d'une valeur d'environ 200 \$) dépendra des données acquises dans le cadre de diverses expériences en cours dans le monde.



# COLLABORATIONS

## PROGRAMME DE CHERCHEURS INVITÉS

La recherche scientifique exige la collaboration, et celle-ci ne doit pas se limiter aux personnes qui travaillent déjà à l'Institut Péricètre. Pendant toute l'année, l'Institut accueille des scientifiques de haut calibre du monde entier, et leur procure le temps et l'espace voulus pour assister à des conférences et à des exposés, échanger des idées et mettre sur pied de nouveaux projets avec des collègues.

En 2013-2014, l'Institut Péricètre a accueilli 424 chercheurs invités qui ont effectué au total 465 séjours scientifiques. Parmi ces chercheurs invités, il y a eu 374 visiteurs à court terme, 30 titulaires de chaire de chercheur invité distingué et 8 adjoints invités. De plus 12 chercheurs invités ont fait de longs séjours à l'Institut Péricètre pendant des congés (p. ex. sabbatiques) accordés par leur établissement d'origine. Ces visites permettent à de nombreux scientifiques du monde entier de découvrir le milieu unique de l'Institut Péricètre, et certains y reviennent pour de bon. Au cours de la dernière année, de tels séjours ont mené au recrutement de Kevin Costello et de Subir Sachdev, titulaires de chaire de recherche de l'Institut Péricètre, ainsi que de la professeure Asimina Arvanitaki.

## DES LIENS SCIENTIFIQUES À L'ÉCHELLE MONDIALE

L'Institut Péricètre a conclu des partenariats officiels avec les institutions suivantes :

**Centre de cosmologie théorique de l'Université de Cambridge**

**Institut Weizmann des sciences**, Rehovot, Israël

**Centre de physique de l'Université de Porto**, Portugal

**Institut de mathématiques de Chennai**, Inde

**Institut sud-américain de recherche fondamentale du Centre international de physique théorique (ICTP-SAIFR)**,  
São Paulo, Brésil

**École internationale supérieure d'études avancées (SISSA)**,  
Trieste, Italie

**Instituts internationaux Solvay, Bruxelles**, Belgique

## MEMBRES AFFILIÉS

Le programme de membres affiliés de l'Institut Péricètre constitue un moyen crucial de tisser des liens au sein de la communauté des chercheurs en physique fondamentale d'un bout à l'autre du Canada, en amenant des chercheurs à faire régulièrement des séjours informels à l'Institut. Les membres affiliés ont accès à une communauté active de chercheurs couvrant tout le spectre de la physique, et l'Institut Péricètre consolide ses liens avec plus de 25 centres de recherche canadiens de premier plan. En 2013-2014, l'Institut Péricètre a nommé 4 nouveaux membres affiliés et a renouvelé le mandat de 16 autres jusqu'en 2016, pour un nombre total de 120. (Voir à la page 70 la liste des membres affiliés.)

## COLLABORATIONS ET PARTENARIATS

La collaboration qui permet de rassembler des idées est bien ancrée dans le monde scientifique. Les partenariats de l'Institut Péricètre avec d'autres instituts au Canada et à l'étranger renforcent son rôle de plaque tournante de la recherche à l'échelle mondiale. Les partenaires de l'Institut comprennent de vénérables institutions comme l'Université de Cambridge et l'Institut Weizmann des sciences, ainsi que des centres émergents comme le Centre international de physique théorique de São Paulo, au Brésil. Plus près de chez nous, l'École d'été tripartite sur les particules élémentaires (TRISEP), qui réunit pendant deux semaines des étudiants diplômés et des postdoctorants en physique des particules, résulte d'un partenariat entre l'Institut Péricètre, le Laboratoire TRIUMF (centre national canadien de recherche en physique corpusculaire et nucléaire) et le Laboratoire SNOLAB. Les partenaires accueillent à tour de rôle cette école d'été, et l'édition de 2015 aura lieu à l'Institut Péricètre.

## BOURSE POSTDOCTORALE AFRICAINE DES INSTITUTS FIELDS ET PÉRICÈTRE

L'Institut Péricètre a conclu un partenariat avec l'Institut Fields de recherche mathématique de l'Université de Toronto pour financer quatre bourses postdoctorales conjointes d'une durée d'un an, destinées à des Africains qui ont récemment obtenu leur doctorat. En 2013-2014, l'Institut Péricètre a accueilli Dine Ousmane Samary, du Bénin, chercheur en gravitation quantique, comme titulaire de la première de ces bourses. Le deuxième boursier, Cyril Batkam, du Cameroun, arrivera à l'automne 2014.

## LE PARTENARIAT WGSJ (WATERLOO GLOBAL SCIENCE INITIATIVE)

Ce partenariat sans but lucratif, financé de manière indépendante, mis sur pied par l'Institut Périmètre et l'Université de Waterloo, favorise le dialogue sur des problèmes complexes d'envergure mondiale et cherche à faire progresser les idées, les possibilités et les stratégies favorisant un avenir sûr et durable. Un élément clé de son action réside dans les sommets Equinox, les plans Equinox qui en résultent et d'autres activités connexes. En 2013-2014, l'équipe du partenariat WGSJ a organisé la conférence *Equinox Summit: Learning 2030* (Sommet Equinox : Formation 2030), où des délégués de six continents ont discuté de l'évolution des besoins et des possibilités de l'enseignement secondaire.

Au Sommet mondial sur l'alphabétisme tenu à Oxford en avril 2014, l'équipe du partenariat WGSJ a fait paraître le document *Equinox Blueprint: Learning 2030* (Plan Equinox : Formation 2030), qui résume les conclusions et recommandations du sommet Equinox. Un site Web interactif ([learning2030.org](http://learning2030.org)) a en outre été mis sur pied pour permettre aux gens des milieux de l'éducation dans le monde entier d'échanger sur leurs expériences, leurs difficultés et leurs succès en matière de réforme de l'éducation.

## RAYONNEMENT INTERNATIONAL

Avec son programme de rayonnement international, l'Institut Périmètre offre quelque chose de bien plus puissant que du financement : ses compétences pour soutenir des centres d'excellence scientifique dans le monde. Ce programme met actuellement l'accent sur l'initiative *Next Einstein* (le prochain Einstein) de l'Institut africain des sciences mathématiques (AIMS-NEI). Il s'agit d'un projet panafricain lancé en 2003 par Neil Turok, directeur de l'Institut Périmètre, pour mettre sur pied un réseau de centres dispensant une formation mathématique et scientifique avancée à des diplômés africains exceptionnels.

En 2013-2014, l'Institut Périmètre a continué de mettre à profit les compétences de ses chercheurs et de son personnel administratif pour soutenir le réseau florissant de l'AIMS-NEI. Il a contribué à planifier l'ouverture de l'AIMS-Cameroun (qui a eu lieu en février 2014) et de l'AIMS-Tanzanie (prévue pour octobre 2014). Plusieurs chercheurs de l'Institut Périmètre ont enseigné dans des centres de l'AIMS, et l'Institut Périmètre a coparrainé une célébration du 10<sup>e</sup> anniversaire de l'AIMS, organisée à Ottawa pour sensibiliser des membres de l'administration canadienne et d'autres bailleurs de fonds potentiels.

## UNE QUANTUM VALLEY CANADIENNE

Les progrès s'accélèrent dans le domaine de l'information quantique, alors que des théoriciens et des expérimentateurs unissent leurs efforts pour mieux comprendre une technologie qui promet de transformer la société. Les appareils quantiques que l'on voit poindre à l'horizon feront bientôt partie intégrante de nos vies, tout comme l'aviation civile à grande échelle, autrefois inimaginable, est devenue indispensable en moins d'un siècle. Et les percées qui alimentent cette révolution à venir ont lieu au Canada, avec pour centre la *Quantum Valley* de la région de Waterloo.

Les chercheurs de l'Institut Périmètre catalysent l'innovation dans ce nouveau domaine en étudiant les immenses possibilités technologiques de l'informatique quantique. Ils collaborent étroitement avec des partenaires expérimentaux de deux instituts voisins, l'Institut d'informatique quantique (IQC) et l'Institut de nanotechnologie de Waterloo (WIN), pour construire et tester des prototypes. Les progrès sont rapides, et une communauté quantique dynamique voit le jour, alimentée en partie par Quantum Valley Investments (QVI), entreprise de capital de risque audacieuse dirigée par Mike Lazaridis, fondateur de l'Institut Périmètre.

Tous ces éléments constituent un écosystème conçu pour la découverte, la mise au point et la commercialisation d'avancées technologiques, ainsi que la création d'une industrie quantique au Canada.

Au cours de la seule dernière année, la recherche effectuée à l'Institut Périmètre a donné lieu à d'importantes découvertes. Le professeur associé Roger Melko, l'étudiante diplômée Lauren Hayward, et Subir Sachdev, titulaire de la chaire James-Clerk-Maxwell de physique théorique de l'Institut Périmètre (à titre de chercheur invité), ont expliqué une transition de phase cruciale vers la supraconductivité – étape vitale de la supraconductivité, qui a de nombreuses applications technologiques. Le professeur Daniel Gottesman a franchi de nouvelles étapes dans sa recherche sur la correction d'erreurs quantiques – principale difficulté à surmonter sur la voie du calcul quantique. Et en juillet 2014, un atelier international sur la correction d'erreurs quantiques a réuni des théoriciens de premier plan, afin d'étudier les techniques nécessaires pour sauvegarder et vérifier l'information malgré les erreurs inhérentes au calcul quantique.

Au cœur de la *Quantum Valley*, l'Institut Périmètre suscite la recherche, les découvertes et l'innovation qui façonneront notre nouvelle réalité.

# DIFFUSION DES CONNAISSANCES ET PRÉSENCE AUPRÈS DU PUBLIC

« La science devrait participer à l'atteinte des objectifs de la société et à la création du genre de monde que nous souhaiterions habiter... Il n'y a selon moi pas de meilleure raison d'unir nos efforts pour faire du XXI<sup>e</sup> siècle celui des premières Lumières mondiales. »

– Neil Turok,  
L'univers vu de l'intérieur : du quantum au cosmos

La physique théorique vise à répondre à certaines questions universelles de l'humanité : De quoi l'univers est-il fait? Quelles forces le maintiennent? Comment a-t-il commencé, et comment évolue-t-il? Les découvertes réalisées en cherchant des réponses à ces questions sous-tendent des technologies qui ont changé le monde, et cela va inévitablement se répéter.

Au bout du compte, la science appartient à tous. C'est pourquoi la diffusion des connaissances et la présence auprès du public font partie intégrante de la mission de l'Institut Péricimètre. En faisant connaître la puissance de la physique théorique et en la reliant à notre expérience commune, l'Institut Péricimètre veut susciter l'intérêt, inspirer la prochaine génération de scientifiques et faire connaître au public le pouvoir transformateur de la science.

Les produits de diffusion des connaissances de l'Institut Péricimètre, qui ont été récompensés par des prix, ont servi à ce jour à plus de quatre millions d'élèves – dont environ un million au cours de la seule dernière année, grâce à une amélioration de ses programmes et de leur diffusion. Les nombreuses autres initiatives de diffusion des connaissances de l'Institut – conférences publiques, festivals, réseaux éducatifs, présence dans les médias – instillent une passion et une compréhension de la physique chez plus de gens que jamais.

En repoussant les limites de la connaissance, nous commençons à entrevoir l'avenir.

---

## L'ÉCOLE INTERNATIONALE D'ÉTÉ POUR JEUNES PHYSICIENS ET PHYSIENNES (ISSYP)

Chaque année, l'ISSYP plonge 40 élèves exceptionnels du secondaire dans le monde de la physique théorique pendant deux semaines intenses à l'Institut Péricimètre. Cette année, les membres de la 12<sup>e</sup> promotion de l'ISSYP – autant de filles que de garçons, autant de Canadiens que d'étrangers – ont assisté à des exposés de scientifiques de premier plan, visité des laboratoires de recherche et noué des amitiés pour la vie. Plus de 500 élèves provenant de plus de 45 pays ont participé à l'ISSYP depuis sa création, et plus de 70 % d'entre eux ont dit que ce programme les a amenés à poursuivre une carrière en mathématiques ou en sciences.

L'édition 2013-2014 de l'ISSYP a été rendue possible grâce au généreux soutien de la Fondation RBC. La Fondation Beatrice-Snyder a également appuyé cette édition de l'ISSYP.

« L'ISSYP m'a montré que peu importe la grandeur de l'univers et la fragilité de notre personne, il n'y a rien de plus profond et de plus révélateur que de partir à la recherche de la vérité. »  
[traduction]

– Yeorgia Kafkoulis, États-Unis



Participants à l'ISSYP 2014

*« Non seulement j'ai rencontré des jeunes qui me ressemblent, mais j'admire la qualité des ressources et le niveau des experts. Aucun détail n'est oublié, jusqu'à un niveau quantique. Je sors de l'ISSYP inspiré, riche de connaissances et de nourriture intellectuelle, les bras chargés de documents extraordinaires. » [traduction]*

– Louis Cheng,  
École Connect Charter, Calgary (Alberta)

*« Cela a complètement transformé la manière dont j'enseigne la physique; c'était inspirant et motivant. J'ai l'impression que l'atelier EinsteinPlus de l'Institut Péricimètre est un véritable investissement dans ma carrière d'enseignante. Je continue de partager l'expérience que j'ai vécue, dans l'espoir d'inspirer et de motiver mes collègues, tout en continuant de stimuler mes élèves en physique. » [traduction]*

– Olga Michalopoulos,  
École secondaire du district de Georgetown, Halton Hills (Ontario)

## RÉSEAU DES ENSEIGNANTS ET ATELIERS SUR PLACE

Constitué de plus de 50 enseignants de toutes les régions de l'Ontario et du reste du Canada, le réseau des enseignants de l'Institut Péricimètre procure aux enseignants des ressources pédagogiques et de nouvelles techniques pour initier les élèves à la science moderne. Formés par le personnel de diffusion des connaissances de l'Institut Péricimètre, les membres du réseau des enseignants transmettent cette formation dans leur région, à l'aide de trousseaux pédagogiques de l'Institut Péricimètre. Au cours de l'année écoulée, les membres du réseau des enseignants ont animé 90 ateliers suivis par plus de 2 000 enseignants partout au Canada. Au bout du compte, plus de 150 000 élèves ont ainsi bénéficié d'une formation de qualité en STGM (sciences, technologie, génie et mathématiques).

Le personnel de diffusion des connaissances a en outre donné 18 ateliers dans le cadre de conférences au Canada et à l'étranger, touchant plus de 1 000 enseignants. Au cours de la dernière année en particulier, l'équipe de diffusion des connaissances de l'Institut Péricimètre a ciblé les enseignants de 9<sup>e</sup> et de 10<sup>e</sup> année, en augmentant ses ressources pour le bénéfice des élèves plus jeunes.



## RESSOURCES PÉDAGOGIQUES

L'Institut Périmètre cherche à inspirer la prochaine génération de chercheurs, avec des ressources pédagogiques qui visent à initier les élèves du secondaire à la physique. En 2013-2014, l'équipe de diffusion des connaissances de l'Institut Périmètre a créé le module *Inspirations* intitulé *L'univers en expansion*, qui présente aux élèves le Big Bang, les spectres d'émission, le rayonnement fossile et bien d'autres sujets. L'ensemble des trousse pédagogiques de l'Institut a déjà servi à quatre millions d'élèves partout au Canada. La portée du programme a été étendue aux élèves du Royaume-Uni, grâce à un nouveau partenariat avec l'Institut de physique de ce pays. Les trousse de l'Institut Périmètre favorisent une démarche concrète d'exploration et visent à susciter chez les élèves la passion pour les STGM (sciences, technologie, génie et mathématiques).

L'Institut Périmètre a aussi animé 18 présentations *Physica Phantastica* – montrant les liens entre la science fondamentale et les technologies de pointe qu'elle rend possible – pour plus de 5 500 élèves de toutes les régions du Canada.

*La production du nouveau module Inspirations a bénéficié du soutien financier de la Fondation Cowan.*

## BRAINSTEM: YOUR FUTURE IS NOW (VOTRE AVENIR EST DÉJÀ LÀ)

L'initiative *BrainSTEM* – mise sur pied pour promouvoir les compétences en STGM et l'esprit d'entreprise chez les jeunes au XXI<sup>e</sup> siècle – a suscité la participation de millions de personnes à l'automne 2013. Plus de 400 000 élèves en classe, 25 000 parents et enfants, 5 000 enseignants, et 1,5 million de spectateurs à la télévision et en ligne ont participé aux activités ou utilisé les produits de cette initiative. Mentionnons entre autres *Destination carrière : les compétences pour réussir* (une nouvelle trousse pédagogique), des ateliers de formation ainsi que le festival *BrainSTEM: Your Future is Now (Votre avenir est déjà là)*, activité de science et de découverte centrée sur les nouvelles technologies et l'esprit d'entreprise qui nous procureront innovation et prospérité au XXI<sup>e</sup> siècle.

*Le festival BrainSTEM: Your Future is Now (Votre avenir est déjà là) a été organisé avec l'appui de l'Agence fédérale de développement économique pour le Sud de l'Ontario (FedDev Ontario) et de TVO. Le festival a également bénéficié du soutien de la Financière Sun Life, de Linamar, du programme de partenariats communautaires du journal Waterloo Region Record, ainsi que de Toyota Motor Manufacturing Canada inc.*



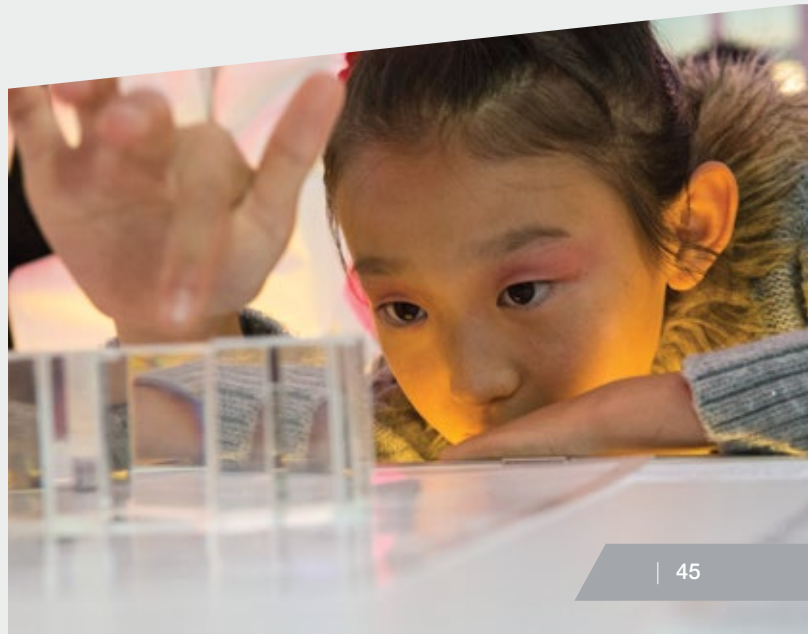
## CONFÉRENCES PUBLIQUES

La fascination exercée par la science se manifeste chaque fois que l'Institut Péricètre annonce une conférence publique, présentation de la Financière Sun Life : les billets gratuits s'envolent en quelques minutes. Au cours de la dernière année, l'Institut Péricètre a organisé 10 conférences publiques sur des sujets tels que la mécanique quantique, les trous noirs, la matière sombre, l'exploration spatiale, etc. La conférence donnée en juin 2014 par S. James Gates fils a été webdiffusée en direct. Il s'agissait d'un projet pilote de diffusion en continu, qui a depuis lors été adoptée pour toutes les conférences subséquentes, ce qui permet d'atteindre un auditoire plus nombreux que jamais. D'autres conférences de la série ont été données par Avery Broderick, astrophysicien théoricien, et par Edward Moses, expert de la physique des lasers. Il y a eu aussi une table ronde sur l'avenir de la physique, présentée par le magazine *Maclean's* et animée par la journaliste Kate Lunau, avec la participation de scientifiques émergents.

*Les conférences publiques de 2013-2014 ont été commanditées par la Financière Sun Life. L'Institut Péricètre remercie la Financière Sun Life d'avoir renouvelé son appui pour la saison 2014-2015.*


## PARTICIPATION DES AUTOCHTONES

En 2013-2014, l'Institut Péricètre a poursuivi son partenariat avec Actua, le principal organisme canadien de diffusion des connaissances en STGM auprès des jeunes, et en particulier des Autochtones. Le personnel de diffusion des connaissances de l'Institut Péricètre a formé à l'utilisation des ressources de l'Institut des membres d'Actua de partout au pays, qui ont à leur tour transmis ce contenu à des élèves autochtones pendant les mois d'été.



# SLICE OF PI (TRANCHE D'IP)

## DES ENSEIGNANTS QUI ONT INSPIRÉ DE GRANDS SCIENTIFIQUES



À l'âge de 14 ans, Stephen Hawking a été amené par son professeur Dikran Tahta à faire « des mathématiques, encore plus de mathématiques, et de la physique ». En 2007, la notice nécrologique de Dikran Tahta publiée dans *The Guardian* disait qu'il « communiquait l'amour et une grande énergie intellectuelle à tous les gens de son entourage » [traduction].



« Lorsque j'étais élève à l'école secondaire Jones, mon professeur de physique a écrit une équation au tableau puis effectué une expérience très simple – faire rouler une bille sur un plan incliné. Il a montré que ce qui se déroulait devant mes yeux était décrit par l'équation mathématique qu'il avait écrite. C'est ce que j'ai vu de plus magique à ce jour. » [traduction]

– Sylvester James Gates fils, titulaire d'une chaire de chercheur invité distingué de l'Institut Périmètre



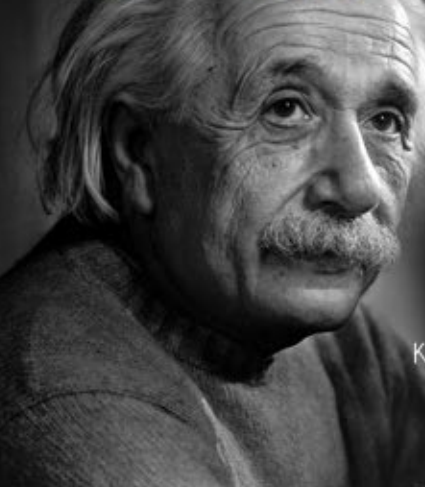
« Cher M. Bader, Vous saviez à coup sûr comment amener l'esprit d'un jeune garçon au sommet de la réussite... et vous saviez comment vous y prendre avec (pardonnez mon immodestie) un élève exceptionnel. »

– Traduit d'une lettre de Richard à Abram Bader, son professeur de physique au secondaire.




« Margaret Carnie, mon institutrice en Tanzanie, avait consacré sa vie à l'enseignement. Le secret de sa méthode consistait à ne pas instruire ses élèves, mais à les orienter gentiment dans des directions intéressantes. Mais surtout, elle croyait en moi. » [traduction]

– Neil Turok, directeur de l'Institut Périmètre




« Personne n'a cherché à savoir qui avait été mon professeur, qui m'avait montré la voie vers les mathématiques, la pensée et les recherches les plus avancées. Je dirais simplement que mon professeur était l'unique Konstantinos Karatheodoris, un Grec à qui nous devons tout. » [traduction]

– Albert Einstein




« Il s'appelait Henry Tillott... et il était sorti une deuxième fois de sa retraite pour nous enseigner. Il nous encourageait. Il me laissait utiliser le laboratoire de physique en dehors des heures habituelles. C'était vraiment un bon professeur et il m'a montré comment la physique était facile en réalité. » [traduction]

– Jocelyn Bell Burnell, découvreuse des pulsars, à propos de son professeur de physique au secondaire



« Stephen (Hawking) m'a beaucoup appris sur l'univers, mais je crois qu'il m'a appris encore davantage sur l'esprit. Il m'a enseigné le courage et l'humilité autant que les trous noirs et la mécanique quantique. J'ai envers lui une dette que je crains ne jamais pouvoir lui rembourser. »

– Raymond Laflamme, directeur de l'Institut d'informatique quantique de l'Université de Waterloo



« Il y avait dans la classe de M. Ledger une atmosphère étonnante que je n'ai retrouvée que bien plus tard à l'université. Il m'a inculqué au niveau le plus fondamental un esprit que je conserve aujourd'hui. » [traduction]

– Nima Arkani-Hamed, physicien théoricien, à propos de Charles Ledger, son enseignant de 8<sup>e</sup> année



## ACTIVITÉS CULTURELLES

Les arts et les sciences ont en commun des symétries naturelles et nous poussent à aller au-delà de ce qui est connu afin d'explorer ce qui est possible. Cela se manifeste non seulement par les activités artistiques de nos chercheurs, mais dans le soutien dont bénéficient les activités culturelles de l'Institut Péricètre. Ces concerts s'ajoutent aux activités de recherche et de diffusion des connaissances de l'Institut, tout en établissant des liens avec la collectivité environnante. Les concerts de l'an dernier, financés par la vente de billets et par des commandites privées, ont mis en vedette Apollo's Fire (l'orchestre baroque de Cleveland), les pianistes Andrew Von Oeyen et Jean-Philippe Collard, ainsi que le violoncelliste Christian Poltera.

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

## PRÉSENCE DANS LES MÉDIAS

L'Institut Péricètre diffuse la passion de la physique théorique par le truchement de grands médias dans le monde. L'Institut est devenu une source recherchée d'idées, de commentaires et de contenu de qualité en matière de physique théorique. Au cours de l'année écoulée, l'Institut a bénéficié d'une large couverture dans des médias canadiens et étrangers, dont des articles, des vidéos et des éditoriaux dans *Maclean's*, *Scientific American*, *WIRED*, *The Globe and Mail*, *Nature*, *New Scientist*, *The Wall Street Journal*, *Physics World*, *BBC News*, *The Guardian*, *National Geographic*, *Buzzfeed*, *Quanta Magazine*, *Forbes*, *Discovery News*, *CBC*, etc.

## DIFFUSION DANS LES MÉDIAS NUMÉRIQUES ET SOCIAUX

L'Institut Péricètre cherche à être la première source d'un contenu en ligne fascinant et exact dans le domaine de la physique. Au cours de l'année 2013-2014, l'Institut a beaucoup intensifié ses efforts de diffusion dans les médias numériques et sociaux. Le compte Facebook et le fil Twitter de l'Institut ont vu à peu près doubler leur nombre d'abonnés, et de nouvelles vidéos créatives sur la science à l'IP ont fait l'objet de centaines de milliers de visionnements. De nouvelles créations numériques comme le mensuel *Slice of PI* (Tranche d'IP) – mêmes, réalisations infographiques et vidéos partageables et amusants – attirent un public en ligne nouveau et nombreux vers le contenu scientifique produit par l'Institut Péricètre.

Un enseignant exceptionnel peut changer le monde. Pour souligner la Journée mondiale des enseignants proclamée par l'UNESCO, un numéro de *Slice of PI* (Tranche d'IP) de l'Institut Péricètre a rapporté les réflexions de certains des plus grands physiciens du monde, passés et présents, sur les enseignants qui les ont inspirés.



## BRAINSTEM: YOUR FUTURE IS NOW (VOTRE AVENIR EST DÉJÀ LÀ)

Un robot qui fait de l'esprit, des appareils électroniques commandés par la pensée, un manteau d'invisibilité : autrefois objets de science-fiction, ces innovations et bien d'autres ont émerveillé les visiteurs du festival BrainSTEM: Your Future is Now (Votre avenir est déjà là) à l'automne 2013.

Plus de 25 000 explorateurs scientifiques de tous âges (dont 2 500 élèves venus en autocar de toutes les régions de l'Ontario) ont visité l'Institut Péricètre pendant ce festival d'une semaine, qui a montré comment la passion pour les STGM (sciences, technologie, génie et mathématique), combinée à l'esprit d'entreprise, permettra aux jeunes d'aujourd'hui de construire un avenir plus prospère.

Pendant le festival, des conférences publiques données à guichets fermés ont mis en valeur les thèmes de la découverte, de l'innovation et de l'imagination. James Grime a fait la démonstration d'une machine Enigma originale de la Deuxième Guerre mondiale et a expliqué comment le Alan Turing, Anglais de génie, a percé un code en apparence indéchiffrable. Raymond Laflamme, membre fondateur de l'Institut Péricètre et directeur général de l'Institut d'informatique quantique, a expliqué comment les scientifiques domptent les forces de la mécanique quantique pour réaliser des technologies à la puissance sans précédent. La journaliste et auteure Lucy Hawking, fille de Stephen Hawking – titulaire d'une chaire de chercheur invité distingué de l'Institut Péricètre –, a recommandé aux jeunes de faire appel à leur imagination afin de construire un avenir meilleur pour l'humanité.

« BrainSTEM avait pour objectif de faire connaître les merveilles qui peuvent se produire lorsque la curiosité et l'exploration se joignent à l'imagination et à l'esprit d'entreprise », a déclaré Greg Dick, directeur de la diffusion des connaissances à l'Institut Péricètre. « À en juger par la participation enthousiaste des élèves et des familles, l'avenir semble prometteur pour les sciences, l'éducation et l'innovation. » [traduction]

*Le festival BrainSTEM: Your Future is Now (Votre avenir est déjà là) a été organisé avec l'appui de l'Agence fédérale de développement économique pour le Sud de l'Ontario (FedDev Ontario) et de TVO. Le festival a également bénéficié du soutien de la Financière Sun Life, de Linamar, du programme de partenariats communautaires du journal Waterloo Region Record, ainsi que de Toyota Motor Manufacturing Canada inc.*

# DÉVELOPPEMENT DE L'INSTITUT PÉRIMÈTRE

« Nous sommes ravis lorsque que nous recevons des lettres ou des courriels d'élèves qui ont participé à l'École internationale d'été pour jeunes physiciens et physiciennes. Ces élèves du secondaire viennent du monde entier pour vivre ensemble leur passion de la physique et s'instruire auprès des meilleurs. Nous sommes fiers de les épauler, d'appuyer leurs rêves et, qui sait, de contribuer à des percées futures dont nous pourrions tous profiter. » [traduction]

– Shari Austin, vice-présidente, Citoyenneté d'entreprise, de RBC, et directrice générale de la Fondation RBC

Les percées scientifiques résultent d'une combinaison d'intelligence, d'imagination et d'inspiration. Ce sont ces mêmes qualités qui motivent les précieux supporteurs de l'Institut Péricètre.

L'Institut Péricètre est une entreprise de collaboration, dans tous les sens du terme. À titre d'institut de recherche à but non lucratif et d'organisme de bienfaisance reconnu, l'Institut Péricètre est financé par une combinaison de subventions gouvernementales et de dons d'individus, d'entreprises et de fondations.

Nous sommes partenaires d'une recherche scientifique de classe mondiale. Nos donateurs, nos amis et nos défenseurs comprennent que les découvertes fondamentales d'aujourd'hui alimenteront les progrès technologiques et médicaux de demain.

Tout don, peu importe son ampleur, contribue à l'excellence scientifique et au progrès de la connaissance humaine.

## CONSEIL D'ORIENTATION DE L'INSTITUT PÉRIMÈTRE

Le conseil d'orientation de l'Institut Péricètre 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. Ce groupe exceptionnel de bénévoles contribue à la croissance stratégique et internationale de l'Institut.

**Mike Lazaridis** (coprésident du conseil d'orientation)

Fondateur et président du conseil d'administration, Institut Péricètre  
Associé directeur et cofondateur, Quantum Valley Investments

**Cosimo Fiorenza** (coprésident du conseil d'orientation)

Vice-président du conseil d'administration, Institut Péricètre  
Vice-président et avocat-conseil, Infinite Potential Group

**Alexandra (Alex) Brown**

Présidente, AprilAge inc.

**David Caputo**

Cofondateur et PDG, Sandvine

**Savvas Chamberlain**

Directeur général et président du conseil, Exel Research inc.

**Jim Cooper**

PDG, Maplesoft

**Catherine (Kiki) Delaney**

Présidente, C.A. Delaney Capital Management Ltd.

**Jon Dellandrea**

PDG, Fondation Sunnybrook

**Arlene Dickinson**

Directrice générale, Venture Communications Ltd.

**Ginny Dybenko**

Directrice générale, campus de Stratford, Université de Waterloo

**H. Garfield Emerson**

Directeur, Emerson Advisory

**Edward S. Goldenberg**

Associé, cabinet d'avocats Bennett Jones

**Tim Jackson**

Chef de la direction, MaRS Centre for Impact Investing

**Tom Jenkins**

Président, OpenText

**Farsad Kiani**

PDG, Ensil Canada Itée

**Carol A. Lee**

Cofondatrice et directrice générale, Linacare Cosmethery inc.

**Michael Lee-Chin**

PDG, Portland Investment Counsel inc.

**Patrice Merrin**

Administratrice, Glencore PLC et Stillwater Mining Company

**Gerry Remers**

Président et directeur de l'exploitation, Christie Digital Systems Canada inc.

**Bruce M. Rothney**

Président et directeur pour le Canada, Barclays Capital Canada inc.

**Maureen J. Sabia**

Présidente du conseil d'administration, Société Canadian Tire Itée

**Kevin Shea**

Président, Société de développement de l'industrie des médias de l'Ontario

**Harry Zarek**

PDG, Compugen

## LE BON ENDROIT ET LE BON MOMENT

Lors d'une activité tenue à Toronto, Robert Krembil a été fasciné d'entendre Neil Turok, directeur de l'Institut Périmètre, parler des merveilles de la physique quantique, et motivé par le discours de Mike Lazaridis, fondateur de l'Institut Périmètre, sur le potentiel transformateur des technologies quantiques.

À l'occasion d'une visite subséquente à l'Institut Périmètre, Robert Krembil et son fils Mark, président de la Fondation Krembil, ont rencontré Stephen Hawking, et cela a galvanisé leur désir de soutenir la recherche en physique théorique.

Ils se sont rendu compte qu'un investissement dans la physique théorique à l'Institut Périmètre constituerait un autre moyen valable d'enrichir le capital intellectuel du Canada et de favoriser des percées scientifiques.

« Qui ne voudrait pas participer à une telle entreprise? » [traduction], dit Robert Krembil.

En 2013, la Fondation Krembil a fait œuvre de visionnaire en investissant 4 millions de dollars (s'ajoutant aux 4 millions de dollars investis par l'Institut Périmètre) pour financer les recherches de deux scientifiques extraordinaires : Davide Gaiotto et Kevin Costello, qui travaillent aux points de rencontre cruciaux des mathématiques et de la physique.

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

« Nous considérons qu'il s'agit d'un investissement dans la recherche et l'enseignement qui profitera à tous les Canadiens, déclare Mark Krembil. Le Canada est le bon endroit, et c'est le bon moment de faire vivre cette remarquable entreprise scientifique. » [traduction]

## CÉLÉBRER UN HÉRITAGE ET CONSTRUIRE L'AVENIR



Emmy Noether fut une pionnière de l'algèbre abstraite et un esprit si brillant qu'Albert Einstein l'a qualifiée de « femme la plus importante de l'histoire des mathématiques ». Son héritage va bien au-delà des liens entre lois de conservation et symétries dans d'autres lois de la nature : elle a aussi tenu, en tant que femme, à participer à la quête de la connaissance.

Aujourd'hui, le programme de bourses de chercheuses invitées Emmy-Noether de l'Institut Périmètre appuie des physiciennes du monde entier qui viennent poursuivre leurs recherches dans le milieu dynamique de l'Institut. C'est là l'une des initiatives de l'Institut Périmètre en faveur des femmes en physique, mission que soutiennent le Conseil Emmy-Noether (voir ci-après) et les donateurs du Cercle Emmy-Noether.

Il s'agit d'un soutien essentiel, selon Catherine Pépin, physicienne française de la matière condensée et l'une des cinq boursières Emmy-Noether pour 2014-2015. Malgré l'exemple donné par Emmy Noether et d'autres pionnières de la science, Mme Pépin affirme : « Il est encore difficile pour les femmes de faire concurrence aux hommes. »

« Il est absolument nécessaire que les femmes qui le méritent obtiennent des prix et des subventions d'excellence, ajoute-t-elle. Ce programme constitue pour les scientifiques européennes une occasion fantastique de collaborer avec la communauté scientifique nord-américaine et de participer à ses travaux. »

Le Conseil Emmy-Noether est formé d'un groupe de bénévoles qui offre une expertise, des dons et d'autres formes de soutien afin d'appuyer le Cercle Emmy-Noether et d'augmenter le nombre de femmes en physique et en mathématiques à l'Institut Périmètre.

**Patrice Merrin** (coprésidente du Conseil Emmy-Noether)  
Administratrice, Glencore PLC et Stillwater Mining Company

**Jennifer Scully-Lerner** (coprésidente du Conseil Emmy-Noether)  
Vice-présidente – Gestion du patrimoine privé, Goldman Sachs

**Nyla Ahmad**  
Vice-présidente – Incubation, Rogers Communications inc.

**Katherine Barr**  
Associée gérante, Mohr Davidow Ventures

**Michelle Osry**  
Associée – Services-conseils auprès des entreprises familiales et Secteur de l'immobilier en C.-B., Deloitte Canada

**Vicki Saunders**  
Fondatrice, SheEO

**Sherry Shannon-Vanstone**  
PDG, Trustpoint Innovation Technologies

**Suzan Snaggs-Wilson**  
Gestionnaire locale des services bancaires, Banque Scotia

# GOUVERNANCE

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

La planification financière, la comptabilité et la stratégie d'investissement relèvent du comité de gestion des investissements 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 de l'Institut Péricône est un scientifique éminent chargé d'établir et de mettre en œuvre l'orientation stratégique globale de l'Institut. Le directeur de l'exploitation est responsable du fonctionnement quotidien de l'établissement et relève du directeur. Il est secondé dans sa tâche par une équipe de cadres administratifs.

Les chercheurs résidents de l'Institut relèvent du directeur et jouent un rôle actif dans la gestion opérationnelle des travaux scientifiques en participant à différents comités chargés des programmes scientifiques. Les présidents des comités relèvent du directeur.

Composé de scientifiques de renommée internationale, le comité consultatif scientifique est un corps d'examen et un organe consultatif indépendant, qui contribue à assurer l'objectivité et un niveau élevé d'excellence dans toutes les activités de l'Institut Péricône.

## MEMBRES DU CONSEIL D'ADMINISTRATION

**Mike Lazaridis**, O.C., O.Ont., est associé directeur et cofondateur de Quantum Valley Investments (QVI), qu'il a mis sur pied avec Doug Fregin à Waterloo. En mars 2013, les deux hommes ont fondé QVI avec 100 millions de dollars, afin de fournir du capital financier et intellectuel pour la mise au point et la commercialisation de percées réalisées en physique quantique et en informatique quantique. L'objectif de QVI est d'aider à transformer des idées et de nouvelles percées en produits, technologies et services commercialement viables. QVI représente l'initiative la plus récente de M. Lazaridis, qui travaille depuis plus de dix ans à la création d'une *Quantum Valley* à Waterloo en réunissant les meilleurs cerveaux du monde en physique, génie, mathématiques, informatique et science des matériaux, afin qu'ils collaborent à des recherches de pointe dans le domaine quantique.

En 1984, M. Lazaridis a fondé BlackBerry (autrefois Research In Motion) avec M. Fregin. Ils ont inventé l'appareil BlackBerry, créé l'industrie des téléphones multifonctions et construit la plus grande entreprise canadienne de technologie mondiale. M. Lazaridis a occupé divers postes au sein de l'entreprise, dont ceux de coprésident et codirecteur général (de 1984 à 2012) ainsi que de vice-président du conseil d'administration et président du comité de l'innovation (en 2012 et 2013).

M. Lazaridis est le fondateur et président du conseil d'administration de l'Institut Péricône, où il contribue à l'obtention d'importantes sommes d'argent des secteurs public et privé pour le financement de l'Institut. Il a également fondé l'Institut d'informatique quantique (IQC) et le Centre Quantum-Nano, tous deux à l'Université de Waterloo. Il a donné plus

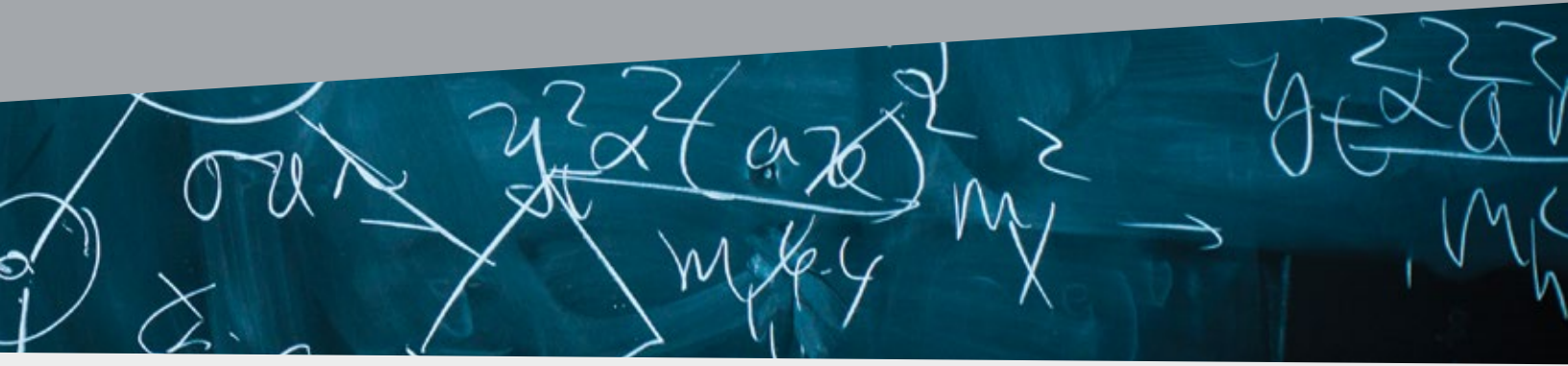
de 170 millions de dollars à l'Institut Péricône et plus de 100 millions de dollars à l'IQC.

Entre autres distinctions, M. Lazaridis a été élu membre de la Société royale du Canada, et a reçu l'Ordre de l'Ontario et l'Ordre du Canada. Il a fait partie de la liste d'honneur de la revue *Maclean's* en 2000, à titre de Canadien distingué, et a fait partie de la liste des 100 personnes les plus influentes du magazine *Time*. Il a été honoré par *The Globe and Mail* à titre de bâtisseur de la nation de l'année en 2010 et choisi comme visionnaire de l'année 2013 par l'Intelligent Community Forum. Il a également reçu le prix principal Ernest-C.-Manning, récompense la plus prestigieuse au Canada dans le domaine de l'innovation.

M. Lazaridis a reçu un doctorat honorifique en génie de l'Université de Waterloo (dont il a été chancelier) ainsi que des doctorats honorifiques en droit de l'Université McMaster, de l'Université de Windsor et de l'Université Laval. En plus de ses nombreuses réalisations professionnelles et personnelles, M. Lazaridis a remporté un Oscar et un prix Emmy pour ses réalisations techniques dans les domaines du cinéma et de la télévision, notamment la mise au point d'un lecteur de codes barres à grande vitesse qui a beaucoup accéléré le montage des films.

M. Lazaridis est né à Istanbul, en Turquie. Il a immigré au Canada en 1966 avec sa famille, qui s'est établie à Windsor, en Ontario.

**Cosimo Fiorenza**, vice-président, est vice-président et avocat-conseil chez Infinite Potential Group. Auparavant, il a passé environ 20 ans dans de grands cabinets d'avocats de Toronto, où il se spécialisait dans l'impôt des sociétés. Pendant son mandat à Bay Street, il a conseillé certaines des plus grandes sociétés et des principaux entrepreneurs du



Canada au sujet de l'impôt sur le revenu et de questions commerciales, en particulier en matière de technologie et de structure internationale. M. Fiorenza a contribué à la mise sur pied de l'Institut Périmètre, dont il est l'un des administrateurs fondateurs. En plus d'être vice-président du conseil d'administration, il est coprésident du conseil d'orientation et membre du comité des finances de l'Institut. Dans ces divers rôles, il conseille et soutient régulièrement l'équipe de direction sur différentes questions, notamment les finances, l'aspect juridique et le développement de l'Institut. Il est également membre du conseil d'administration de l'Institut d'informatique quantique de l'Université de Waterloo. Cosimo Fiorenza a obtenu un diplôme en administration des affaires à l'Université Lakehead et un diplôme en droit à l'Université d'Ottawa. Il est membre du Barreau de l'Ontario depuis 1991.

**Joanne Cuthbertson**, LL.D., a été la première présidente élue d'EducationMatters (la seule fiducie pour l'avancement de l'éducation de Calgary), fondatrice de SPEAK (*Support Public Education – Act for Kids* – Soutenir l'enseignement public, agir pour les enfants) et récipiendaire du Prix de Calgary pour l'éducation. Elle est chancelière émérite de l'Université de Calgary, coprésidente de l'Académie des universitaires, qu'elle a mise sur pied au moment où elle a pris sa retraite, et présidente du Cercle du doyen de la Faculté de design environnemental. Mme Cuthbertson est membre du Musée Glenbow, administratrice de l'Institut de la santé osseuse et articulaire de l'Alberta, ainsi que récipiendaire de la Médaille du jubilé de diamant de la reine Elizabeth II.

**Peter Godsoe**, O.C., O.Ont., a été président du conseil d'administration et chef de la direction de la Banque Scotia, dont il a pris sa retraite en mars 2004. Il a obtenu un B.Sc. en mathématiques et physique à l'Université de Toronto et un MBA à l'École de gestion de l'Université Harvard. Il est comptable agréé et membre de l'Institut des comptables agréés de l'Ontario. M. Godsoe demeure actif comme membre du conseil d'administration de nombreuses entreprises et organisations à but non lucratif.

**Kevin Lynch**, P.C., O.C., est un ancien haut fonctionnaire qui a été pendant 33 ans au service du gouvernement du Canada. Jusqu'à récemment, il était greffier du Conseil privé, secrétaire du Cabinet et chef de la fonction publique du Canada. Auparavant, il avait été entre autres sous-ministre des Finances, sous-ministre de l'Industrie, ainsi que directeur du Fonds monétaire international pour le Canada, l'Irlande et les Antilles. Il est actuellement vice-président du Groupe financier BMO.

**Art McDonald**, O.C., est depuis plus de 20 ans directeur de l'Observatoire de neutrinos de Sudbury. Il est également titulaire de la chaire Gordon-et-Patricia-Gray d'astrophysique des particules à l'Université Queen's et travaille aux nouvelles expériences SNO+ et DEAP du laboratoire international SNOLAB, dont l'objectif est de mesurer avec précision la masse du neutrino et d'observer directement des particules de la matière sombre qui constitue une grande partie de l'univers. Les recherches de M. McDonald lui ont valu de nombreuses distinctions, dont la médaille Henry-Marshall-Tory 2011 de la Société royale du Canada, de même que la médaille Benjamin-Franklin de physique 2007, avec le chercheur Yoji Totsuka. Il a en outre été fait officier de l'Ordre du Canada en 2007.

**John Reid** est le chef de l'audit chez KPMG dans la région du Grand Toronto. Au cours de ses 35 ans de carrière, il a assisté des organismes des secteurs privé et public dans les diverses étapes de la planification stratégique, de l'acquisition d'entreprises, du développement, ainsi que de la gestion de la croissance. Son expérience s'étend dans tous les domaines des affaires et tous les secteurs industriels, principalement les fusions et acquisitions, la technologie et les soins de santé. M. Reid a été membre du conseil d'administration de nombreux hôpitaux canadiens ainsi que de nombreux collèges et universités.

**Michael Serbinis** est le fondateur et PDG de LEAGUE, une nouvelle entreprise dans le domaine de la santé numérique, qui connaîtra son lancement en 2015. C'est un meneur connu comme entrepreneur visionnaire qui a construit plusieurs outils technologiques transformateurs dans différents secteurs. M. Serbinis a été le fondateur et PDG de Kobo, fabricant de liseuses électroniques qui a fait une entrée remarquée sur le marché en 2009, avec 110 millions de dollars de ventes à sa 1ère année d'existence. Kobo est devenu le seul concurrent à l'échelle mondiale du Kindle d'Amazon, avec 20 millions de clients dans 190 pays. En plus d'être le fondateur de Three Angels Capital, Michael Serbinis fait actuellement partie du conseil d'administration du Centre des sciences de l'Ontario et est membre de YPO (*Young Presidents' Organization*). Il a obtenu un B.Sc. en génie physique à l'Université Queen's et une maîtrise en génie industriel à l'Université de Toronto.

## MEMBRES DU COMITÉ CONSULTATIF SCIENTIFIQUE

Le comité consultatif scientifique de l'Institut Périclète apporte un soutien important à l'atteinte des objectifs stratégiques de l'Institut en matière de recherche, en particulier pour ce qui est du recrutement.

**Renate Loll**, Université Radboud (membre depuis 2010), présidente du comité

Mme Loll est professeure de physique théorique à l'Institut de mathématiques, d'astrophysique et de physique des particules de l'Université Radboud de Nijmegen, aux Pays-Bas. Ses recherches portent principalement sur la gravitation quantique et sur la conception d'une théorie cohérente capable de décrire les constituants microscopiques de la géométrie de l'espace-temps et les lois de la dynamique quantique régissant leurs interactions. Elle a apporté des contributions majeures à la théorie de la gravitation quantique à boucles et proposé, avec ses collaborateurs, une nouvelle théorie de la gravitation quantique par l'approche des « triangulations dynamiques causales ». Mme Loll dirige l'un des plus grands groupes de recherche au monde sur la gravitation quantique non perturbative, et elle a reçu la prestigieuse subvention individuelle VICI de l'Organisation néerlandaise pour la recherche scientifique.

**Ganapathy Baskaran**, Institut de mathématiques de Chennai (membre depuis 2013)

M. Baskaran est professeur émérite à l'Institut de mathématiques de Chennai, en Inde, où il a récemment fondé le Centre de sciences quantiques. Il a apporté d'importantes contributions dans le domaine de la matière quantique fortement corrélée. Il s'intéresse principalement aux nouveaux phénomènes quantiques émergents dans la matière, y compris des phénomènes biologiques. Il est bien connu pour sa contribution à la théorie de la supraconductivité à haute température et pour la découverte de champs de jauge émergents dans des systèmes d'électrons fortement corrélés. Il a prédit la supraconductivité d'onde P dans Sr<sub>2</sub>RuO<sub>4</sub>, un système que l'on croit compatible avec la présence de fermions de Majorana, qubits populaires en informatique quantique topologique. Il a récemment prédit la supraconductivité à la température ambiante du graphène dopé de manière optimale. De 1976 à 2006, M. Baskaran a apporté une contribution substantielle au Centre international Abdus-Salam de physique théorique (ICTP), situé à Trieste, en Italie. Il a reçu le prix S.S.-Bhatnagar du Conseil indien de la recherche scientifique et industrielle (1990) et le prix Alfred-Kasler de l'ICTP (1983). Il a été élu membre de l'Académie des sciences de l'Inde (1988), de l'Académie scientifique nationale de l'Inde (1991) et de l'Académie des sciences du Tiers-Monde (2008). Il a également été nommé « Ancien distingué » de l'Institut indien des sciences à Bangalore (2008).

**Mark Wise**, Institut de technologie de la Californie (membre depuis 2013)

M. Wise a le titre de professeur de physique des hautes énergies John-A.-McCone à l'Institut de technologie de la Californie. Il a mené des recherches en physique des particules élémentaires et en cosmologie. M. Wise est colauréat du prix J.J. Sakurai de physique théorique des particules 2001 pour l'élaboration de la théorie effective des quarks lourds (HQET), formalisme mathématique qui permet aux physiciens de faire des prédictions au sujet de problèmes autrement insolubles dans la théorie des interactions fortes entre quarks. Il a également publié des travaux sur les modèles mathématiques d'évaluation des risques financiers. Mark Wise a reçu une bourse de recherche Sloan. Il est actuellement membre élu de la Société américaine de physique, de l'Académie américaine des arts et sciences, ainsi que de l'Académie nationale des sciences des États-Unis.

# INSTALLATIONS

## UNE CONCEPTION FONCTIONNELLE

Le bâtiment emblématique et primé de l'Institut Péricètre a été conçu spécifiquement pour inspirer de grandes idées. Le bâtiment d'origine a remporté en 2006 une Médaille du Gouverneur général en architecture. Le Centre Stephen-Hawking – agrandissement complété en 2011 – a reçu un prix 2012 d'excellence en design de l'Association des architectes de l'Ontario et est en voie d'obtenir la certification LEED Argent.

Combinant avec soin des lieux privés et des espaces de collaboration, les installations allient harmonieusement forme et fonction. Les tableaux omniprésents sur les trois étages sont continuellement remplis, effacés et remplis à nouveau d'équations, de formules et de schémas qui décrivent toute la physique, depuis les particules subatomiques jusqu'aux phénomènes cosmiques.

Des coins et recoins paisibles et confortables sont propices à de petites réunions et à la contemplation. La bibliothèque de deux étages renferme une mine de connaissances en physique; et le bistro *Black Hole* est un lieu vivant qui nourrit le corps et l'esprit, l'endroit parfait pour des discussions spontanées et des déjeuners de travail.

Capable d'accueillir jusqu'à 250 chercheurs et étudiants, l'Institut Péricètre est le plus grand centre de recherche en physique théorique au monde. Il constitue un milieu qui favorise la pensée profonde et des échanges d'idées animés. Grâce à des espaces innovateurs, il maximise la productivité de la recherche.

Cela ne passe pas inaperçu. Au cours de la dernière année, l'Institut Péricètre a accueilli un certain nombre de délégations d'universités et d'entreprises, qui souhaitaient apprendre comment utiliser l'espace de manière efficace pour engendrer créativité et dynamisme. Alliant conception innovatrice et utilité, l'Institut Péricètre constitue un exemple d'installations de recherche qui fonctionnent.



## RÉSULTATS D'EXPLOITATION

L'Institut Périmètre a renforcé sa position financière au cours de l'exercice 2013-2014, demeurant en bonne voie de réaliser sa vision à long terme.

L'Institut a continué d'investir de manière stratégique dans sa mission centrale, en accordant une grande priorité au recrutement de chercheurs bien choisis et au progrès de la recherche fondamentale. Conformément à son plan de croissance, ses charges dans le secteur de la recherche ont augmenté de plus de 5 %.

Les programmes de formation à la recherche ont représenté en 2013-2014 environ 9 % des charges de l'Institut Périmètre. Ses principaux programmes – le programme PSI (Perimeter Scholars International – Boursiers internationaux de l'Institut Périmètre), en collaboration avec l'Université de Waterloo, et le programme de doctorat (en partenariat avec un certain nombre d'universités ontariennes) – sont demeurés inchangés et ont attiré un des diplômés talentueux de toutes les régions du monde. En plus de former la prochaine génération de physiciens de premier plan, ces programmes originaux procurent à l'écosystème élargi de l'innovation des personnes créatives capables de résoudre des problèmes difficiles.

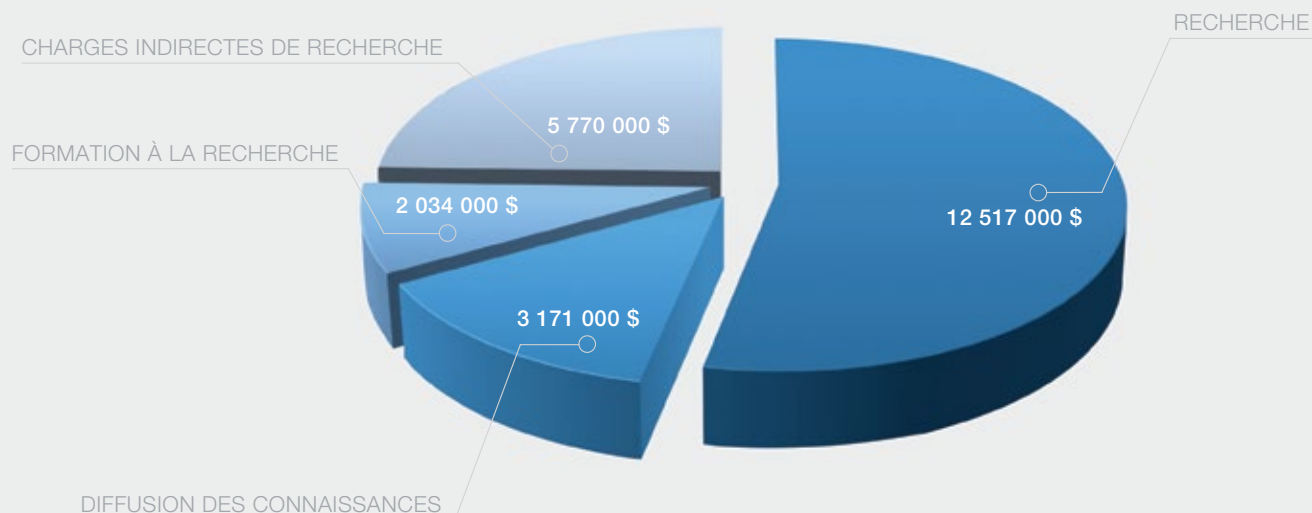
La diffusion des connaissances est demeurée un élément important de la mission de l'Institut Périmètre en 2013-2014. L'Institut a continué d'investir de manière stratégique plus de 13 % de ses charges annuelles dans des programmes et produits inspirants destinés aux élèves, aux enseignants et au grand public.

Les charges indirectes de recherche et de fonctionnement comprennent les coûts des activités centrales de soutien, notamment l'administration, la technologie de l'information et les installations. Ces charges sont demeurées au même niveau que l'année précédente, ce qui témoigne d'une gestion efficace des coûts tout en assurant le maintien d'un centre de recherches de classe mondiale. Les activités de promotion de l'Institut – dont les coûts sont également inclus dans les charges indirectes de recherche et de fonctionnement – ont continué d'alimenter avec succès le modèle de financement public-privé de l'Institut Périmètre.

L'Institut Périmètre a terminé son exercice 2013-2014 avec un excédent de 36 millions de dollars des produits sur les charges. Ce surplus est totalement attribuable au rendement des investissements, qui a dépassé 17 %. Ces rendements sont gérés avec prudence, afin d'améliorer la solidité financière à long terme de l'Institut.

## SOMMAIRE DES CHARGES DE FONCTIONNEMENT

Pour l'exercice terminé le 31 juillet 2014





## SITUATION FINANCIÈRE

L'Institut PÉRIMÈTRE a vu son fonds de roulement augmenter. Il a ainsi la souplesse voulue pour répondre à ses besoins à court terme et réagir aux possibilités de recherches qui peuvent se présenter.

Le fonds de dotation sert à accumuler des fonds privés afin de répondre aux besoins futurs de l'Institut. Ce fonds de 264 millions de dollars

comprend des titres canadiens, des titres étrangers, des titres à revenu fixe et d'autres investissements spécifiques conformes aux objectifs de l'Institut en matière de risque et de rendement.

## RISQUES ET INCERTITUDES

L'Institut PÉRIMÈTRE doit son existence à un partenariat public-privé coopératif très fructueux qui pourvoit aux activités courantes tout en préservant les possibilités futures.

Des engagements de financement de 50 millions de dollars du gouvernement du Canada ainsi que de 50 millions de dollars du gouvernement de l'Ontario (tous deux renouvelables en 2017) renforcent la collaboration étroite de l'Institut avec ses partenaires publics et témoignent de l'intérêt que ces derniers voient à investir dans l'Institut.

Ces engagements pour plusieurs années, d'un montant total de 100 millions de dollars, montrent que l'Institut constitue pour les gouvernements un excellent investissement; cependant, il n'y a aucune garantie de financement au-delà de ces engagements.

L'Institut cherche en outre à augmenter de manière innovatrice ses sources de financement du secteur privé, afin d'accroître son budget annuel d'exploitation et d'augmenter son fonds de dotation pour les

années à venir. À titre d'exemple, l'Institut PÉRIMÈTRE a mis sur pied en 2013-2014 le Cercle et le Conseil Emmy-Noether, afin de favoriser et de soutenir la participation des femmes à la recherche en physique.

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. Celui-ci est conçu pour maximiser la croissance et réduire le plus possible les risques, afin de renforcer au maximum la santé financière à long terme de l'Institut. Le rendement des investissements est toutefois susceptible de varier et est assujéti à la situation économique. Sous la direction du comité de gestion des investissements, les fonds sont investis conformément aux politiques et procédures d'investissement approuvées par le conseil d'administration.



## RAPPORT DES AUDITEURS INDÉPENDANTS SUR LES ÉTATS FINANCIERS RÉSUMÉS

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

Les états financiers résumés ci-joints, qui comprennent l'état résumé de la situation financière au 31 juillet 2014, ainsi que l'état résumé des résultats et de 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 2014. Nous avons exprimé une opinion sans réserve sur ces états financiers dans notre rapport daté du 12 décembre 2014. Ces états financiers, de même que les états financiers résumés ci-joints, ne tiennent pas compte d'événements survenus après la date de notre rapport sur les états financiers audités.

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.

### *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 selon les normes comptables canadiennes pour les organismes à but non lucratif.

### *Responsabilité des auditeurs*

Notre responsabilité consiste à exprimer une opinion sur les états financiers résumés, 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.

### *Opinion*

À notre avis, les états financiers résumés établis à partir des états financiers audités de l'Institut pour l'exercice terminé le 31 juillet 2014 constituent un résumé fidèle de ces états financiers, établi selon les normes comptables canadiennes pour les organismes à but non lucratif.

Toronto, Ontario  
Le 12 décembre 2014

Comptables agréés  
Experts-comptables autorisés

*Zeifmans LLP*

**INSTITUT PÉRIMÈTRE**  
**ÉTAT RÉSUMÉ DE LA SITUATION FINANCIÈRE**  
**AU 31 JUILLET 2014**

	<u>2014</u>	<u>2013</u>
<b>ACTIF</b>		
Actif à court terme :		
Trésorerie et équivalents	15 958 000 \$	11 774 000 \$
Valeurs négociables	264 333 000	232 514 000
Subventions gouvernementales à recevoir	5 680 000	2 321 000
Autre actif à court terme	809 000	1 599 000
	<u>286 780 000</u>	<u>248 208 000</u>
Immobilisations	49 457 000	52 808 000
<b>TOTAL DE L'ACTIF</b>	<u><b>336 237 000 \$</b></u>	<u><b>301 016 000 \$</b></u>
 <b>PASSIF ET SOLDE DES FONDS</b>		
Passif à court terme :		
Comptes créditeurs et autre passif à court terme	1 692 000	2 487 000
<b>TOTAL DU PASSIF</b>	<u><b>1 692 000 \$</b></u>	<u><b>2 487 000 \$</b></u>
 Solde des fonds :		
Investis dans les immobilisations	49 974 000	52 319 000
Grevés d'affectations d'origine externe	121 873 000	126 801 000
Grevés d'affectations d'origine interne	78 840 000	78 840 000
Non grevés	83 858 000	40 569 000
<b>SOLDE TOTAL DES FONDS</b>	<u><b>334 545 000</b></u>	<u><b>298 529 000</b></u>
	<u><b>336 237 000 \$</b></u>	<u><b>301 016 000 \$</b></u>



**INSTITUT PÉRIMÈTRE**  
**ÉTAT RÉSUMÉ DES RÉSULTATS ET DU SOLDE DES FONDS**  
**POUR L'EXERCICE TERMINÉ LE 31 JUILLET 2014**

	<u>2014</u>	<u>2013</u>
<b>Produits :</b>		
Subventions gouvernementales	19 526 000 \$	23 837 000 \$
Autres produits	1 424 000	1 446 000
Dons	761 000	909 000
	<u>21 711 000</u>	<u>26 192 000</u>
<b>Charges :</b>		
Recherche	12 517 000	11 913 000
Formation à la recherche	2 034 000	1 983 000
Diffusion des connaissances et communications scientifiques	3 171 000	3 080 000
Charges indirectes de recherche et de fonctionnement	5 770 000	5 697 000
	<u>23 492 000</u>	<u>22 673 000</u>
Excédent des produits par rapport aux charges (des charges par rapport aux produits) avant produits de placement et amortissement	(1 781 000)	3 519 000
Amortissement	(3 838 000)	(4 129 000)
Produits de placement	<u>41 635 000</u>	<u>29 372 000</u>
Excédent des produits par rapport aux charges	36 016 000	28 762 000
Solde des fonds au début de l'exercice	298 529 000	269 767 000
Solde des fonds à la fin de l'exercice	<u>334 545 000 \$</u>	<u>298 529 000 \$</u>



# PRIORITÉS ET OBJECTIFS POUR L'AVENIR



Au cours de la prochaine année, l'Institut Péricètre continuera d'accomplir sa mission centrale fondée sur les objectifs stratégiques suivants :

**Réaliser des découvertes de classe mondiale**, en essayant continuellement de faire avancer la recherche fondamentale dans tous les domaines couverts par l'Institut, en encourageant des approches complémentaires ainsi qu'en insufflant une atmosphère de collaboration favorisant l'épanouissement des idées et augmentant la probabilité d'avancées majeures.

**Devenir la résidence de recherche d'une masse critique des plus grands physiciens théoriciens au monde**, en poursuivant le recrutement au plus haut niveau, en offrant des possibilités de recherche inégalées, et en favorisant les liens de coopération dans l'ensemble de la communauté scientifique au Canada et dans le monde.

**Devenir un incubateur des talents les plus prometteurs**, en recrutant les meilleurs postdoctorants au monde, en facilitant la collaboration des chercheurs avec les centres d'observation et d'expérimentation, en attirant et en formant de brillants jeunes diplômés dans notre cycle de formation PSI et en recrutant les meilleurs comme doctorants, ainsi qu'en offrant des possibilités de formation à la recherche à des étudiants doués de premier cycle invités à l'Institut.

**Devenir la seconde résidence de recherche de plusieurs grands théoriciens du monde**, en continuant à attribuer des chaires de chercheur invité distingué à des scientifiques de premier plan, en attirant des chercheurs invités et des adjoints invités de calibre exceptionnel, de même que par des accords qui encouragent les activités conjointes entre les chercheurs de l'Institut et ceux d'autres grands établissements du monde.

**Constituer une plaque tournante d'un réseau mondial de centres de physique théorique et de mathématiques**, en recherchant des occasions de partenariat et de collaboration qui peuvent contribuer à

accélérer la mise sur pied de centres d'excellence en mathématiques et physique.

**Renforcer le rôle de l'Institut comme centre de convergence pour la recherche en physique fondamentale au Canada**, en continuant de développer des partenariats nationaux et internationaux, tout en favorisant les interactions entre ses chercheurs et ses membres affiliés dans tout le pays.

**Organiser des conférences, ateliers, cours et séminaires ciblés et opportuns** sur des sujets à la fine pointe, et en rendre la plus grande partie accessible en ligne et sans frais à la communauté scientifique élargie.

**Mener une action de diffusion des connaissances à fort impact**, en communiquant au grand public l'importance de la recherche fondamentale et la puissance de la physique théorique, et en offrant des occasions uniques et des ressources de grande qualité aux enseignants et aux élèves du Canada et de l'étranger.

**Créer l'environnement et l'infrastructure les meilleurs au monde pour la recherche, la formation et la diffusion des connaissances en physique théorique**, en fournissant un espace physique inspirant, une technologie de l'information à la fine pointe et un soutien professionnel de grande qualité.

**Continuer d'exploiter le modèle de financement public-privé qui a fait ses preuves à l'Institut**, en augmentant le nombre de donateurs de l'Institut, à la fois au Canada et à l'étranger.

## PROFESSEURS À PLEIN TEMPS



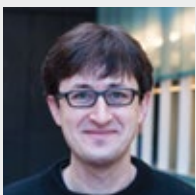
**Neil Turok** (Ph.D., Collège impérial de Londres, 1983) a été professeur de physique à l'Université de Princeton et titulaire de la chaire de physique mathématique de l'Université de Cambridge avant de devenir directeur de l'Institut Périclète. Les recherches de M. Turok mettent l'accent sur l'élaboration de théories fondamentales en cosmologie et de nouveaux tests d'observation. Ses prédictions concernant les corrélations entre la polarisation et la température du rayonnement fossile (ou fonds diffus cosmologique) et du rayonnement de fond produit par l'énergie sombre ont été confirmées. Avec Stephen Hawking, Neil Turok a découvert les solutions instanton qui décrivent la naissance d'univers inflationnaires. Ses travaux sur l'inflation ouverte constituent le fondement du modèle de « multivers » (ou multiunivers), qui fait maintenant l'objet de nombreuses discussions. Avec Paul Steinhardt, il a élaboré un nouveau modèle cosmologique cyclique, dont les prédictions concordent jusqu'à maintenant avec tous les tests d'observation. M. Turok a reçu de nombreuses distinctions, dont des bourses Sloan et Packard, de même que la médaille James-Clerk-Maxwell 1992 de l'Institut de physique du Royaume-Uni. Il est boursier principal du programme *Cosmologie et gravité* de l'Institut canadien de recherches avancées (ICRA) et membre principal du Collège Massey de l'Université de Toronto. En 2012, il a prononcé les conférences Massey de la radio anglaise de Radio-Canada. Ces conférences ont été également publiées dans le livre *The Universe Within* (traduit en français sous le titre *L'univers vu de l'intérieur*), bestseller qui a valu à son auteur le prix Lane-Anderson 2013, prix de vulgarisation scientifique le plus important au Canada. Né en Afrique du Sud, M. Turok a fondé l'Institut africain de sciences mathématiques (AIMS) dans la ville du Cap en 2003. L'AIMS est depuis devenu un réseau de cinq centres situés en Afrique du Sud, au Sénégal, au Ghana, au Cameroun et en Tanzanie. C'est maintenant l'institution de formation supérieure en sciences mathématiques la plus renommée de l'Afrique. Pour ses découvertes scientifiques et son œuvre de fondation et de développement de l'AIMS, Neil Turok s'est vu décerner un prix TED en 2008. Il a également reçu des prix du Sommet mondial sur l'innovation et l'esprit d'entreprise (WSIE) et du Sommet mondial de l'innovation en éducation (WISE).



**Dmitry Abanin** (Ph.D., Institut de technologie du Massachusetts, 2008) s'est joint à l'Institut Périclète en 2012, après avoir été postdoctorant à l'Université Harvard et au Centre des sciences théoriques de l'Université de Princeton. C'est un jeune théoricien de premier ordre dans le domaine de la matière condensée. Ses recherches portent principalement sur l'élaboration d'une compréhension théorique des matériaux de Dirac, en mettant l'accent sur le transport quantique de charge et de spin, et sur la recherche de nouvelles manières de contrôler leurs propriétés électroniques. Certains de ses résultats théoriques ont été confirmés par des groupes d'expérimentateurs des universités Harvard et Columbia, de l'Université de Manchester, de l'Université de la Californie à Riverside, de l'Institut Max-Planck et d'autres établissements. Dmitry Abanin a reçu une bourse de recherche Sloan en 2014.



**Asimina Arvanitaki** (Ph.D., Université Stanford, 2008) est devenue professeure à l'Institut Périclète en mars 2014. Elle a été auparavant chercheuse au Laboratoire national Lawrence-Berkeley de l'Université de la Californie à Berkeley (2008-2011) et à l'Institut de physique théorique de l'Université Stanford (2011-2014). Mme Arvanitaki est physicienne des particules et se spécialise dans la conception de nouvelles expériences pour mettre à l'épreuve des théories fondamentales au-delà du modèle standard. C'est une pionnière de l'utilisation d'objets diélectriques en lévitation optique pour détecter des ondes gravitationnelles. Asimina Arvanitaki travaille également sur les défis théoriques soulevés par des résultats expérimentaux, par exemple sur un modèle de physique des particules influencé par une théorie des cordes dite de « supersymétrie (SUSY) avec scalaires découplés ».



**Latham Boyle** (Ph.D., Université de Princeton, 2006) est devenu professeur à l'Institut Périclète en 2010. De 2006 à 2009, il a été boursier postdoctoral à l'Institut canadien d'astrophysique théorique (ICAT). Il est également boursier junior de l'Institut canadien de recherches avancées (ICRA). M. Boyle a étudié ce que la mesure des ondes gravitationnelles peut nous enseigner sur le commencement de l'univers; avec Paul Steinhardt, il a déduit un ensemble de « relations d'amorçage de l'inflation » qui, si elles étaient confirmées par l'observation, soutiendraient de manière irréfutable la théorie de l'inflation primordiale. Latham Boyle est l'un des inventeurs d'une technique algébrique simple permettant de comprendre la fusion de trous noirs. Il a récemment formulé la théorie des « porcs-épics », nom qu'il a donné aux réseaux de détecteurs d'ondes gravitationnelles à basse fréquence, qui fonctionnent ensemble comme des télescopes pour la détection d'ondes gravitationnelles.



**Freddy Cachazo** (Ph.D., Université Harvard, 2002) est professeur à l'Institut Périclète depuis 2005. De 2002 à 2005, il a été membre de l'École de sciences naturelles de l'Institut d'études avancées de Princeton. M. Cachazo est l'un des plus grands experts mondiaux de l'étude et du calcul des amplitudes de diffusion en chromodynamique quantique (QCD) et dans les théories de Yang et Mills supersymétriques  $N=4$ . Il a reçu de nombreuses distinctions, dont une bourse de nouveau chercheur (2007), 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 (2012) et un prix *Nouveaux horizons en physique* de la Fondation des Prix de physique fondamentale (2014).



**Bianca Dittrich** (Ph.D., Institut Max-Planck de physique gravitationnelle, 2005) est devenue professeure à l'Institut Périclète en janvier 2012. Auparavant, elle dirigeait le groupe de recherche Max-Planck sur la dynamique canonique et covariante de la gravitation quantique à l'Institut Albert-Einstein de Potsdam, en Allemagne. Ses recherches mettent l'accent sur l'élaboration et l'examen de modèles de gravitation quantique. Entre autres importantes découvertes, elle a mis au point un cadre de calcul de grandeurs observables invariantes de jauge en relativité générale canonique. Bianca Dittrich a reçu en 2007 la médaille Otto-Hahn, remise par la Société Max-Planck à de jeunes scientifiques d'exception, ainsi qu'une bourse de nouveau chercheur du gouvernement de l'Ontario.

**Laurent Freidel** (Ph.D., École normale supérieure de Lyon, 1994) est devenu professeur à l'Institut Périclès en 2006. C'est un physicien mathématicien qui a fait de nombreuses contributions dignes de mention dans le domaine de la gravitation quantique. Il possède des connaissances très étendues dans bien des domaines, dont les systèmes intégrables, les théories des champs topologiques, les théories conformes bidimensionnelles et la chromodynamique quantique. M. Freidel a occupé des postes à l'Université d'État de Pennsylvanie et à l'École normale supérieure de Lyon. Il est membre du Centre national de la recherche scientifique (CNRS) de France depuis 1995. Il a reçu de nombreuses distinctions, dont 2 bourses ACI-Blanche en France.



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



**Jaume Gomis** (Ph.D., Université Rutgers, 1999) est devenu professeur à l'Institut Périclès en 2004, renonçant du même coup à une bourse EURYI (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 et la théorie quantique des champs. En 2009, M. Gomis a obtenu une bourse de nouveau chercheur pour un projet visant à mettre au point de nouvelles techniques de description des phénomènes quantiques en physique nucléaire et en physique des particules.



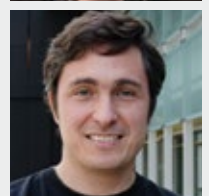
**Daniel Gottesman** (Ph.D., Institut de technologie de la Californie, 1997) est professeur à l'Institut Périclès depuis 2002. De 1997 à 2002, il a été postdoctorant au Laboratoire national de Los Alamos, à la division de la recherche de Microsoft et à l'Université de la Californie à Berkeley (à titre de boursier CMI à long terme de l'Institut de mathématiques Clay). M. Gottesman est l'auteur de contributions majeures qui continuent de façonner la recherche sur la théorie de l'information quantique, grâce à son travail sur la correction d'erreurs quantiques et la cryptographie quantique. Il a publié plus de 45 articles qui ont fait l'objet de plus de 4 000 citations à ce jour. Daniel Gottesman est également boursier principal du programme *Information quantique* de l'Institut canadien de recherches avancées (ICRA) et a été élu membre de la Société américaine de physique (APS).



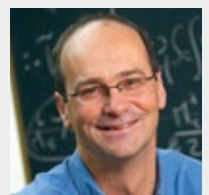
**Lucien Hardy** (Ph.D., Université de Durham, 1992) est devenu professeur à l'Institut Périclès en 2002, après avoir occupé des postes de chercheur et d'enseignant dans diverses universités européennes, dont l'Université d'Oxford, l'Université *La Sapienza* de Rome, l'Université de Durham, l'Université 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. Son travail actuel vise à caractériser la physique quantique sous forme de postulats opérationnels et à appliquer les résultats obtenus au problème de la gravitation quantique.



**Luis Lehner** (Ph.D., Université de Pittsburgh, 1998) est devenu professeur associé à l'Institut Périclès en 2009, dans le cadre d'une nomination conjointe avec l'Université de Guelph, puis professeur à plein temps à l'Institut Périclès en 2012. Auparavant, il a été postdoctorant à l'Université du Texas à Austin et à l'Université de la Colombie-Britannique, puis professeur à l'Université d'État de Louisiane de 2002 à 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 (ICAT), 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 (ICRA).

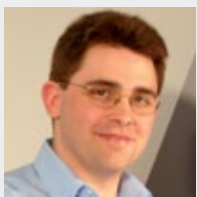


**Robert Myers** (Ph.D., Université de Princeton, 1986) est l'un des principaux physiciens théoriciens travaillant sur la théorie des cordes au Canada. Après avoir obtenu son doctorat, il a été postdoctorant à l'Institut Kavli de physique théorique de l'Université de la Californie à Santa Barbara, puis professeur de physique à l'Université McGill, avant de se joindre à l'Institut Périclès en 2001. Il est l'auteur de contributions majeures à la compréhension des d-branes et de la microphysique des trous noirs. M. Myers a reçu de nombreuses distinctions, dont la médaille Herzberg (1999), le prix de l'Association canadienne des physiciens et physiciennes et du Centre de recherches mathématiques (2005), et la médaille Vogt (2012). Il est en outre membre élu de la Société royale du Canada et boursier principal du programme *Cosmologie et gravité* de l'Institut canadien de recherches avancées (ICRA).

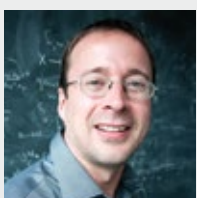




**Subir Sachdev** (Ph.D., Université Harvard, 1985) est devenu en février 2014 titulaire de la chaire James-Clerk-Maxwell de physique théorique de l'Institut Périclète (à titre de chercheur invité). Il est professeur de physique à l'Université Harvard depuis 2005. M. Sachdev a fait d'abondantes contributions à la physique quantique de la matière condensée, notamment par ses recherches sur les transitions de phase quantiques et leur application aux systèmes à électrons corrélés tels que les supraconducteurs à haute température. Il est l'auteur d'un ouvrage majeur intitulé *Quantum Phase Transitions* (Transitions de phase quantiques). Au cours des dernières années, il a exploité un lien remarquable entre les propriétés électroniques de matériaux au voisinage d'une transition de phase quantique et la théorie quantique des trous noirs. Entre autres distinctions, Subir Sachdev a reçu une bourse de recherche Sloan et une bourse de la Fondation commémorative John-Simon-Guggenheim. Il est membre élu de la Société américaine de physique et de l'Académie nationale des sciences des États-Unis. Il a été titulaire d'une chaire de chercheur invité distingué de l'Institut Périclète de 2009 à 2014.



**Philip Schuster** (Ph.D., Université Harvard, 2007) est devenu professeur à l'Institut Périclète en 2010. Il a été associé de recherche au Laboratoire national de l'accélérateur SLAC de 2007 à 2010. Son domaine de spécialité est la théorie des particules, et notamment la physique au-delà du modèle standard. Il a des liens étroits avec le milieu expérimental et a travaillé sur diverses théories qui pourraient être vérifiées par des expériences au grand collisionneur de hadrons (LHC) du CERN. Avec des membres de l'expérience de solénoïde compact pour muons (CMS) du LHC, il a mis au point des méthodes visant à caractériser des signaux potentiels de nouvelle physique et des résultats nuls à l'aide de modèles simplifiés, facilitant une interprétation théorique plus solide des données. Philip Schuster est en outre co-porte-parole de l'expérience APEX au Laboratoire national de l'accélérateur Thomas-Jefferson en Virginie.



**Kendrick Smith** (Ph.D., Université de Chicago, 2007) s'est joint à l'Institut Périclète en 2012, en provenance de l'Université de Princeton, où il était titulaire de la bourse postdoctorale Lyman-P.-Spitzer depuis 2009. Auparavant, il a été boursier postdoctoral du Conseil de recherche en physique des particules et en astronomie du Royaume-Uni (PPARC) de 2007 à 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, dont celle de l'expérience WMAP, qui a reçu le prix Gruber 2012 de cosmologie, ainsi que des expériences QUIET et Planck. Il a également participé à la phase de démarrage du projet HSC (*Hyper-Suprime Cam*) au télescope Subaru d'Hawaii. Il a obtenu plusieurs résultats importants, dont la première détection de l'effet lentillaire gravitationnel dans le rayonnement fossile (ou fonds diffus cosmologique). Kendrick Smith détient aussi un doctorat en mathématiques de l'Université du Michigan.



**Lee Smolin** (Ph.D., Université Harvard, 1979) est l'un des membres fondateurs du corps professoral de l'Institut Périclète. Auparavant, il a été chercheur à l'Institut d'études avancées de Princeton, à l'Institut de physique théorique de l'Université de la Californie à Santa Barbara, à l'Institut Enrico-Fermi de l'Université de Chicago, à l'Université Yale, à l'Université de Syracuse et à l'Université d'État de Pennsylvanie. Les recherches de M. Smolin portent surtout sur le problème de la gravitation quantique, notamment la gravitation quantique à boucles et la relativité restreinte déformée (ou relativité doublement restreinte), mais il est l'auteur de contributions dans beaucoup de domaines, ainsi que de cinq ouvrages non techniques. Ses articles ont fait l'objet de plus de 6 500 citations à ce jour. Lee Smolin a reçu de nombreuses distinctions, dont le prix Majorana (2007) et le prix commémoratif Klopsteg (2009). Il a aussi été élu membre de la Société américaine de physique et de la Société royale du Canada.



**Robert Spekkens** (Ph.D., Université de Toronto, 2001) est devenu professeur à l'Institut Périclète en 2008, après avoir été postdoctorant à l'Institut et titulaire d'une bourse internationale de la Société royale de Londres à l'Université de Cambridge. Ses recherches portent principalement sur la définition des innovations conceptuelles qui distinguent les théories quantiques des théories classiques et sur la mise en lumière de leur importance pour l'axiomatisation, l'interprétation et la mise en œuvre de différentes tâches en théorie de l'information. M. Spekkens a reçu le prix Birkhoff-von-Neumann de l'Association internationale pour les structures quantiques.



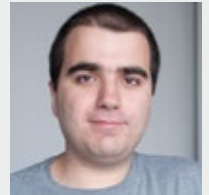
**Natalia Toro** (Ph.D., Université Harvard, 2007) est devenue professeure à l'Institut Périclète en 2010, après avoir été boursière postdoctorale à l'Institut de physique théorique de l'Université Stanford (SITP). Elle a élaboré un cadre de modèles comportant peu de paramètres pour des signaux potentiels de nouvelle physique. Elle a aussi joué un rôle important dans l'intégration de nouvelles techniques, dites de description effective de particules intermédiaires réelles, au sein du programme des recherches à venir dans le cadre de l'expérience de solénoïde compact pour muons (CMS) au grand collisionneur de hadrons (LHC) du CERN. Mme Toro est une experte de l'étude des forces sombres d'interaction très faible avec la matière ordinaire et est co-porte-parole de l'expérience APEX, qui recherche de telles forces au Laboratoire national de l'accélérateur Thomas-Jefferson en Virginie.



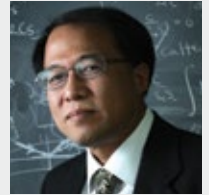
**Guifre Vidal** (Ph.D., Université de Barcelone, 1999) est devenu professeur à l'Institut Périclète en 2011, en provenance de l'Université du Queensland à Brisbane, où il était membre de la Fédération australienne des conseils de recherche et professeur à l'École de mathématiques et physique. Auparavant, il a été postdoctorant à l'Université d'Innsbruck, en Autriche, et à l'Institut d'informatique quantique de l'Institut de technologie de la Californie. M. Vidal travaille à la jonction entre la théorie de l'information quantique et la physique de la matière condensée, utilisant des réseaux de tenseurs pour calculer l'état fondamental de systèmes quantiques à N corps sur un treillis, ainsi que pour produire une classification des états possibles de la matière quantique ou des points fixes du flot de renormalisation. Guifre Vidal a reçu entre autres distinctions une bourse Marie-Curie de l'Union européenne et une bourse de la Fondation Sherman-Fairchild.



**Pedro Vieira** (Ph.D., École normale supérieure de Paris et Centre de physique de l'Université de Porto, 2008) a été chercheur associé à l'Institut Max-Planck de physique gravitationnelle (Institut Albert-Einstein) en 2008 et 2009, avant de devenir professeur à l'Institut Péricimètre en 2009. Ses recherches portent sur la mise au point de nouveaux outils mathématiques pour les théories de jauge et des cordes. Elles visent ultimement la résolution d'une théorie de jauge quadridimensionnelle réaliste. M. Vieira s'intéresse également à la correspondance AdS/CFT, ainsi qu'au calcul théorique d'amplitudes de diffusion. *Y-system for scattering amplitudes*, de Pedro Vieira et de ses collaborateurs, a remporté le Prix 2012 du meilleur article, remis par l'Institut de physique (IOP) et le comité de rédaction du *Journal of Physics A*. Pedro Vieira s'est également mérité une bourse de nouveau chercheur en 2012.



**Xiao-Gang Wen** (Ph.D., Université de Princeton, 1987) est devenu professeur à l'Institut Péricimètre en 2012 à titre de titulaire de la chaire Groupe-financier-BMO-Isaac-Newton de physique théorique. Reconnu mondialement comme un chef de file de la théorie de la matière condensée, il a été un pionnier du concept nouveau d'ordre topologique quantique, utilisé pour décrire des phénomènes allant de la supraconductivité aux particules de charge fractionnaire, et il a inventé de nombreux formalismes mathématiques. Il est l'auteur du manuel intitulé *Quantum Field Theory of Many-body Systems: From the Origin of Sound to an Origin of Light and Electrons* (Théorie quantique des champs de systèmes à N corps : de l'origine du son à une origine de la lumière et des électrons). Avant de se joindre à l'Institut, M. Wen a été chercheur distingué Moore à l'Institut de technologie de la Californie, professeur de physique Cecil-et-Ida-Green à l'Institut de technologie du Massachusetts, ainsi que titulaire d'une chaire de chercheur invité distingué de l'Institut Péricimètre. Il est également membre élu de la Société américaine de physique.



## PROFESSEURS ASSOCIÉS

**Niayesh Afshordi** (Ph.D., Université de Princeton, 2004), nommé conjointement avec l'Université de Waterloo, a été de 2004 à 2007 boursier de l'Institut de théorie et de calcul du Centre Harvard-Smithsonian d'astrophysique, puis boursier de recherche distingué à l'Institut Péricimètre en 2008 et 2009. Il est professeur associé à l'Institut depuis 2010. M. Afshordi se spécialise dans les problèmes interdisciplinaires de la physique fondamentale, de l'astrophysique et de la cosmologie. En 2010, il a reçu un supplément d'accélération à la découverte (SAD) accordé par le Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada (CRSNG).



**Avery Broderick** (Ph.D., Institut de technologie de la Californie, 2004) est devenu professeur associé à l'Institut Péricimètre en septembre 2011, dans le cadre d'une nomination conjointe avec l'Université de Waterloo. Auparavant, il a été postdoctorant à l'Institut de théorie et de calcul du Centre Harvard-Smithsonian d'astrophysique (2004-2007) ainsi qu'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. Il a récemment participé à un projet international visant à produire et à interpréter des images témoignant de l'horizon de quelques trous noirs supermassifs, afin d'étudier comment les trous noirs accumulent de la matière et projettent les rayonnements ultrarelativistes observés, et il sonde la nature de la gravité au voisinage de ces trous noirs.



**Alex Buchel** (Ph.D., Université Cornell, 1999) est professeur associé à l'Institut Péricimètre depuis 2003, dans le cadre d'une nomination conjointe avec l'Université Western. Auparavant, il a été chercheur à l'Institut 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.



**Raffi Budakian** (Ph.D., Université de la Californie à Los Angeles, 2000) est devenu professeur associé à l'Institut Péricimètre en juin 2014, dans le cadre d'une nomination conjointe avec l'Institut d'informatique quantique de l'Université de Waterloo (IQC). Il est également titulaire de la chaire financée par un fonds de dotation de l'Institut de nanotechnologie de Waterloo (WIN) en supraconductivité. M. Budakian est arrivé à Waterloo en provenance de l'Université de l'Illinois à Urbana-Champaign. Auparavant, il a occupé des postes à l'Université de la Californie à Los Angeles et au Centre de recherches Almaden d'IBM à San Jose. M. Budakian est un physicien expérimentateur de la matière condensée. Ses recherches portent sur la mise au point de techniques de détection ultrasensibles de spin pour visualiser des spins uniques et faire des mesures quantiques. En 2005, Raffi Budakian a remporté un *World Technology Award* pour ses travaux sur la détection et la manipulation de spins quantiques.



**Cliff Burgess** (Ph.D., Université du Texas à Austin, 1985) est devenu professeur associé à l'Institut Péricimètre 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 deux 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 les modèles d'expansion de l'univers qui constituent le cadre le plus prometteur pour la vérification expérimentale de la théorie des cordes. Entre autres distinctions récentes, Cliff Burgess a été titulaire d'une bourse Killam et a été élu membre de la Société royale du Canada. Il a aussi remporté le prix de physique théorique et mathématique de l'Association canadienne des physiciens et physiciennes et du Centre de recherches mathématiques.





**David Cory** (Ph.D., Université Case Western Reserve, 1987), nommé conjointement avec l'Institut d'informatique quantique de l'Université de Waterloo, a été chercheur à l'Université de Nimègue, aux Pays-Bas, au Laboratoire de recherches navales du Conseil national de recherches des États-Unis, à Washington (District de Columbia), ainsi qu'à l'Institut de technologie du Massachusetts. Il a également dirigé les activités de recherche-développement en résonance magnétique nucléaire chez Bruker Instruments. 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. David Cory préside le comité consultatif du programme *Information quantique* de l'Institut canadien de recherches avancées (ICRA).



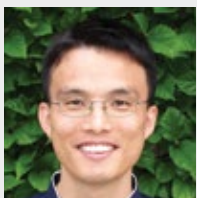
**James Forrest** (Ph.D., Université de Guelph, 1994) s'est joint à l'Institut Périclète en février 2014 à titre de directeur des programmes d'enseignement et professeur associé, dans le cadre d'une nomination conjointe avec l'Université de Waterloo, où il est professeur depuis 2000. Ses recherches portent 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 corépondant de la médaille Brockhouse 2013 de l'Association canadienne des physiciens et physiciennes.



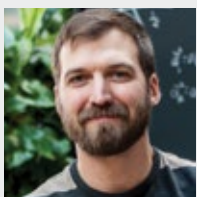
**Matthew Johnson** (Ph.D., Université de la Californie à Santa Cruz, 2007) est devenu professeur associé à l'Institut Périclète en 2012, dans le cadre d'une nomination conjointe avec l'Université York. Auparavant, il a été boursier postdoctoral Moore à l'Institut de technologie de la Californie, puis postdoctorant à l'Institut Périclète. M. Johnson est un cosmologiste dont les recherches interdisciplinaires visent à comprendre comment l'univers a commencé, comment il a évolué et vers quoi il s'en va. Pour ce faire, il conçoit des algorithmes d'analyse de données pour confronter les théories fondamentales avec les observations du rayonnement fossile. En 2012, il a obtenu une subvention du programme *Nouvelles frontières en astronomie et cosmologie* de l'Université de Chicago et de la Fondation John-Templeton.



**Raymond Laflamme** (Ph.D., Université de Cambridge, 1988) est professeur à l'Institut Périclète depuis sa fondation, dans le cadre d'une nomination conjointe avec l'Institut d'informatique quantique de l'Université de Waterloo (IQC). Il est aussi directeur fondateur de l'IQC. 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 sa recherche 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 est directeur du programme *Information quantique* de l'Institut canadien de recherches avancées (ICRA) depuis 2003. Il est boursier principal de l'ICRA, ainsi que membre élu de la Société américaine de physique et de l'Association américaine pour l'avancement de la science. Raymond Laflamme est également titulaire de la chaire de recherche du Canada sur l'information quantique. Avec des collègues, il a fondé l'entreprise Universal Quantum Devices, qui commercialise certaines retombées des technologies quantiques.

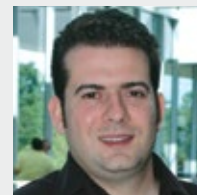


**Sung-Sik Lee** (Ph.D., Université scientifique et technologique de Pohang, 2000) est devenu professeur associé à l'Institut Périclète en 2011, dans le cadre d'une nomination conjointe avec l'Université McMaster, où il est professeur agrégé. Auparavant, il a été postdoctorant à l'Université scientifique 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 et à interaction forte à l'aide de la théorie quantique des champs, de même que sur les points de rencontre entre la physique de la matière condensée et la physique des hautes énergies. Dans de récents travaux, il a utilisé la théorie de jauge comme lentille d'observation du phénomène de fractionnalisation, entreprenant de transposer la correspondance AdS/CFT de la théorie des cordes à la chromodynamique quantique et à la matière condensée, et élaborant une approche non perturbatrice de la compréhension des états métalliques non conventionnels de la matière.



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

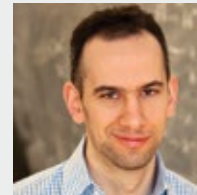
**Michele Mosca** (D.Phil., Université d'Oxford, 1999), nommé conjointement avec l'Université de Waterloo, est membre fondateur de l'Institut Périmètre, ainsi que cofondateur et sous-directeur de l'Institut d'informatique quantique. Il est l'auteur de contributions majeures à la théorie et à la pratique du traitement de l'information quantique, dont plusieurs des premières mises en œuvre d'algorithmes quantiques et de méthodes fondamentales permettant d'effectuer des calculs fiables avec des appareils quantiques non nécessairement dignes de confiance. Ses recherches actuelles portent sur les algorithmes et la complexité quantiques, de même que sur la mise au point d'outils de cryptographie assurant la sécurité des données dans des appareils quantiques. Michele Mosca a reçu de nombreux prix et distinctions. Il a entre autres été désigné parmi les 40 meilleurs leaders de moins de 40 ans au Canada (2010). Il a reçu le prix du Premier ministre de l'Ontario pour l'excellence en recherche (2000-2005) et est boursier de l'Institut canadien de recherches avancées (ICRA) depuis 2010. Il a été titulaire d'une chaire de recherche du Canada en informatique quantique (2002-2012) et est titulaire depuis 2012 d'une chaire de recherche de l'Université de Waterloo.



**Maxim Pospelov** (Ph.D., Institut Budker de physique nucléaire, Russie, 1994) est devenu professeur associé à l'Institut 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, au Royaume-Uni. M. Pospelov travaille dans les domaines de la physique des particules et de la cosmologie.



**Itay Yavin** (Ph.D., Université Harvard, 2006) est devenu professeur associé à l'Institut Périmètre en 2011, dans le cadre d'une nomination conjointe avec l'Université McMaster. Auparavant, il a été associé de recherche au Département de physique de l'Université de Princeton et titulaire d'une bourse postdoctorale James-Arthur à l'Université de New York. Ses travaux en physique des particules mettent l'accent sur la recherche allant au-delà du modèle standard, en particulier l'origine de la brisure de symétrie électrofaible et la nature de la matière sombre. Plus récemment, il a travaillé sur l'interprétation de données déconcertantes produites par des expériences de recherche de matière sombre en laboratoire.



## SENIOR MANAGEMENT

### Directeur de l'exploitation

Michael Duschenes

### Directeur des programmes d'enseignement

James Forrest

### Directeur du développement

Maria Antonakos

### Directeur de la diffusion des connaissances

Greg Dick

### Directeur des relations extérieures et des affaires publiques

John Matlock

### Directrice financière

Sue Scanlan

### Directeur des opérations financières

Stefan Pregelj

### Directeur des systèmes d'information

Ben Davies

### Directrice des ressources humaines et de la culture

Sheri Keffer

### Directrice des publications

Natasha Waxman

## CHERCHEURS RÉSIDANTS

### Chercheur résident associé

John Moffat

### Chercheur principal associé

Steve MacLean

### Chercheur principal

Rafael Sorkin

## POSTDOCTORANTS EN 2013-2014

Wolfgang Altmannshofer  
Haipeng An  
Denis Bashkirov  
Nikolay Bobev  
Héctor Bombín  
Oliver Buerschaper  
Mathew Bullimore  
Juan Carrasquilla  
Anushya Chandran

Lukasz Cincio  
William (Bill) Edwards  
Astrid Eichhorn  
Cecilia Flori  
Tobias Fritz\*  
Steffen Gielen  
Stefania Gori  
Gus Gutoski  
Kurt Hinterbichler\*

Philipp Hoehn  
Eder Izaguirre  
Tim Johannsen  
Hee-Cheol Kim  
Issac Kim  
Shota Komatsu  
Peter Koroteev  
Ryszard Kostecki  
Gordan Krnjaic

Ipsita Mandal  
David Marsh  
Paul McFadden  
Jia-Wei Mei  
Flavio Mercati\*  
Zlatko Papić  
Matthew Pusey  
Luiz Santos  
Brian Shuve

Matteo Smerlak  
Edwin (Miles) Stoudenmire  
Carlos Tamarit  
Yidun Wan  
William Witzak-Krempa  
Huan Yang  
Peng Ye  
Huangjun Zhu

\*Boursier dans le cadre du programme Frontières Templeton

## SCIENTIFIQUES INVITÉS EN 2013-2014

\* Titulaire d'une chaire de chercheur invité distingué

\*\* Adjoint invité

\*\*\* Chercheur invité à long terme

Il est à noter que chaque scientifique invité n'est mentionné qu'une fois, même s'il a fait plusieurs séjours à l'Institut.

Antonio Acin, Institut de sciences photoniques (ICFO)	Florian Beutler, Laboratoire national Lawrence-Berkeley	Juan Ignacio Cirac*, Institut Max-Planck d'optique quantique
Allan Adams, Institut de technologie du Massachusetts (MIT)	Atri Bhattacharya, Université de l'Arizona	Christopher Coleman-Smith, Université Duke
Dorit Aharonov*, Université hébraïque de Jérusalem	Jishnu Bhattacharyya, Université de Nottingham	Alan Coley, Université Dalhousie
Sergei Alexandrov, Laboratoire Charles-Coulomb de l'Université Montpellier 2	Lorenzo Bianchi, Université Humboldt de Berlin	Joshua Combes, Université du Nouveau-Mexique
Yacine Ali-Haïmoud, Institut de technologie de la Californie (Caltech)	Ana Blasco, Université Complutense de Madrid	Carlo Contaldi***, Collège impérial de Londres
Wolfgang Altmannshofer, Laboratoire national de l'accélérateur Fermi (Fermilab)	Martin Bojowald***, Université d'État de Pennsylvanie	Clay Cordova, Université Harvard
Lilia Anguelova, Institut de physique nucléaire du Centre national de la recherche scientifique Demokritos de Grèce	Robert Brandenberger, Université McGill	Marina Cortes***, Observatoire royal de l'Université d'Édimbourg
Claudia Antolini, École internationale supérieure d'études avancées (SISSA)	Gilles Brassard, Centre de recherches mathématiques de l'Université de Montréal (CRM)	Axel Cortes Cubero, Université de la Ville de New York (CUNY)
Nima Arkani-Hamed*, Institut d'études avancées de Princeton (IAS)	Alexander Braverman, Université Brown	Kevin Costello, Université Northwestern
Alex Arkhipov, Institut de technologie du Massachusetts (MIT)	Sergey Bravyi, Centre de recherches Watson d'IBM	Ricardo Couso Santamaria, Université de Saint-Jacques-de-Compostelle
Daniel Arovav, Université de la Californie à San Diego	Richard Brito, Institut supérieur de technologie de l'Université de Lisbonne (IST)	Yanou Cui, Université du Maryland à College Park
Asimina Arvanitaki, Institut de physique théorique de l'Université Stanford	Anne Broadbent, Université d'Ottawa	Pouria Dadras, Université Sharif de technologie
Remi Avohou, Université d'Abomey-Calavi	Daniel Brod, Institut de physique de l'Université fédérale Fluminense	Mihalis Dafermos, Université de Princeton
Arif Babul, Université de Victoria	Joachim Brod, Université de Cincinnati	Alex Dahlen, Université de Princeton
Ibrahima Bah, Université de la Californie du Sud	Adam Brown, Université de Princeton	Sergio Dain, Université nationale de Córdoba
Benjamin Bahr, Institut Max-Planck d'optique quantique	Harvey Brown, Université d'Oxford	Luca D'Alessio, Université de Boston
Aristide Baratin, Université Paris-Sud 11	Christopher Brust, Université Johns-Hopkins	Saurya Das, Université de Lethbridge
Enrico Barausse, Institut d'astrophysique de Paris (IAP)	Pablo Bueno Gomez, Université autonome de Madrid	Arundhati Dasgupta, Université de Lethbridge
James Bardeen*, Université de l'État de Washington	Matthew Buican, Organisation européenne pour la recherche nucléaire (CERN)	Ghanashyam Date, Institut de mathématiques de Chennai
Ganapathy Baskaran*, Institut de mathématiques de Chennai	Phil Bull, Université d'Oslo	Fabio de Colle, Université nationale autonome du Mexique (UNAM)
Benjamin Basso, École Normale Supérieure de Paris	Dean Buonomano, Université de la Californie à Los Angeles (UCLA)	Gemma De Las Cuevas, Institut Max-Planck d'optique quantique
John Beamish, Université de l'Alberta	Sheldon Campbell, Université d'État de l'Ohio	Robert de Mello Koch***, Université du Witwatersrand, Johannesburg
Federico Becca, École internationale supérieure d'études avancées (SISSA)	Jennifer Cano, Université de la Californie à Santa Barbara	Claudia de Rham, Université Case Western Reserve
Christopher Beem, Institut d'études avancées de Princeton (IAS)	Vitor Cardoso**, Institut supérieur de technologie de l'Université de Lisbonne (IST)	Nadish de Silva, Université d'Oxford
Edo Berger, Université Harvard	Sylvain Carrozza, Centre de physique théorique de l'Université d'Aix-Marseille (CPT)	Richard deJonghe, Université de l'Illinois à Chicago
Daniele Bertolini, Institut de technologie du Massachusetts (MIT)	Marc Casals, Collège universitaire de Dublin	Vincent Desjacques, Université de Genève
	Alejandra Castro, Université McGill	Tudor Dimofte, Institut d'études avancées de Princeton (IAS)
	Claudio Chamon, Université de Boston	Savas Dimopoulos*, Université Stanford
	Gang Chen, Université de Toronto	Babette Doebrich, Synchrotron d'électrons allemand (DESY)
	Meng Cheng, Station Q de Microsoft Research	Andreas Doering, Université d'Oxford
	Clifford Cheung, Institut de technologie de la Californie (Caltech)	Brian Dolan***, Université nationale d'Irlande à Maynooth
	Andrew Childs, Université de Waterloo	

Pietro Dona, École internationale supérieure d'études avancées (SISSA)

Ruifeng Dong, Université d'État de New York (SUNY) à Buffalo

Maité Dupuis, Institut de gravitation quantique de l'Université d'Erlangen-Nuremberg

Ethan Dyer, Institut de technologie du Massachusetts (MIT)

Anatoly Dymarsky, Institut de sciences et de technologie de Skolkovo

Sonia El Hedri, Université Stanford

Shmuel Elitzur, Université hébraïque de Jérusalem

Henriette Elvang, Université du Michigan

Dalit Engelhardt, Université de la Californie à Los Angeles (UCLA)

Jared Evans, Université Rutgers

Valerio Faraoni, Université Bishop's

Matteo Fasiello, Université Case Western Reserve

Claude-André Faucher-Giguère, Université de la Californie à Berkeley

Stephen Feeney, Collège universitaire de Londres

Joshua Feinberg, Technion – Institut israélien de technologie

Daniel Fernandez-Fraile, Université Goethe de Francfort

Simone Ferraro, Université de Princeton

Guido Festuccia, Institut d'études avancées de Princeton (IAS)

Pau Figueras, Université de Cambridge

Matthew Fisher\*, Institut Kavli de physique théorique de l'Université de la Californie à Santa Barbara

Steve Flammia, Université de Sydney

Michele Fontanini, Université de Pennsylvanie

Brendan Foster, Université d'Utrecht

Anthony Fradette, Université de Victoria

Marcel Franz, Université de la Colombie-Britannique

Valeri Frolov, Université de l'Alberta

Ivette Fuentes, Université de Nottingham

Robert Furber, Université Radboud de Nimègue

Abhijit Gadde, Université d'État de New York (SUNY) à Stony Brook

Ilmar Gahramanov, Université de Hambourg

Jamison Galloway, Université de New York

Martin Ganahl, Université technologique de Graz

Fei Gao, Université Jiao-tong de Shanghai

David Garfinkle\*\*\*, Université d'Oakland

S. James Gates fils\*, Université du Maryland à College Park

Jack Gegenberg, Université du Nouveau-Brunswick

Marc Geiller, Université d'État de Pennsylvanie

Yvonne Geyer, Université d'Oxford

Amir Masoud Ghezelbash, Université de la Saskatchewan

Lisa Glaser, Institut Niels-Bohr de l'Université de Copenhague

Leonid Glazman, Université Yale

Roman Gold, Université du Maryland à College Park

John Golden, Université Brown

Henrique Gomes, Université de la Californie à Davis

Humberto Gomez, Université d'État de São Paulo

Stefania Gori, Institut Enrico-Fermi de l'Université de Chicago

Olga Goulko, Université du Massachusetts à Amherst

Sam Gralla, Université de Chicago

Ruth Gregory\*\*, Université de Durham

Daniel Grin, Institut de technologie de la Californie (Caltech)

Marco Gualtieri, Université de Toronto

Giulia Gubitosi, Université La Sapienza de Rome

Federico Guercilena, Université Goethe de Francfort

Razvan Gurau\*\*, Laboratoire de physique théorique de l'Université Paris-Sud 11

Roland Haas, Institut de technologie de la Californie (Caltech)

Jutho Haegeman, Université de Gand

Hal Haggard, Centre de physique théorique de l'Université d'Aix-Marseille (CPT)

Babak Haghighat, Université Harvard

Duncan Haldane\*, Université de Princeton

Alioscia Hamma, Université Tsinghua

Nathan Haouzi, Université de la Californie à Berkeley

Sheik Shajidul Haque, Université du Witwatersrand, Johannesburg

Sarah Harrison, Université Stanford

Thomas Hartman, Université de la Californie à Santa Barbara

Patrick Hayden\*, Université Stanford

Matthew Headrick, Université Brandeis

Teiko Heinosaari, Université de Turku

Lavinia Heisenberg, Université Case Western Reserve

Michal Heller, Université d'Amsterdam

Joe Henson, Université de Bristol

Colin Hill, Université de Princeton

Richard Hill, Université de Chicago

Ian Hinder, Institut Max-Planck de physique gravitationnelle (Institut Albert-Einstein)

Anson Hook, Institut d'études avancées de Princeton (IAS)

Kentaro Hori, Institut Kavli de physique et de mathématiques de l'univers (Kavli IPMU)

Kiel Howe, Université Stanford

Yuting Hu, Université de l'Utah

Yu-tin Huang, Université du Michigan

Kurt Hui, Université Columbia

Hsiang-Hsuan Hung, Université du Texas à Austin

Ling-Yan Hung, Université Harvard

Viqar Husain, Université du Nouveau-Brunswick

Anna Ijjas, Centre d'astrophysique Harvard-Smithsonian

Eyo Ita\*\*\*, Académie navale des États-Unis

Pavithran Iyer, Université de Sherbrooke

Ted Jacobson\*, Université du Maryland à College Park

Zhang Jiang, Université du Nouveau-Mexique

Austin Joyce, Université de Chicago

Sunghoon Jung, Institut d'études avancées de la Corée (KIAS)

Shamit Kachru\*, Université Stanford

Leo Kadanoff\*, Université de Chicago

Catherine Kallin\*\*\*, Université McMaster

Nemanja Kaloper, Université de la Californie à Davis

Anton Kapustin, Institut de technologie de la Californie (Caltech)

Mansour Karami, Université de Waterloo

Ribhu Kaul, Université du Kentucky

John Kehayias, Institut Kavli de physique et de mathématiques de l'univers (Kavli IPMU)

Luke Keltner, Université Case Western Reserve

Adrian Kent\*, Université de Cambridge

Boaz Keren-Zur, École polytechnique fédérale de Lausanne

Masoud Khalkhali, Université Western

Igor Khavkine, Institut de physique théorique de l'Université d'Utrecht

Nima Khosravi, Institut africain de sciences mathématiques (AIMS) – Afrique du Sud

Can Kilic, Université du Texas à Austin

Shelby Kimmel, Institut de technologie du Massachusetts (MIT)

William Kinney, Université d'État de New York (SUNY) à Buffalo

Zohar Komargodski\*\*, Institut Weizmann des sciences

## SCIENTIFIC VISITORS (CONTINUED)

- Tim Koslowski, Université du Nouveau-Brunswick
- Jurek Kowalski-Glikman, Université de Wrocław
- Graham Kribs, Université de l'Oregon
- Pavel Krtouš, Université Charles de Prague
- Hari Kunduri, Université Memorial
- Ravi Kunjwal, Institut de mathématiques de Chennai
- Gabor Kunstatler, Université de Winnipeg
- Olivier Landon-Cardinal, Institut de technologie de la Californie (Caltech)
- Nick Lange, Université de Victoria
- Miklos Langvik, Centre de physique théorique de l'Université d'Aix-Marseille (CPT)
- Chris Laumann\*\*, Université de l'État de Washington
- Guilhem Lavaux, Université de l'Illinois à Chicago
- David Layden, Université de Waterloo
- Ching Hua Lee, Université Stanford
- Joochan Lee, Université nationale de Séoul
- Sungjay Lee, Université de Cambridge
- Matthew Leifer\*\*\*, chercheur indépendant
- Rob Leigh, Université de l'Illinois à Urbana-Champaign
- Zhou Li, Université McMaster
- Stefano Liberati, École internationale supérieure d'études avancées (SISSA)
- Andrew Liddle, Université du Sussex
- Stefan Lippoldt, Université Friedrich-Schiller d'Iéna
- Arthur Lipstein, Université d'Oxford
- Zheng-Xin Liu, Université Tsinghua
- Fedele Lizzi, Université de Naples Frédéric II
- Ya-Lin Lo, Université nationale de Taiwan
- Renate Loll\*, Université Radboud de Nîmègue
- Niccolo Loreti, Université La Sapienza de Rome
- Marilena LoVerde, Université de Chicago
- Yuan-Ming Lu, Université de la Californie à Berkeley
- Phillip Macias, Université de la Californie à Santa Cruz
- Joseph Maciejko, Université de l'Alberta
- Carlos Mafra, Université de Cambridge
- Jeremy Mardon, Université Stanford
- Zachary Mark, Collège Oberlin
- Daniel Marsden, Université d'Oxford
- Travis Martin, Laboratoire TRIUMF
- Mercedes Martin-Benito, Université Radboud de Nîmègue
- Andrew Matas, Université Case Western Reserve
- David Mattingly, Université du New Hampshire
- Stacy McGaugh, Université du Maryland à College Park
- Marco Meineri, École normale supérieure de Pise
- Krzysztof Meissner, Université de Varsovie
- Noppadol Mekareeya, Collège impérial de Londres
- Carlo Meneghelli, Synchrotron d'électrons allemand (DESY)
- Max Metlitski, Université Harvard
- David Meyer, Université de la Californie à San Diego
- Mark Mezei, Institut de technologie du Massachusetts (MIT)
- Shiraz Minwalla, Institut Tata de recherche fondamentale
- Roger Mong, Université de la Californie à Berkeley
- Alberto Montana, Université de Lugano
- Eun-Gook Moon, Université de la Californie à Santa Barbara
- Tim Morris, Université de Southampton
- Ugo Moschella\*\*\*, Université de l'Insubrie à Côme
- Markus Mueller, Université de Heidelberg
- Roderigo Muniz, Université de la Californie du Sud
- Jonas Mureika, Université Loyola Marymount
- Sona Najafi, Université de Georgetown
- Yu Nakayama, Université de la Californie à Berkeley
- Andrea Napoletano, Université La Sapienza de Rome
- Gaurav Narain, Institut de mathématiques de Chennai
- Ramesh Narayan\*, Centre d'astrophysique Harvard-Smithsonian
- Ali Narimani, Université de la Colombie-Britannique
- Jayant Narlikar\*\*\*, Centre interuniversitaire d'astronomie et d'astrophysique
- Rodolfo Navarrete Perez, Université de la Californie à Santa Cruz
- Elliot Nelson, Université d'État de Pennsylvanie
- Titus Neupert, Institut fédéral suisse de technologie de Zurich (ETH)
- Xiaotong Ni, Institut Max-Planck d'optique quantique
- Alberto Nicolis, Université Columbia
- Florian Niedermann, Centre Arnold-Sommerfeld de physique théorique de l'Université Ludwig-Maximilian de Munich
- Fabrizio Nieri, Université du Surrey
- Tsuyoshi Okubo, Université de Tokyo
- Ognjan Oreshkov, Université libre de Bruxelles
- Daniele Oriti, Institut Max-Planck d'optique quantique
- Omar Ortiz, Université nationale de Córdoba
- Prince Osei, Institut africain de sciences mathématiques (AIMS) – Ghana
- Adam Paetznick, Université de Waterloo
- Dmitry Panchenko, Université Texas A&M
- Paolo Pani, Institut supérieur de technologie de l'Université de Lisbonne (IST)
- Daniel Park, Université d'État de New York (SUNY) à Stony Brook
- Michael Park, Université Rutgers
- Sara Pasquetti, Université du Surrey
- Miguel Paulos, Université Pierre-et-Marie-Curie
- Ue-Li Pen, Institut canadien d'astrophysique théorique de l'Université de Toronto (ICAT)
- Tami Pereg-Barnea, Université McGill
- Maxim Perelstein, Université Cornell
- David Pinner, Université de la Californie à Berkeley
- Daniel Plencker, Centre Arnold-Sommerfeld de physique théorique de l'Université Ludwig-Maximilian de Munich
- Anatoli Polkovnikov, Université de Boston
- Frank Pollmann, Institut Max-Planck de physique
- Cristina Popa, Université Harvard
- Sandu Popescu\*, Université de Bristol
- Erich Poppitz, Université de Toronto
- Achilleas Porfyriadis, Université Harvard
- Andrew Potter, Université de la Californie à Berkeley
- Madappa Prakash, Université de l'Ohio
- Jorge Preciado, Université de Guanajuato
- Chanda Prescod-Weinstein, Centre spatial Goddard de la NASA
- John Preskill, Institut de technologie de la Californie (Caltech)
- Frans Pretorius\*, Université de Princeton
- Joel Primack, Université de la Californie à Santa Cruz

Xiao-Liang Qi, Université Stanford  
 Yang Qi, Université Tsinghua  
 Thomas Quella, Université de Cologne  
 Enrico Ramirez, Université de la Californie à Santa Cruz  
 Shlomo Razamat, Université d'État de New York (SUNY) à Stony Brook  
 Nicolas Regnault, Université de Princeton  
 Beth Reid, Laboratoire national Lawrence-Berkeley  
 Katarzyna Rejzner, Université d'York  
 Raquel Ribeiro, Université Case Western Reserve  
 Jess Riedel, Centre de recherches Watson d'IBM  
 Aldo Riello, Université d'Aix-Marseille  
 Julian (Jose) Rincon, Laboratoire national d'Oak Ridge  
 Tanja Rindler-Daller, Université du Michigan  
 Adam Ritz, Université de Victoria  
 Vincent Rivasseau\*\*, Laboratoire de physique théorique de l'Université Paris-Sud 11  
 Rachel Rosen, Université Columbia  
 Ira Rothstein, Université Carnegie-Mellon  
 Robert Rutledge, Université McGill  
 Subir Sachdev\*, Université Harvard  
 Arijit Saha, Université de Bâle  
 Jeremy Sakstein, Université de Cambridge  
 Dine Samary, Université d'Abomey-Calavi  
 Johan Samsing, Institut Niels-Bohr de l'Université de Copenhague  
 Siddhartha Santra, Université de la Californie du Sud  
 Frank Saueressig, Université Radboud de Nîmègue  
 Koenraad Schalm, Université de Leyde  
 Fidel Schaposnik, Université nationale de La Plata  
 Robert Schneider, Centre Arnold-Sommerfeld de physique théorique de l'Université Ludwig-Maximilian de Munich  
 Daniel Scolnic, Université Johns-Hopkins  
 Douglas Scott, Université de la Colombie-Britannique  
 Patrick Scott, Université McGill  
 Morag Scrimgeour, Université de Waterloo  
 Sanjeev Seahra, Université du Nouveau-Brunswick  
 Charles Sebens, Université du Michigan  
 Leonardo Senatore, Laboratoire national de l'accélérateur SLAC  
 Maksym Serbyn, Institut de technologie du Massachusetts (MIT)  
 Amit Sever, Institut d'études avancées de Princeton (IAS)  
 Christopher Sheehy, Université de Chicago  
 Dong-Ning Sheng, Université d'État de Californie à Northridge  
 William Shepherd, Université de la Californie à Santa Cruz  
 Blake Sherwin, Université de Princeton  
 Ravi Sheth, Université de Pennsylvanie  
 Kirill Shtengel, Université de la Californie à Riverside  
 Sergey Sibiriyakov, Institut de recherche nucléaire de l'Académie des sciences de Russie  
 Kris Sigurdson\*\*, Université de la Colombie-Britannique  
 Jamie Sikora, Université Paris-VII  
 Eva Silverstein\*, Université Stanford  
 David Simmons-Duffin, Institut d'études avancées de Princeton (IAS)  
 Sukhwinder Singh, Université Macquarie  
 Aninda Sinha, Institute indien des sciences  
 Tracy Slatyer, Institut de technologie du Massachusetts (MIT)  
 Misha Smolkin, Université de la Californie à Berkeley  
 Rui Soares Barbosa, Université d'Oxford  
 Evgeny Sobko, École Normale Supérieure de Paris  
 Dam Thanh Son\*, Université de Chicago  
 Jaewon Song, Université de la Californie à San Diego  
 Thomas Sotiriou, École internationale supérieure d'études avancées (SISSA)  
 Antony Speranza, Université du Maryland à College Park  
 Simone Speziale, Centre de physique théorique de l'Université d'Aix-Marseille (CPT)  
 Kellogg Stelle, Collège impérial de Londres  
 Dejan Stojkovic\*\*\*, Université d'État de New York (SUNY) à Buffalo  
 Philipp Strack, Université Harvard  
 Louis Strigari, Université Stanford  
 Andrew Strominger\*, Université Harvard  
 Sotaro Sugishita, Université de Kyoto  
 Kai Sun, Université du Michigan  
 Sichun Sun, Université de l'État de Washington  
 Raman Sundrum\*, Université du Maryland à College Park  
 Brian Swingle, Université Stanford  
 Hirohisa Tanaka, Université de la Colombie-Britannique  
 Edward Taylor, Université McMaster  
 Jacob Taylor, Institut de technologie du Massachusetts (MIT)  
 Barbara Terhal\*, Université technique de Rhénanie-Westphalie (RWTH) à Aix-la-Chapelle  
 Senthil Todadri\*, Institut de technologie du Massachusetts (MIT)  
 Andrew Tolley, Université Case Western Reserve  
 Alessandro Tomasiello, Université de Milan-Bicocca  
 Erik Tonni, École internationale supérieure d'études avancées (SISSA)  
 Reiko Toriumi, Université de la Californie à Irvine  
 Viktor Toth, chercheur indépendant  
 Gabriele Trevisan, École internationale supérieure d'études avancées (SISSA)  
 William Unruh\*, Université de la Colombie-Britannique  
 Abolhassan Vaezi, Université Cornell  
 Wilke van der Schee, Université d'Utrecht  
 Vincent Vennin, Institut d'astrophysique de Paris (IAP)  
 Louis Vervoort, Université de Montréal  
 Thomas Vidick\*\*, Institut de technologie de la Californie (Caltech)  
 Francesca Vidotto, Université Radboud de Nîmègue  
 Fabien Vignes-Tourneret, Université de Lyon  
 Giovanni Villadoro, Centre international Abdus-Salam de physique théorique (ICTP)  
 Smitha Vishveshwara, Université de l'Illinois à Urbana-Champaign  
 Ashvin Vishwanath\*, Université de la Californie à Berkeley  
 Spenta Wadia, Institut Tata de recherche fondamentale  
 Max Wainwright, Université de la Californie à Santa Cruz  
 Johannes Walcher, Université McGill  
 Robert Wald, Université de Chicago  
 Andrew Waldron, Université de la Californie à Davis  
 Aron Wall, Université du Maryland à College Park  
 Yidun Wan, Université de Tokyo  
 Yuan Wan, Université Johns-Hopkins  
 Zhenghan Wang\*, Station Q de Microsoft Research  
 Nicholas Warner, Université de la Californie du Sud  
 Scott Watson, Université de Syracuse  
 Hans Westman, Institut de physique théorique (IFT) du Conseil national de recherches d'Espagne (CSIC)

## SCIENTIFIC VISITORS (CONTINUED)

Christopher Wever, Institut de physique nucléaire du Centre national de la recherche scientifique Demokritos de Grèce	Mark Wise*, Institut de technologie de la Californie (Caltech)	Ahmed Youssef, Université Humboldt de Berlin
Steven White*, Université de la Californie à Irvine	Elie Wolfe, Université du Connecticut	Felix Yu, Laboratoire national de l'accélérateur Fermi (Fermilab)
Lawrence Widrow, Université Queen's	Zhigang Wu, Université Queen's	Fan Zhang, Université normale de Beijing
Paul Wiegmann, Université de Chicago	Wei Xue, Université McGill	Long Zhang, Université Tsinghua
Wolfgang Wieland, Centre de physique théorique de l'Université d'Aix-Marseille (CPT)	Masahito Yamazaki, Institut Kavli de physique et de mathématiques de l'univers (Kavli IPMU)	Yue Zhang, Institut de technologie de la Californie (Caltech)
Julia Wildeboer, Université Washington de Saint-Louis	I-Sheng Yang, Université Columbia	Alexander Zhiboedov, Université de Princeton
Edward Wilson-Ewing, Institut Max-Planck de physique gravitationnelle (Institut Albert-Einstein)	Shuo Yang, Université technologique de Dalian	Aaron Zimmerman, Institut canadien d'astrophysique théorique de l'Université de Toronto (ICAT)
	Norm Yao, Université Harvard	Karol Zyczkowski, Université jagellonne
	Daisuke Yokoyama, Université nationale de Séoul	

## MEMBRES AFFILIÉS EN 2013-2014

Ian Affleck, Université de la Colombie-Britannique	Valerio Faraoni, Université Bishop's	Hari Kunduri, Université Memorial
Arif Babul, Université de Victoria	Marcel Franz, Université de la Colombie-Britannique	Gabor Kunstatter, Université de Winnipeg
Leslie Ballentine, Université Simon-Fraser	Doreen Fraser, Université de Waterloo	Kayll Lake, Université Queen's
Richard Bond, Institut canadien d'astrophysique théorique de l'Université de Toronto (ICAT)	Andrew Frey, Université de Winnipeg	Debbie Leung, IQC
Ivan Booth, Université Memorial	Andrei Frolov, Université Simon-Fraser	Randy Lewis, Université York
Vincent Bouchard, Université de l'Alberta	Valeri Frolov, Université de l'Alberta	Hoi-Kwong Lo, Université de Toronto
Robert Brandenberger, Université McGill	Jack Gegenberg, Université du Nouveau-Brunswick	Michael Luke, Université de Toronto
Gilles Brassard, Université de Montréal	Ghazal Geshnizjani, Université de Waterloo	Adrian Lupascu, IQC
Anne Broadbent, Université d'Ottawa	Amir Masoud Ghezelbash, Université de la Saskatchewan	Norbert Lütkenhaus, IQC
Anton Burkov, Université de Waterloo	Shohini Ghose, Université Wilfrid-Laurier	A. Hamed Majedi, IQC
Bruce Campbell, Université Carleton	Florian Girelli, Université de Waterloo	Alexander Maloney, Université McGill
Benoit Charbonneau, Faculté St-Jérôme de l'Université de Waterloo	Stephen Godfrey, Université Carleton	Robert Mann, Université de Waterloo
Gang Chen, Université de Toronto	Thomas Gregoire, Université Carleton	Gerry McKeon, Université Western
Jeffrey Chen, Université de Waterloo	John Harnad, Université Concordia	Brian McNamara, Université de Waterloo
Andrew Childs, Institut d'informatique quantique de l'Université de Waterloo (IQC)	Jeremy Heyl, Université de la Colombie-Britannique	Volodya Miransky, Université Western
Kyung Soo Choi, IQC	Gilbert Patrick Holder, Université McGill	Guy Moore, Université McGill
Matthew Choptuik, Université de la Colombie-Britannique	Bob Holdom, Université de Toronto	Ruxandra Moraru, Université de Waterloo
Dan Christensen, Université Western	Michael Hudson, Université de Waterloo	David Morrissey, Laboratoire TRIUMF
Aashish Clerk, Université McGill	Viqar Husain, Université du Nouveau-Brunswick	Norman Murray, ICAT
James Cline, Université McGill	Thomas Jennewein, IQC	Wayne Myrvold, Université Western
Alan Coley, Université Dalhousie	Catherine Kallin, Université McMaster	Julio Navarro, Université de Victoria
Andrzej Czarnecki, Université de l'Alberta	Joanna Karczmarek, Université de la Colombie-Britannique	Ashwin Nayak, Université de Waterloo
Saurya Das, Université de Lethbridge	Spiro Karigiannis, Université de Waterloo	Elisabeth Nicol, Université de Guelph
Arundhati Dasgupta, Université de Lethbridge	Mikko Karttunen, Université de Waterloo	Don Page, Université de l'Alberta
Keshav Dasgupta, Université McGill	Achim Kempf, Université de Waterloo	Prakash Panangaden, Université McGill
Rainer Dick, Université de la Saskatchewan	Yong-Baek Kim, Université de Toronto	Arun Paramekanti, Université de Toronto
Joseph Emerson, IQC	David Kribs, Université de Guelph	Manu Paranjape, Université de Montréal
		Amanda Peet, Université de Toronto
		Ue-Li Pen, ICAT
		Alexander Penin, Université de l'Alberta
		Tamar Pereg-Barnea, Université McGill



Harald Pfeiffer, ICAT  
Marco Piani, IQC  
Levon Pogosian, Université Simon-Fraser  
Dmitri Pogosyan, Université de l'Alberta  
Eric Poisson, Université de Guelph  
Erich Poppitz, Université de Toronto  
David Poulin, Université de Sherbrooke  
Robert Raussendorf, Université de la Colombie-Britannique  
Ben Reichardt, Université de la Californie du Sud  
Kevin Resch, IQC  
Adam Ritz, Université de Victoria  
Moshe Rozali, Université de la Colombie-Britannique  
Barry Sanders, Université de Calgary

Veronica Sanz-Gonzalez, Université York  
Kristin Schleich, Université de la Colombie-Britannique  
Achim Schwenk, Université technologique de Darmstadt  
Douglas Scott, Université de la Colombie-Britannique  
Sanjeev Seahra, Université du Nouveau-Brunswick  
Peter Selinger, Université Dalhousie  
Gordon Semenoff, Université de la Colombie-Britannique  
John Sipe, Université de Toronto  
Philip Stamp, Université de la Colombie-Britannique  
Aephraim Steinberg, Université de Toronto

Alain Tapp, Université de Montréal  
James Taylor, Université de Waterloo  
André-Marie Tremblay, Université de Sherbrooke  
Mark Van Raamsdonk, Université de la Colombie-Britannique  
Johannes Walcher, Université McGill  
Mark Walton, Université de Lethbridge  
John Watrous, IQC  
Steve Weinstein, Université de Waterloo  
Lawrence Widrow, Université Queen's  
Frank Wilhelm-Mauch, IQC  
Don Witt, Université de la Colombie-Britannique  
Bei Zeng, Université de Guelph

## CONFÉRENCES ET ATELIERS EN 2013-2014

### **Newtonian Studies of Black Hole Stars**

**Meet General Relativity Effects** (Les études newtoniennes des étoiles à trou noir rejoignent les effets de la relativité générale)  
Du 19 au 30 août 2013

**Cosmology and Strong Gravity** (Cosmologie et gravité forte)  
Le 11 octobre 2013

**Physics Around Mirror Symmetry** (La physique autour de la symétrie bilatérale)  
Du 21 au 25 octobre 2013

**PI-UIUC Joint Workshop on Strongly Correlated Quantum Many-Body Systems** (Atelier conjoint IP-UIUC sur les systèmes quantiques fortement corrélés à N corps)  
Les 7 et 8 novembre 2013

**Waterloo Soft Matter Theory** (Théorie de Waterloo sur la matière souple)  
Le 5 décembre 2013

**PI Day** (Journée de l'IP)  
Le 30 janvier 2014

### **Emergence in Complex Systems**

(Émergence dans des systèmes complexes)  
Du 10 au 14 février 2014

**Implications of BICEP2** (Implications de l'expérience BICEP2)  
Le 4 avril 2014

**Renormalization Group Approaches to Quantum Gravity** (Étude de la gravitation quantique par des méthodes de groupe de renormalisation)  
Du 22 au 25 avril 2014

**Supersymmetric Quantum Field Theories in Five and Six Dimensions** (Théories quantiques supersymétriques des champs dans des espaces à 5 et à 6 dimensions)  
Du 24 au 26 avril 2014

**4 Corner Southwest Ontario Condensed Matter Physics Symposium 2014** (Colloque des quatre coins du Sud-ouest ontarien sur la matière condensée 2014)  
Le 1er mai 2014

### **Compute Ontario Research Day 2014**

(Journée de la recherche 2014 de Calcul Ontario)  
Le 7 mai 2014

**Quantum Many-Body Dynamics** (Dynamique des systèmes quantiques à N corps)  
Du 12 au 16 mai 2014

**Quantum Gravity Day** (Journées de la gravitation quantique)  
Les 21 et 22 mai 2014

Low Energy Challenges for High Energy Physicists (Défis des basses énergies pour physiciens des hautes énergies)  
Du 26 au 30 mai 2014

**New Ideas in Low-Energy Tests of Fundamental Physics** (Nouvelles idées sur les tests à basse énergie en physique fondamentale)  
Du 16 au 19 juin 2014

**International Workshop on Quantum LDPC Codes** (Atelier international sur les codes LDPC quantiques)  
Du 14 au 16 juillet 2014

## COURS EN 2013-2014

**General Relativity for Cosmology** (Relativité générale en cosmologie)  
Donné par Achim Kempf, Université de Waterloo  
Du 19 septembre au 28 novembre 2013  
Visionnement : <http://pirsa.org/C13036>

**Topics in QFT on Flat and Curved Spacetimes** (Théorie quantique des champs, et espace-temps plat et incurvé)  
Donné par Ugo Moschella, Université de l'Insubrie à Côme  
Du 25 septembre au 23 octobre 2013  
Visionnement : <http://pirsa.org/C13022>

**Quantum Field Theory for Cosmology** (Théorie quantique des champs en cosmologie)  
Donné par Achim Kempf, Université de Waterloo  
Du 7 janvier au 1er avril 2014  
Visionnement : <http://pirsa.org/C14001>

**Introduction to Effective Field Theories** (Introduction aux théories effectives des champs)  
Donné par Cliff Burgess, Institut Périmètre et Université McMaster  
Du 10 janvier au 28 mars 2014  
Visionnement : <http://pirsa.org/C14016>

**Spacetime Approach to Force-Free Magnetospheres** (Espace-temps et magnétosphères dépourvues de forces)  
Donné par Ted Jacobson, Université du Maryland à College Park  
Du 25 février au 5 mars 2014  
Visionnement : <http://pirsa.org/C14019>



## PARRAINAGES EN 2013-2014

13<sup>e</sup> Conférence internationale sur le calcul non conventionnel et le calcul naturel, Université Western

14<sup>e</sup> École d'été et 11<sup>e</sup> Conférence étudiante canadiennes sur l'information quantique, Université de Guelph

15<sup>e</sup> Conférence canadienne sur la relativité générale et l'astrophysique relativiste, Université de Winnipeg

Conférence canadienne 2013 sur la physique au 1<sup>er</sup> cycle (CUPC), Université McMaster

Congrès 2014 de l'ACP, Laboratoire SNOLAB de l'Université Laurentienne

Conférence Canada-États-Unis-Mexique (CAM) des étudiants diplômés en physique, Université de Waterloo

*GAP 2014*, Université de la Colombie-Britannique et Institut de sciences mathématiques du Pacifique (PIMS)

Institut d'hiver 2014 du lac Louise, Université de l'Alberta

*QCrypt 2013*, Institut d'informatique quantique de l'Université de Waterloo

*Quantum Computing, Algebra, and Combinatorics* (Calcul, algèbre et combinatoire quantiques), Université de Waterloo

*String-Math 2014*, Université de l'Alberta

*Theory Canada 9* (Théorie Canada 9), Université Wilfrid-Laurier

# MERCI AUX VISIONNAIRES

MERCI AUX VISIONNAIRES

L'INSTITUT PÉRIMÈTRE DOIT SON EXISTENCE À UN PARTENARIAT PUBLIC-PRIVÉ D'AVANT-GARDE. 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

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

La liste des donateurs de l'Institut Péricètre  
est accessible à la page  
[www.perimeterinstitute.ca/soutenez-linstitut-perimetre](http://www.perimeterinstitute.ca/soutenez-linstitut-perimetre)

« L'Institut Périmètre est maintenant l'un des principaux centres de physique théorique au monde, sinon le principal centre. »  
[traduction]

– Stephen Hawking, titulaire d'une chaire de chercheur invité distingué de l'Institut Périmètre et professeur lucasien émérite, Université de Cambridge



INSTITUT **PI** PÉRIMÈTRE DE PHYSIQUE THÉORIQUE

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

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

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