

ANNUEL 2012

INSTITUT **PI** PÉRIMÈTRE DE PHYSIQUE THÉORIQUE

$\psi_m(a)$
 $\psi(\rho) = \sum E_j f$
 $E_j^+ E_j = I$
 $\vec{p} | \psi_{kjm}$

RAPPORT ANNUEL 2012

VISION

CRÉER 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 | 3 |
| Message du président du conseil | 4 |
| Message du directeur de l'Institut | 6 |
| Recherche | 8 |
| Matière condensée | 10 |
| Cosmologie | 12 |
| Physique mathématique | 14 |
| Physique des particules | 16 |
| Théorie quantique des champs et théorie des cordes | 18 |
| Fondements quantiques | 20 |
| Gravitation quantique | 22 |
| Information quantique | 24 |
| Gravité forte | 26 |
| Prix, distinctions et subventions | 28 |
| Recrutement | 30 |
| Formation à la recherche | 34 |
| Réunions de chercheurs | 36 |
| Collaborations | 38 |
| Diffusion des connaissances | 40 |
| Développement de l'Institut Périmètre | 46 |
| Remerciements à ceux qui nous soutiennent | 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 Périmètre de physique théorique pour l'exercice allant du 1^{er} août 2011 au 31 juillet 2012.



PRÉSENTATION

L'Institut Péricètre de physique théorique a été fondé en 1999, à Waterloo (Ontario), au Canada. Il a pour but de favoriser des percées dans notre compréhension de l'univers sous ses aspects les plus fondamentaux. Pour cela, l'Institut soutient la recherche, la formation et la diffusion de connaissances en physique théorique fondamentale.

L'Institut Péricètre est devenu l'un des principaux centres de physique théorique au monde. Il compte plus de 150 chercheurs, depuis des étudiants à la maîtrise jusqu'à d'éminents scientifiques établis. L'Institut héberge le groupe de postdoctorants indépendants en physique théorique le plus important au monde et reçoit annuellement plus de 600 candidatures pour quelque 10 bourses postdoctorales. Plus de 1000 chercheurs du monde entier rendent visite à l'Institut chaque année, ce qui en fait une plaque tournante planétaire de l'échange d'idées.

Pourquoi la physique théorique? Parce que maintes et maintes fois, ses découvertes sur les propriétés les plus fondamentales de l'univers ont ouvert la voie à de nouvelles technologies. De Newton à Einstein en passant par Maxwell, la physique théorique a donné naissance aux moyens techniques de la société moderne – de la plomberie à l'électricité, des téléphones multifonctionnels aux satellites. Ses idées ont alimenté l'innovation et entraîné la création d'industries entièrement nouvelles. De nos jours, la physique théorique continue d'ouvrir des portes sur l'avenir – qu'il s'agisse d'ordinateurs quantiques ou de nouvelles sources d'énergie. Une percée en physique théorique peut littéralement changer le monde.

L'Institut Péricètre ne fait pas que de la recherche. Une jeunesse brillante constitue le moteur de la science. C'est pourquoi l'Institut a élaboré des programmes innovateurs et recherchés de formation scientifique, dont le programme PSI (*Perimeter Scholars International*). Comme il est important de faire connaître au plus grand nombre les merveilles de la science et l'enthousiasme qu'elle suscite pour révéler de nouveaux talents, l'Institut mène à l'intention des élèves, des enseignants et du grand public un programme de diffusion des connaissances qui a été récompensé par des prix.

MESSAGE DU PRÉSIDENT DU CONSEIL

« Ici, les plus éminents physiciens théoriciens peuvent laisser libre cours à leur imagination, apprendre et envisager ce qui pourrait être, à partir de ce qui est. Comprendre la nature de l'univers et de tout ce que cela comporte n'est pas une mince tâche. Or, les gens de cet institut s'attaquent de front à ces questions. »

– Le très honorable David Johnston, gouverneur général du Canada

J'ai fondé l'Institut Périmètre à partir d'une idée simple : tous les progrès scientifiques et technologiques réalisés par notre civilisation reposent sur des avancées de la physique fondamentale. À bien y penser, c'est normal – une compréhension profonde ouvre de nouvelles portes. Quelques théoriciens ayant de bonnes idées peuvent provoquer de grands changements. Cela semblait donc un excellent investissement pour l'avenir du Canada que de les rassembler en leur donnant les moyens d'approfondir leurs idées les plus audacieuses. En un mot, la physique théorique d'aujourd'hui est la technologie de demain.

Les résultats ont été meilleurs et plus rapides que tout ce dont j'avais pu rêver.

Je n'aurais jamais osé imaginer que, à peine plus d'une décennie après la fondation de l'Institut Périmètre, Stephen Hawking affirmerait publiquement que c'est peut-être selon lui le meilleur institut de son genre dans le monde. Et c'est pourtant ce qui s'est produit.

Année après année, nous avons vu s'améliorer la qualité de la recherche effectuée à l'Institut. Cela m'a sauté aux yeux lorsque j'ai vu la récente étude de Thomson Reuters montrant qu'en 2010, le Canada s'est classé au premier rang des pays du G8 pour l'indice de citation en physique, alors que sans l'Institut Périmètre, il aurait été quatrième. C'est incroyable!

La dernière année a été marquée par plusieurs embauches spectaculaires. L'Institut Périmètre rivalise avec les plus grandes institutions du monde pour l'obtention des meilleurs cerveaux – et il remporte la palme. Le recrutement des chercheurs les plus brillants est la voie la plus sûre d'une recherche exceptionnelle.

La grande nouvelle scientifique de l'année a été la première détection du boson de Higgs, là où les théoriciens avaient prédit sa présence il y a près d'un demi-siècle. C'est un très bon exemple de la manière dont la théorie oriente la découverte : sans un cadre conceptuel permettant d'organiser les particules fondamentales et sans la capacité de faire des prédictions mathématiques précises, la découverte du boson de Higgs aurait été impossible.

Cette découverte nous en a appris beaucoup sur la nature de l'infiniment petit. Au début de 2013, nous en apprendrons davantage sur l'infiniment grand, avec la sortie des premières données du satellite Planck. L'Institut Périmètre sera un chef de file de l'interprétation théorique de ces données.

Et à l'échelle humaine, il est à la fois gratifiant et enthousiasmant de voir comment l'Institut Périmètre a donné naissance à un pôle important de technologie quantique – ici même à Waterloo –, maintenant connu sous le nom de *Quantum Valley*.



Beaucoup de gens, et j'en fais partie, croient que les ordinateurs quantiques, les détecteurs quantiques et la science de l'information quantique ont un potentiel de mutation technologique. Waterloo est devenue une plaque tournante de ce domaine en émergence, réunissant aussi bien la théorie fondamentale, à l'Institut Péricimètre, que l'expérimentation, la fabrication et l'informatique à l'Institut d'informatique quantique de l'Université de Waterloo.

Les théoriciens de l'Institut Péricimètre sont à même de semer l'innovation sur de nombreux fronts. À titre d'exemple, pour mettre en œuvre la technologie quantique, nous avons besoin de nouveaux matériaux. Là encore, la théorie est un moteur crucial. Au cours des dernières années, l'Institut a recruté des théoriciens exceptionnels, dont les travaux pourraient déboucher sur des matériaux quantiques inédits et de nouvelles phases de la matière.

Je ne suis pas le seul à avoir foi en l'Institut Péricimètre. Depuis le premier jour, les gouvernements du Canada et de l'Ontario ont fait preuve de vision et ont apporté un soutien inébranlable à l'Institut, sachant que celui-ci crée de nouvelles ressources – talents et connaissances – dont nous profiterons tous dans l'avenir.

J'aimerais remercier les membres du conseil d'administration de leur dévouement et de la direction qu'ils impriment à l'Institut, et y souhaiter la bienvenue à Art MacDonald, l'un des physiciens les plus éminents au Canada et l'un des fondateurs du laboratoire SNOLAB. Nous bénéficions déjà de ses compétences et de ses idées.

Au cours de la dernière année, j'ai vu avec plaisir l'enthousiasme et l'engagement de nombreuses figures de premier plan de la société canadienne envers l'Institut Péricimètre. J'aimerais notamment remercier les membres du bureau de notre conseil d'orientation : Kiki Delaney, Jon Dellandrea, Arlene Dickinson, Cosimo Fiorenza, Carol Lee et Maureen Sabia. Nous leur sommes très reconnaissants pour les efforts qu'ils consacrent à expliquer l'importance de l'Institut et à accroître le soutien dont il bénéficie. Les dons généreux de plusieurs Canadiens visionnaires nous font très chaud au cœur. C'est avec plaisir que nous accueillons tous ceux qui se joignent à nous pour assurer le succès de l'Institut Péricimètre.

Enfin, j'aimerais féliciter Neil Turok et la merveilleuse équipe de l'Institut. Les progrès réalisés au cours de la dernière année ont été palpitants. Chaque jour, l'Institut Péricimètre me rappelle que si l'on veut rêver, il faut le faire à l'échelle de l'univers.

– Mike Lazaridis

MESSAGE DU DIRECTEUR DE L'INSTITUT

Cette année, la physique a occupé pour une rare fois le devant de la scène : la nouvelle de la détection du boson de Higgs lors d'expériences menées au grand collisionneur hadronique du CERN, en Suisse, a fait les manchettes dans le monde entier. Je suis allé au CERN juste après le grand événement, et c'est avec émerveillement que j'ai constaté le grand nombre de jeunes physiciens qui avaient participé à ces travaux et que j'ai vécu le brouhaha de leur succès.

La découverte du boson de Higgs a été le point culminant de décennies de travaux visant à vérifier une théorie élaborée dès 1964. Pensez-y un moment : il y a près d'un demi-siècle, quelques personnes – faisant appel à des principes de la physique fondamentale comme la relativité et la mécanique quantique – ont pu « voir » en profondeur la structure de la matière, à l'échelle époustouflante d'un milliardième de la taille d'un atome! La plus grande expérience de tous les temps, ainsi que les travaux de milliers de physiciens provenant de près de 100 pays, ont résulté de cet aperçu théorique initial de la réalité.

L'Institut Périmètre constitue une initiative stratégique visant à susciter des idées fondamentales semblables à celle que Higgs et ses collègues ont eue, dans l'espoir qu'elles aient le même genre de conséquences sur les expériences et les technologies de l'avenir. Nous aussi, nous étudions en profondeur la nature même de l'univers.

C'est vraiment étonnant de constater jusqu'où la science permet de voir. J'ai eu récemment le plaisir de prononcer les conférences Massey 2012 de la radio anglaise de Radio-Canada, une série de cinq exposés présentés devant public d'un bout à l'autre du Canada, diffusées à la radio nationale et publiées dans un livre. En préparant ces conférences, j'ai trouvé de nombreux exemples de la capacité humaine à prévoir et à comprendre le fonctionnement de l'univers – citons Démocrite, de la Grèce antique, qui a postulé l'existence des atomes 2000 ans avant que celle-ci ne soit prouvée; Galilée, qui s'est rendu compte que le système solaire était régi par des lois mathématiques; et les découvertes de Maxwell sur la nature de l'électromagnétisme et de la lumière, qui ont engendré la radio, la télévision et toute la technologie sans fil du monde moderne.

Cela ne veut pas dire que Démocrite a découvert l'énergie nucléaire, que Galilée a imaginé la sonde spatiale qui porte son nom, ou que Maxwell avait un BlackBerry. Les applications concrètes de la physique théorique sont rarement évidentes au premier abord. Mais elles surviennent inévitablement, et elles ont alors une grande portée.

L'Institut Périmètre repose sur ce principe : une grande idée, une percée en physique peut changer le monde. Notre mission est de réaliser de telles percées. Nous ne pouvons pas prédire quelle sera leur nature et à quel moment elles surviendront, mais nous pouvons optimiser nos chances en attirant des talents exceptionnels, en leur fournissant un milieu inspirant et une culture qui encourage ces scientifiques à viser haut et à approfondir leur approche la plus audacieuse et la plus originale des questions de science fondamentale.



Évidemment, la qualité de nos chercheurs est un ingrédient essentiel de notre succès, et nous avons recruté cette année plusieurs scientifiques dignes de mention. Xiao-Gang Wen, qui est devenu titulaire de la chaire Groupe financier BMO Isaac-Newton de physique théorique, est un scientifique de renommée mondiale dont la découverte marquante du concept d'ordre topologique recèle un grand potentiel de mise au jour de nouveaux états de la matière et matériaux quantiques, sur lesquels pourraient reposer de futurs dispositifs quantiques. M. Wen a donné une forte impulsion à nos recherches sur la matière condensée, devenue à l'Institut Péricètre un domaine important, qui donne également lieu à une synergie avec les travaux de notre voisin et partenaire expérimental, l'Institut d'informatique quantique de l'Université de Waterloo.

Davide Gaiotto, qui est déjà l'auteur d'importantes découvertes en théorie quantique des champs, est devenu le premier titulaire de la chaire Galilée. Se sont également ajoutés à notre corps professoral Bianca Dittrich, jeune chef de file de la gravitation quantique, et Avery Broderick, qui a fait œuvre de pionnier dans la production des premières images au monde de trous noirs. L'année prochaine, plusieurs recrues remarquables se joindront à nous, dont Dmitry Abanin et Roger Melko dans le domaine de la matière condensée, ainsi que Matthew Johnson et Kendrick Smith en cosmologie.

Nous préparons aussi l'avenir d'autres manières. Cette année, nos programmes primés de diffusion des connaissances ont captivé un nombre plus élevé que jamais d'élèves, d'enseignants et de personnes du grand public – de fait, cette année, nous avons touché notre *millionième* élève! La chaîne YouTube *MinutePhysics*, produite à l'Institut Péricètre par Henry Reich, diplômé du programme PSI, a rejoint plus d'un million d'abonnés. Notre programme de maîtrise PSI a également commencé à porter fruit : sur 96 diplômés à ce jour, un bon tiers sont restés en Ontario pour faire leur doctorat.

Au cours des quatre dernières années, l'Institut Péricètre a presque doublé de taille pour devenir l'un des plus grands instituts de physique théorique au monde. Cette croissance ne l'a pas empêché de conserver un esprit remarquable d'intensité, d'ambition et de plaisir. Nous croyons collectivement que la physique est un moyen non seulement de comprendre le monde, mais aussi de sonder profondément le cœur de la nature et d'ouvrir ainsi de nouvelles portes sur l'avenir.

– Neil Turok



UN MOTEUR D'EXCELLENCE

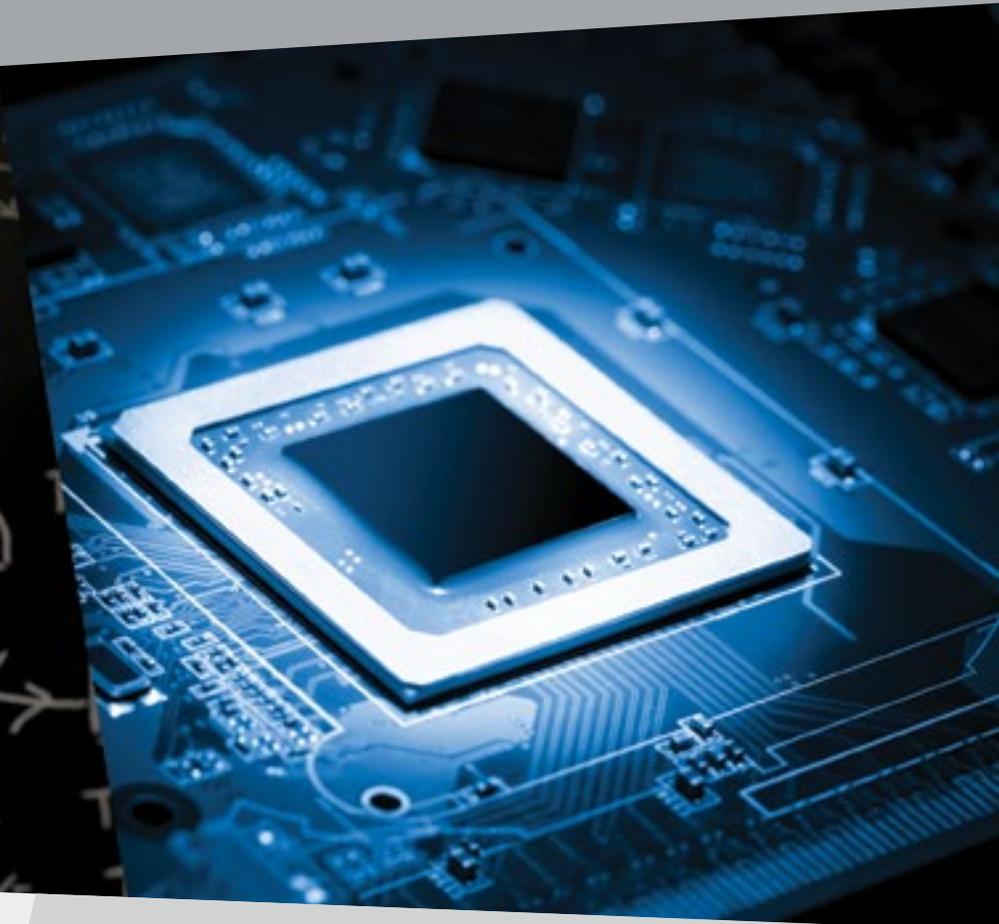
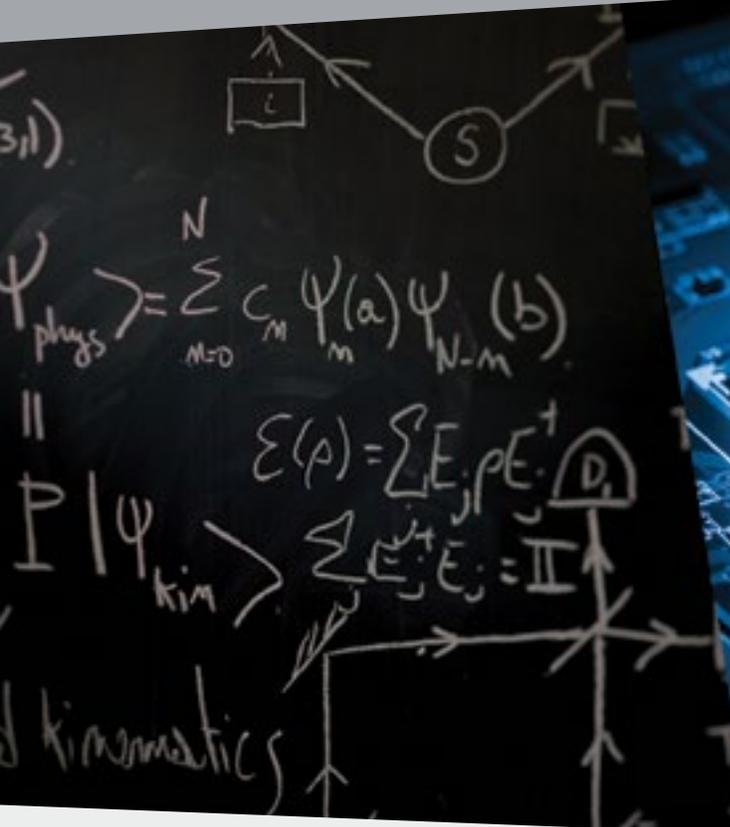
Une récente étude de Thomson Reuters a montré qu'en 2010, le Canada s'est classé au premier rang des pays du G8 pour l'indice de citation en physique; sans l'Institut Périmètre, le Canada aurait été quatrième.

La mission de l'Institut Périmètre est de réaliser les percées scientifiques qui transformeront notre avenir.

Notre stratégie consiste à réunir sous un même toit les plus brillants scientifiques de la planète, afin qu'ils puissent collaborer à l'abri des contraintes des départements universitaires traditionnels. Nous encourageons nos chercheurs à s'attaquer aux problèmes les plus difficiles et les plus urgents qu'ils puissent trouver, en exploitant toutes les idées et tous les outils disponibles.

Nos neuf domaines de recherche ont été choisis de manière stratégique. Nos recherches vont de l'infiniment petit – physique des particules et théorie des cordes – à l'infiniment grand – description globale de l'espace et du temps en cosmologie – en passant par les systèmes de matière condensée, à une échelle intermédiaire. Nous nous intéressons aux liens entre ces divers domaines : l'éclairage que la matière condensée apporte à la cosmologie; la contribution de la théorie des particules aux mathématiques et vice versa; la manière dont des questions obscures sur la nature de la mécanique quantique mènent à des progrès concrets en informatique quantique. Nous accordons de l'importance aux travaux qui se situent à l'intersection de la théorie et de l'expérimentation. En résumé, nous croyons que notre tout est plus grand que la somme de nos parties.

La combinaison de disciplines complémentaires de l'Institut Périmètre est unique, et l'accent que nous mettons sur une recherche scientifique ambitieuse et sans contrainte se traduit par une communauté de chercheurs dynamique et en croissance. Les pages qui suivent donnent un aperçu des principales réalisations de ces chercheurs en 2011-2012.



QUELQUES STATISTIQUES

Au 31 juillet 2012, l'Institut
Périmètre comptait...

18 professeurs à plein temps

12 professeurs associés

24 titulaires de chaire de
chercheur invité distingué

38 postdoctorants

72 étudiants diplômés

LA THÉORIE DEVIENT L'INNOVATION

Chaque percée scientifique est comme une lentille qui améliore notre vision, nous permettant de voir plus loin et d'imaginer de nouvelles solutions à de vieux problèmes.

Prenons l'exemple du transistor. Au début du XX^e siècle, la société de téléphonie Bell a dû composer pendant des décennies avec des tubes à vide. Elle en avait besoin pour gérer le courant électrique dans ses systèmes de téléphone et de télégraphe, mais ces tubes étaient chauds, bruyants, coûteux à fabriquer et fragiles.

Après la Seconde Guerre mondiale, les Laboratoires Bell ont mis sur pied une équipe de chercheurs ayant pour mission de s'attaquer au problème à partir des principes premiers. À l'aide de la nouvelle lentille que constituait la mécanique quantique, les scientifiques ont compris pourquoi certains matériaux sont de bons conducteurs d'électricité alors que d'autres ne le sont pas. Ils se sont finalement rendu compte que de curieux matériaux appelés *semiconducteurs* permettraient de contrôler finement le courant électrique, ce qui était la clé de la réalisation du transistor. Les inventeurs – William Brattain, John Bardeen et William Shockley – ont reçu un prix Nobel pour leurs travaux.

La mécanique quantique avait contribué à la naissance de l'unité fondamentale – cellule nerveuse – de toute l'électronique. Le transistor a engendré à son tour la *Silicon Valley* et l'ère de l'information. Si vous avez un téléphone dans une poche ou un ordinateur à proximité, vous avez des milliards de transistors à portée de la main. Et le transistor n'illustre qu'une partie de la transformation du monde par la révolution quantique. Les lasers, les appareils d'IRM, les caméras numériques, les piles solaires et les détecteurs de fumée font partie des nombreuses retombées de la première révolution quantique.

Aujourd'hui, le domaine de l'information quantique pourrait à nouveau transformer le monde avec de nouvelles technologies fondées sur des propriétés quantiques telles que la superposition et l'intrication.

MATIÈRE CONDENSÉE

Le défi de la matière condensée peut se résumer en une seule observation : le comportement d'un système de plusieurs 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 confectionner une forme exotique de matière qui pourrait servir dans des ordinateurs quantiques.

L'HOLOGRAPHIE DÉMONTRÉE

À l'Institut Périmètre et au sein d'autres organismes semblables, on entend souvent le terme *correspondance AdS/CFT*, qui signifie correspondance entre espace-temps anti-de Sitter et théorie conforme des champs. La correspondance AdS/CFT est une conjecture selon laquelle deux théories en apparence distinctes sont en réalité équivalentes. Plus précisément, elle établit un lien entre une théorie quantique des champs à N dimensions (p. ex. à 4 dimensions) et une théorie de la gravitation quantique à N+1 dimensions (p. ex. 5 dimensions). Cela fait de la correspondance AdS/CFT une sorte de théorie holographique – c'est-à-dire une théorie qui ajoute ou soustrait une dimension, tout comme un hologramme code une image en 3 dimensions sur une surface plane (à 2 dimensions).

La notion de correspondance AdS/CFT semble technique, et elle l'est. Mais au cours des 10 dernières années, elle est devenue un outil important dans de nombreux domaines de la physique. Elle est au centre de la théorie moderne des supercordes et a ouvert de nouvelles voies de recherche en gravitation quantique et en théorie quantique des champs, notamment les théories en régime de couplage fort, qui décrivent les interactions entre quarks et gluons. Dans ce contexte, la notion de correspondance AdS/CFT est beaucoup utilisée dans la physique des ions lourds, la physique de la matière condensée, et au-delà.

Mais cette correspondance est-elle réelle?

Les nombreux succès de la correspondance AdS/CFT en tant qu'outil ne constituent qu'une preuve circonstancielle. Idéalement,

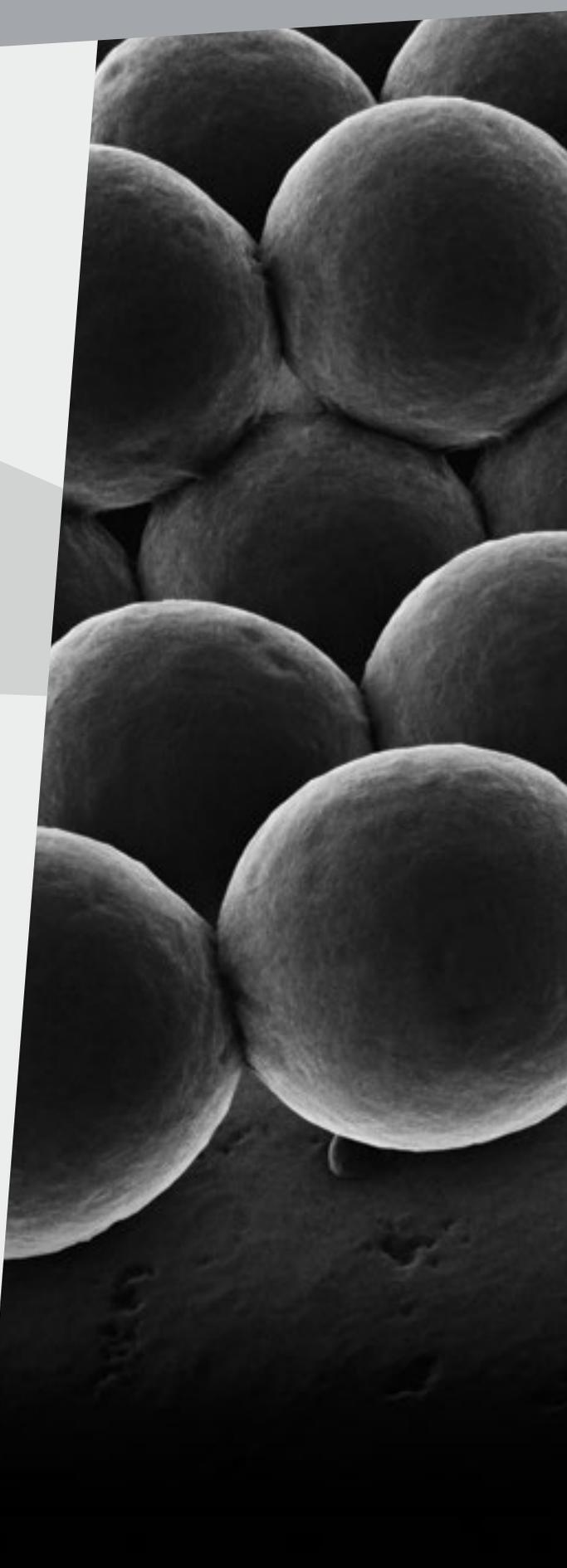
on voudrait la déduire des principes premiers. De plus, comme l'idée est venue à l'origine de la théorie des cordes, les outils mathématiques ne se sont pas révélés suffisamment généraux dans le cas des théories quantiques des champs qui, pour une raison ou pour une autre, sont difficiles à inscrire dans des théories des cordes.

Cette année, **Sung-Sik Lee, professeur associé à l'Institut Périmètre**, a réalisé les premières étapes en vue de démontrer la correspondance AdS/CFT et d'en étendre la portée. Plus précisément, il a formulé une proposition qui permet de construire à partir des principes premiers une dualité holographique pour une théorie quantique des champs générale. Les travaux de M. Lee pourraient ouvrir la voie à l'étude d'une classe plus étendue de théories quantiques des champs à l'aide de techniques d'holographie.

RÉDUCTIONNISME ET ÉMERGENCE

En physique, l'élaboration d'une théorie peut se faire de manière ascendante ou descendante. L'approche ascendante s'appelle *réductionnisme* : une connaissance suffisante des propriétés des plus petits éléments d'un système et des règles qui les régissent permet de prédire le comportement du système dans son ensemble. L'approche descendante est appelée *émergence*. Elle met l'accent sur le fait que le comportement global d'un système peut être très différent du comportement de ses composantes.

L'émergence et le réductionnisme sont des démarches nettement différentes, mais elles ne sont généralement pas en conflit direct,



sauf dans le cas de l'« émergence forte », où il peut être impossible de prédire le comportement d'un système à partir d'une connaissance de ses éléments – autrement dit, il peut ne pas y avoir de voie ascendante et l'approche réductionniste est vouée à l'échec. Cela expliquerait pourquoi, pendant des décennies, les physiciens se sont efforcés d'élaborer, à partir des principes premiers, des théories effectives des phénomènes de la matière condensée. En particulier, la forme exotique de matière quantique appelée *matière topologique* a résisté à toute description au moyen d'hamiltoniens naturels ou réalistes. (Un hamiltonien est une description mathématique de la manière dont un système physique évolue.) Le concept d'ordre topologique serait-il fortement émergent?

Eh bien non. Cette année, **Lukasz Cincio, postdoctorant à l'Institut Péricimètre**, et **Guifre Vidal, professeur à l'Institut Péricimètre**, sont parvenus à résoudre un modèle d'un système ayant un ordre topologique émergent, en commençant – dans une démarche ascendante – par les seules descriptions microscopiques de ses parties. Plus précisément, en partant d'un hamiltonien réaliste, ils ont pu non seulement montrer que le système qu'il décrit est topologiquement ordonné, mais aussi extraire numériquement une caractérisation complète de cet ordre topologique. L'approche des chercheurs est également valable pour d'autres hamiltoniens – cela signifie qu'ils ont mis au point une méthode générale de calcul des propriétés d'un ordre topologique émergent à partir des seules descriptions microscopiques. Bref, ils ont cartographié une voie ascendante de description théorique d'un système.

Références :

L'holographie démontrée : LEE, S. « Background independent holographic description: From matrix field theory to quantum gravity », *Journal of High Energy Physics (JHEP)*, vol. 2012, n° 10, article 160, arXiv:1204.1780.

Réductionnisme et émergence : CINICIO, L., et G. VIDAL. *Characterizing topological order by studying the ground states of an infinite cylinder*, arXiv:1208.2623.

Les cosmologistes de l'Institut Périmètre cherchent à cerner les constituants et l'histoire de notre univers, ainsi que les règles qui régissent son origine et son évolution. Ils cherchent à résoudre certains des problèmes les plus difficiles de la physique, à des échelles de distance et à des niveaux d'énergie qu'il serait impossible d'obtenir en laboratoire sur terre. De plus, la cosmologie est étroitement liée à d'autres domaines de recherche de l'Institut Périmètre, dont la physique des particules, la gravitation quantique, la théorie quantique des champs et la théorie des cordes, de même que la gravité forte.

ENTRE LE DERNIER ÉCRASEMENT ET LE PREMIER BANG

Que s'est-il passé *avant* le Big Bang? Tout dépend de votre interlocuteur.

L'idée répandue est que la singularité du Big Bang a constitué le début de l'espace et du temps – rien ne s'est produit avant le Big Bang, parce que le temps lui-même n'existait pas auparavant. Cependant, pour expliquer la structure de l'univers actuel, ce modèle repose sur l'inflation cosmique – une brève période d'hyperexpansion de l'univers, qui en a déterminé la structure à grande échelle au cours du premier milliardième de milliardième de milliardième de seconde de son existence. La théorie de l'inflation cosmique vient avec son lot de problèmes – suffisamment de problèmes pour susciter d'autres idées.

L'une de ces idées, mise de l'avant par **Paul J. Steinhardt, titulaire d'une chaire de chercheur invité distingué**, et par **Neil Turok, directeur de l'Institut Périmètre**, s'appelle la *cosmologie cyclique*. Dans ce modèle cyclique, le Big Bang est en réalité un rebond : une transition d'un univers précédent en contraction à l'univers actuel en expansion. Il y a eu dans le passé d'autres modèles de successions d'écrasements et d'expansions, mais dans ce modèle-ci, les cycles sont liés entre eux. De fait, dans ce modèle, la structure à grande échelle de notre univers a été déterminée au cours d'une phase de contraction lente avant le Big Bang – dans la version précédente de l'univers.

Dans le modèle cyclique, les principales questions à résoudre concernent le rebond lui-même – la transition entre l'écrasement et le Big Bang. Cette année, M. Turok et ses collaborateurs ont élaboré une nouvelle hypothèse sur la manière dont ce rebond aurait pu se produire. Auparavant, la recherche considérait deux possibilités : ou bien l'univers (ou, techniquement, son facteur d'échelle cosmique) se contractait jusqu'à zéro pendant le grand écrasement, puis s'étendait pendant le Big Bang, ou bien il se contractait jusqu'à une petite taille non nulle. Le nouveau modèle fait intervenir entre le grand écrasement et le Big Bang une phase d'antigravitation qui contribuerait à expliquer l'origine de l'expansion au cours du Big Bang.

Ce résultat pourrait être utile pour la construction de cosmologies de rebond comme celle du modèle cyclique.

À LA RECHERCHE DU LITHIUM

Les étoiles les plus vieilles contiennent moins de lithium qu'elles ne devraient.

Ce déficit en lithium constitue une lacune majeure d'un modèle de nucléosynthèse primordiale au cours du Big Bang, qui prédit par ailleurs avec succès quels atomes auraient dû se former au cours des 17 premières minutes d'existence de l'univers. Les rapports de quantités hydrogène/hélium et hydrogène/deutérium correspondent parfaitement à la théorie, mais ce n'est pas le cas pour le lithium. Lorsque les astronomes mesurent la fraction de

lithium contenue dans les étoiles observables les plus vieilles, ils ne trouvent qu'un tiers de la quantité de lithium 7 que ce que devrait donner notre meilleure compréhension théorique de la nucléosynthèse primordiale. Cela a donné lieu à un grand nombre de travaux pour étudier comment le lithium aurait pu être supprimé au cours de la nucléosynthèse ou détruit dans les étoiles.

Adoptant une approche différente, **Maxim Pospelov** et **Niayesh Afshordi**, professeurs associés à l'**Institut Périclète**, suggèrent que le lithium n'a jamais été dans les étoiles au départ. Plus spécifiquement, ils ont étudié un mécanisme qui peut épuiser le lithium là où les étoiles sont en formation.

Selon les chercheurs de l'Institut Périclète, la clé de l'énigme pourrait résider dans la charge électrique. Considérons la recombinaison de l'hydrogène, au moment où le plasma en expansion de l'univers primordial s'est suffisamment refroidi pour que le bilan énergétique favorise la formation d'hydrogène neutre. Il y aurait déjà eu à ce moment-là des ions de lithium, mais comme la température de recombinaison est plus basse pour le lithium que pour l'hydrogène, l'univers devait se refroidir encore avant que les ions Li^+ puissent capter les électrons nécessaires pour devenir neutres. À ce stade, il y avait beaucoup moins d'électrons disponibles, de sorte qu'une grande partie du lithium serait demeuré électriquement chargé.

Dans leurs récents travaux, MM. Pospelov et Afshordi montrent que le lithium chargé serait resté couplé à la fraction de l'hydrogène qui était chargée – et l'on sait que ce H^+ s'est diffusé à l'encontre du flux gravitationnel. Par conséquent, le Li^+ aurait eu tendance à « s'échapper » des puits gravitationnels dans lesquels les étoiles se formaient. Cet effet est faible en moyenne, mais il pourrait être important dans certaines régions clés. Il se pourrait que, en mesurant les éléments capturés dans les étoiles au début de l'univers, on mesure indirectement cet effet.

Autrement dit, lorsque l'on cherche le lithium primordial dans des étoiles, on le cherche peut-être au mauvais endroit.

Références :

Entre le premier écrasement et le premier bang : BARS, I., S.H. CHEN, P.J. STEINHARDT et N. TUROK. *Antigravity and the big crunch/big bang transition*, arXiv:1112.2470.

À la recherche du lithium : POSPELOV, M., et N. AFSHORDI. *Lithium Diffusion in the Post-Recombination Universe and Spatial Variation of $[\text{Li}/\text{H}]$* , arXiv:1208.0793.

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^e 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.

DÉMÊLER LES GRAVITONS

Espace de twisteurs : ce concept a été introduit dans les années 1960 par Roger Penrose, un géant de la physique. Il espérait que ce serait un nouvel outil de description de théories physiques. Plus précisément, il espérait reformuler la théorie de la gravitation décrite dans la relativité générale d'Einstein, en remplaçant l'espace-temps que nous connaissons par un espace de twisteurs. Il savait qu'il *fallait* remplacer l'espace-temps : là où sa courbure est trop prononcée, par exemple au cœur d'un trou noir ou au moment du Big Bang, l'espace-temps échoue lamentablement.

Mais l'espace de twisteurs n'a pas vraiment réussi, du moins en ce qui concerne la gravitation. Ce concept s'est avéré très utile dans les cas d'invariance conforme – grosso modo, là où la physique ne dépend pas de l'échelle –, et on l'utilise beaucoup en physique des particules et en mathématiques. Mais il n'a pas entraîné beaucoup de progrès à propos des problèmes de la gravitation d'Einstein. Un net désavantage de l'espace de twisteurs vient de ce que la gravitation n'est pas conformément invariante.

Cette année, **Freddy Cachazo, professeur à l'Institut Périclète**, et le **postdoctorant principal David Skinner** ont trouvé une manière de tourner à leur avantage le problème de la gravitation d'Einstein dans un espace de twisteurs.

Prenons le cas des gravitons. Un graviton est une particule hypothétique qui transporte la force de gravité, de la même manière que les photons sont porteurs de la force électromagnétique. Dans la gravitation d'Einstein, chaque graviton est porteur d'une grande quantité d'information et a une composante conforme et une autre non conforme. À cause de ce dense enchevêtrement d'information, le calcul (analytique) des amplitudes de diffusion pour un processus en apparence simple – une diffusion graviton-graviton qui produit plusieurs autres gravitons – a toujours été insoluble. MM. Cachazo et Skinner ont eu l'idée d'effectuer ce

calcul dans un espace de twisteurs. La préférence d'un tel espace pour des éléments conformes permet de voir explicitement où la gravitation rompt la symétrie conforme.

Autrement dit, en formulant la gravitation dans un espace de twisteurs, on décompose mathématiquement le calcul, en le séparant en ses composantes conforme et non conforme. Cette nouvelle manière d'organiser la mathématique de la gravitation a permis à MM. Cachazo et Skinner d'écrire pour la première fois une formule analytique compacte de la diffusion graviton-graviton.

Cette formulation de la diffusion graviton-graviton est analogue à la formulation de Witten de la diffusion gluon-gluon. Tout comme les gravitons et les photons, les gluons sont porteurs d'une force – l'interaction forte, qui assure la cohésion des protons et d'autres particules semblables. Lorsqu'elle a été découverte en 2003, la formulation de la diffusion gluon-gluon a révélé de nombreuses propriétés jusque-là inconnues des gluons, et nous a donc permis de mieux connaître l'interaction forte. D'une manière analogue, la formulation de Cachazo-Skinner de la diffusion graviton-graviton pourrait révéler des propriétés de la gravitation qui sont demeurées inconnues depuis qu'Einstein a publié pour la première fois sa théorie de la relativité générale il y a un siècle.

GRAVITATION QUANTIQUE NON APLATIE

C'est l'une des questions les plus fondamentales et les plus pressantes de la physique moderne : quelle est la nature profonde de l'espace-temps? Selon la mécanique quantique, l'espace pourrait être à un certain point granulaire – c'est-à-dire formé d'éléments discrets et indivisibles. Par contre, la théorie des champs nous enseigne que l'espace-temps devrait à un certain point fluctuer de manière aléatoire. Est-il possible de combiner ces deux idées dans un cadre cohérent décrivant des espaces

granulaires fluctuant de manière aléatoire? Cela constituerait une étape majeure vers l'unification de la théorie quantique des champs et de la relativité générale dans une théorie de la gravitation quantique, qualifiée de Saint Graal de la physique moderne.

Il y a environ 40 ans, les scientifiques ont commencé à faire des progrès sur une version simplifiée de la gravitation quantique dans un espace qui n'aurait que 2 dimensions. Cela a donné au cours des dernières décennies une théorie approfondie et très fructueuse des surfaces aléatoires à 2 dimensions. Depuis les années 1990, on a tenté de nombreuses reprises de construire, à partir de la théorie fructueuse des espaces aléatoires à 2 dimensions, une théorie analogue des espaces aléatoires à 3 dimensions. Toutes ces tentatives ont échoué – jusqu'à ce que **Razvan Gurau, postdoctorant principal à l'Institut Périclète**, réalise une percée.

Depuis 2010, M. Gurau a publié une série d'articles montrant comment les modèles à 2 dimensions pourraient être généralisés pour donner des modèles à 3 dimensions ou plus. Plus précisément, il a utilisé des modèles de tenseurs colorés – un formalisme en grande partie développé à l'Institut Périclète – pour faire une « expansion 1/N » des modèles à 2 dimensions. Autrement dit, il a montré comment on pourrait généraliser des modèles à 2 dimensions pour produire des modèles à 3 dimensions ou plus.

Ces travaux ont rapidement attiré l'attention d'autres chercheurs en gravitation quantique, tant à l'Institut Périclète que dans d'autres centres importants de la planète. Et les 18 derniers mois ont vu des progrès remarquables et rapides dans ce domaine, en grande partie grâce aux travaux de M. Gurau.

À titre d'exemple, **Joseph Ben Geloun, postdoctorant à l'Institut Périclète**, a introduit une nouvelle catégorie de modèles de champ tensoriel, qui peuvent être renormalisés à tous les ordres de théorie des perturbations. (Cela signifie en gros que ces modèles ne donnent pas de résultats infinis lorsque l'on calcule des quantités physiques, peu importe avec quel degré de précision ces calculs sont effectués.) Ces nouveaux modèles sont très pertinents en gravitation quantique comme en théorie quantique des champs plus générale, et peuvent même constituer le contexte approprié pour produire une théorie à 3 ou 4 dimensions de la gravitation quantique – la rendant enfin non aplatie.

Références :

Démêler les gravitons : CACHAZO, F., L. MASON et D. SKINNER, *Gravity in Twistor Space and its Grassmannian Formulation*, arXiv:1207.4712.

Gravitation quantique non aplatie : GURAU, R. « The 1/N expansion of colored tensor models », *Annales Henri-Poincaré*, vol. 12, 2011, p. 829-847, arXiv:1011.2726.

GURAU, R., et V. RIVASSEAU. « The 1/N expansion of colored tensor models in arbitrary dimension », *Europhysics Letters*, vol. 95, n° 5, 2011, arXiv:1101.4182.

GURAU, R. *The complete 1/N expansion of colored tensor models in arbitrary dimension*, arXiv:1102.5759.

BEN GELOUN, J., et V. RIVASSEAU, *A Renormalizable 4-Dimensional Tensor Field Theory*, arXiv:1111.4997.



PROFESSEURS

Latham Boyle

Freddy Cachazo

Bianca Dittrich

Laurent Freidel

Davide Gaiotto

Jaume Gomis

Daniel Gottesman

Lucien Hardy

Fotini Markopoulou

Robert Myers

Philip Schuster

Lee Smolin

Robert Spekkens

Natalia Toro

Neil Turok

Guifre Vidal

Pedro Vieira

Xiao-Gang Wen

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 recoupe donc nettement la théorie des cordes, la gravitation quantique et la cosmologie. À l'Institut Péricimètre, les chercheurs en physique des particules comparent souvent des idées théoriques avec des observations astrophysiques et des expériences menées sur terre, par exemple au grand collisionneur hadronique. Ils étudient comment de tels résultats peuvent nous aider à concevoir la physique au-delà du modèle standard.

LES NOMBREUSES RENCONTRES DE LA THÉORIE ET DE L'EXPÉRIENCE

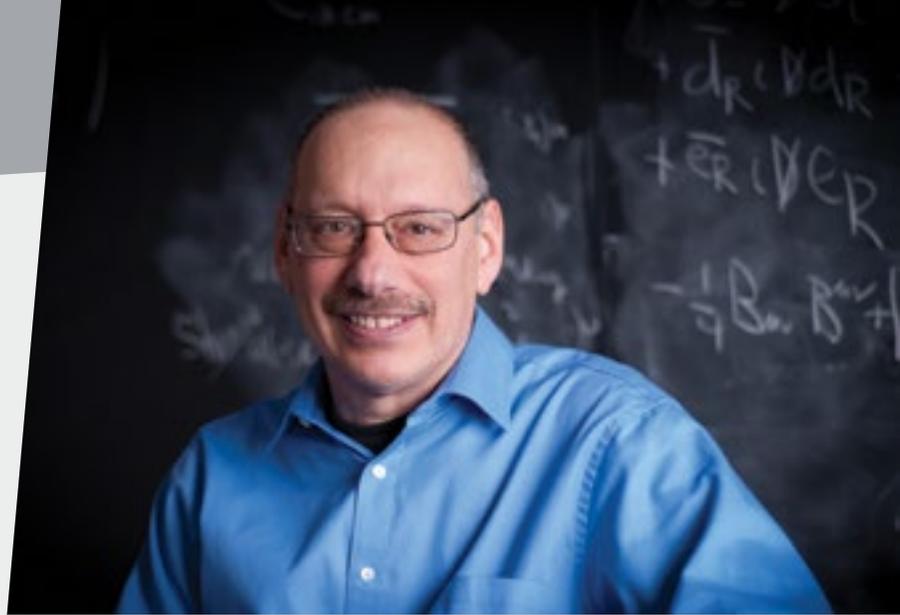
La physique des particules a fait les manchettes mondiales cette année lorsque l'on a enfin détecté le boson de Higgs. Ce triomphe a semblé survenir du jour au lendemain, mais il a été le résultat de près de 50 ans d'efforts : des physiciens théoriciens avaient proposé pour la première fois le mécanisme de Higgs en 1964. Et malgré la découverte de la particule, le travail n'est pas terminé. La découverte du boson de Higgs n'a pas seulement démontré la validité d'une ancienne théorie. Elle signifie que de nouvelles théories peuvent être testées avec plus de précision que jamais. De fait, une première étape sur le chemin de cette nouvelle physique a été franchie en août dernier, lorsque des physiciens du monde entier se sont réunis à l'Institut Péricimètre pour discuter de questions soulevées par la découverte récente du boson de Higgs.

La découverte du boson de Higgs illustre de bien des manières comment les chercheurs de l'Institut Péricimètre travaillent souvent à la jonction de la théorie et de l'expérimentation. De nouvelles idées formulées par les théoriciens peuvent susciter de nouvelles expériences – ou orienter des expériences actuelles. À titre d'exemple, **Freddy Cachazo, professeur à l'Institut Péricimètre**, a inventé de nouvelles techniques de calcul des amplitudes de diffusion, étape fondamentale de l'analyse de ce qui se passe lorsque deux particules entrent en collision. L'expansion de Cachazo-Svrcek-Witten, les relations récursives de Britto-Cachazo-Feng et la construction de Britto-Cachazo-Feng-Witten ont déjà été incorporées dans de puissants logiciels, par exemple *BlackHat*, afin de calculer les amplitudes de diffusion pour l'analyse des données obtenues au grand collisionneur hadronique, contribuant à la recherche du boson de Higgs.

Les théoriciens peuvent également étendre la portée d'expériences en cours. Cette année par exemple, le doctorant **Andrzej Banburski et le professeur Philip Schuster de l'Institut Péricimètre** ont découvert qu'une nouvelle génération d'expériences en physique des particules conçues pour la recherche de nouvelles forces permettra également de chercher une variété exotique d'atome : le muonium vrai.

Le muonium vrai est un état lié d'un muon et d'un anti-muon. (Le muon est une particule subatomique qui ressemble à un électron lourd.) Le muonium vrai est considéré comme un atome, où le muon joue le rôle de l'électron, alors que l'anti-muon joue le rôle du proton du noyau atomique. L'existence du muonium vrai est prédite depuis longtemps par la théorie, et son cousin le muonium – état lié d'un électron et d'un anti-muon – a été découvert en 1960. Par contre, le muonium vrai n'a jamais été détecté. Si on pouvait le trouver et en mesurer les propriétés, cela pourrait jeter un éclairage nouveau sur ce que l'on appelle l'*anomalie g-2*, une différence déconcertante, connue depuis longtemps, entre les propriétés du muon telles que prédites par le modèle standard et celles que l'on mesure de manière expérimentale. Le muonium vrai constituerait en outre une fenêtre sur la physique plus générale des états liés.

Les théoriciens réexaminent souvent des résultats antérieurs. Les expériences de physique des particules ont tendance à être longues, de grande ampleur et coûteuses. Elles sont souvent conçues pour trouver un type de particule ou tester une théorie en particulier, mais elles sont capables d'en trouver et d'en tester plusieurs autres. Une nouvelle initiative, du nom de RECAST, vise à définir exactement quels autres modèles peuvent être testés par des expériences antérieures et à quoi ressembleraient ces autres signaux dans les données existantes. Cette initiative est menée par **Itay Yavin, professeur associé à l'Institut Péricimètre**, et



PROFIL : MARK WISE

c'est l'équipe informatique de l'Institut Périmètre qui en assure la mise en œuvre.

RECAST n'est pas une expérience, ni même une nouvelle analyse de données existantes, mais plutôt un cadre de calcul servant à recueillir et à normaliser les demandes d'analyse formulées par la communauté des chercheurs à des groupes d'expérimentateurs. RECAST n'a pas accès aux données elles-mêmes et n'a pas besoin d'un tel accès. Son rôle est plutôt de reformuler les résultats d'analyses antérieures dans le contexte d'une nouvelle théorie, en comparant ces analyses au signal attendu de particules ou ensembles de particules nouveaux.

Tout comme l'Institut Périmètre lui-même, RECAST se veut un lieu de rencontre et un langage commun mettant en contact des théoriciens intéressés par de nouveaux signaux et les groupes d'expérimentateurs chargés de les rechercher.

Références :

Les nombreuses rencontres de la théorie et de l'expérience : BERGER, C.F., *et al.* « An Automated Implementation of On-Shell Methods for One-Loop Amplitudes », *Physical Review D*, vol. 78, 2008, article 036003, arXiv:0803.4180.

BANBURSKI, A, et P. SCHUSTER. *The Production and Discovery of True Muonium in Fixed-Target Experiments*, arXiv:1206.3961.

CRANMER, K., et I. YAVIN. « RECAST: Extending the Impact of Existing Analyses », *Journal of High Energy Physics (JHEP)*, vol. 2011, n° 4, article 038, arXiv:1010.2506.

Je suis un physicien plutôt improbable. On pourrait dire que j'ai grandi dans un quartier de la classe moyenne de Toronto, sauf qu'à l'époque Toronto n'avait pas de tel quartier. Et j'étais un cancre à l'école. En 9^e année, j'ai échoué en mathématiques. Mais à un moment donné, j'ai décidé qu'il fallait que je sois bon dans quelque chose, et comme ce ne pouvait clairement pas être les sports, la réparation d'objets ou toute activité exigeant que je charme d'autres êtres humains, j'ai pensé essayer les sciences.

Et voilà, j'étais bon en sciences. J'ai choisi la physique parce que c'était tout simplement assez intéressant – je réussissais plutôt bien, mais cette matière me posait toujours un défi. Et j'y suis toujours après toutes ces années. À l'heure actuelle, je travaille sur la cosmologie du commencement de l'univers. Je m'intéresse à des choses qui se passent à des températures très élevées, alors que la matière n'est pas faite d'atomes, mais de leurs éléments constitutifs – protons et électrons, et même des particules plus petites comme les quarks et les gluons. En comprenant ce qui se passe à très haute température, on pourrait peut-être expliquer pourquoi notre univers est fait de matière et non d'antimatière, ce qui est assez déroutant quand on prend le temps de bien y penser.

Mon travail est mû par l'idée que nous ne connaissons pas toutes les lois de la nature, et j'aimerais comprendre ce qui manque. C'est une grande question, et il n'est donc pas facile d'y travailler en permanence. C'est pourquoi ma recherche au jour le jour porte sur de moins grandes questions, mais avant de quitter la scène, j'aimerais bien savoir quels sont les morceaux manquants.

Je collabore avec l'Institut Périmètre depuis ses débuts. C'est stupéfiant de voir ce que cet institut est devenu – quel succès étonnant! Je pense que son secret réside dans la qualité des chercheurs qu'il recrute. Le genre de personnes capables s'il en est de répondre à mes grandes questions.

L'Institut Périmètre continue de m'abasourdir.

– Mark Wise

Mark Wise, professeur de physique théorique à l'Institut de technologie de la Californie (Caltech) et pionnier de la théorie effective des quarks lourds, est devenu en 2009 titulaire d'une chaire de chercheur invité distingué de l'Institut Périmètre. Son mandat a été récemment renouvelé, et il continue de faire plusieurs séjours par année à l'Institut Périmètre.

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 Péricimètre 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 appelés « cordes ». La théorie moderne des cordes est devenue un domaine de recherche étendu et varié, étroitement lié à la gravitation quantique, à la physique des particules, à la cosmologie et aux mathématiques.

UN CHAMP (THÉORIQUE) NOUVEAU

La théorie quantique des champs est l'un des outils les plus fructueux et les plus souples jamais mis au point par les physiciens. Les spécialistes de la physique des particules utilisent une théorie quantique des champs appelée *modèle standard* pour décrire avec précision le comportement de toutes les particules connues. Les ingénieurs en électronique se servent d'une autre théorie quantique des champs pour décrire et concevoir les appareils électroniques d'aujourd'hui. Les physiciens de la matière condensée font appel à des théories quantiques des champs pour décrire les supraconducteurs et d'autres matériaux exotiques. Ces théories variées et couronnées de succès ont une chose en commun : elles sont toutes à couplage faible.

En théorie quantique des champs, la constante de couplage est un nombre qui détermine l'intensité d'une force donnée. Si cette constante est très inférieure à 1, la théorie est dite en régime de couplage faible. C'est le cas des forces électromagnétique et gravitationnelle, ainsi que de l'interaction faible. Si la constante est de l'ordre de 1 ou plus, la théorie est en régime de couplage fort, ce qui est le cas de l'interaction forte – la force qui lie les quarks les uns aux autres. Nous comprenons assez bien les théories quantiques des champs en régime de couplage faible, mais nous ne sommes jamais parvenus à bien comprendre les théories quantiques des champs en régime de couplage fort.

Davide Gaiotto, professeur à l'Institut Péricimètre, travaille à combler cette lacune. Il y a quelques années, il a mis au point

un cadre définissant une grande classe de théories quantiques des champs à 4 dimensions comportant 8 supercharges, appelée la *classe S*. Le fait de systématiser ainsi les connaissances acquises sur les théories quantiques des champs a donné beaucoup de nouvelles idées, mais le cadre défini par M. Gaiotto va bien au-delà. La classe S comprend non seulement les théories quantiques des champs standard en dimension 2, mais de nombreuses autres théories auparavant inconnues, dont plusieurs sont en régime de couplage fort. Ces travaux ont ouvert de nouvelles voies dans l'étude des théories quantiques des champs en régime de couplage fort.

Davide Gaiotto travaille actuellement sur un cadre analogue à celui de la classe S pour des théories quantiques des champs en dimension 3. Il y a des liens surprenants avec les mathématiques avancées, notamment la théorie des nœuds, les invariants dans des variétés à 3 dimensions et les algèbres amassées. En physique, l'intérêt de ce cadre est la possibilité de définir une grande classe pour les théories conformes des champs en dimension 3 et de calculer les propriétés qui sont systématiquement conservées.

Ces progrès théoriques dans le domaine des théories quantiques des champs en régime de couplage fort ont un grand potentiel. Ils pourraient entraîner des avancées importantes en mathématiques, aider à façonner des systèmes quantiques exotiques en vue d'applications pratiques, et même faire progresser notre compréhension des lois fondamentales de l'univers.

DES CORDES TAILLÉES SUR MESURE

En théorie des cordes, les particules fondamentales sont de petites boucles d'énergie en vibration appelées *cordes*. Le comportement de ces cordes peut être décrit par deux processus principaux. Le premier est la *propagation*, qui décrit comment les cordes se déplacent dans l'espace et dans le temps. C'est de loin le plus simple des deux processus, et on peut le calculer de manière efficace à l'aide de techniques puissantes comme les techniques d'intégrabilité.

En plus de décrire comment les cordes se propagent, nous avons besoin d'expliquer comment elles interagissent. Ce second processus, l'*interaction*, est beaucoup plus difficile à décrire que la propagation. Cette année, des chercheurs de l'Institut Péricimètre et leurs collaborateurs ont franchi d'importantes premières étapes vers la compréhension des interactions entre cordes.

Le professeur Pedro Vieira, le boursier postdoctoral principal Amit Sever et le doctorant Jorge Escobedo, tous trois de l'Institut Péricimètre, et leurs collaborateurs sont les auteurs de cette avancée. À l'aide de techniques d'holographie et d'intégrabilité, ils ont décrit les interactions entre cordes d'une manière analogue au travail d'un tailleur qui découpe et coud des cordes dans le sens de la longueur.

Dans une série d'articles de suivi, les mêmes auteurs et d'autres ont continué de développer cette avenue de recherche, en simplifiant les techniques et en étendant la portée de leurs recherches afin d'expliquer davantage d'effets quantiques. Des découvertes comme celle-ci pourraient fort bien mener dans un avenir prévisible à une première description complète de la dynamique des cordes.

Références :

Un champ (théorique) nouveau : GAIOTTO, D. « Surface Operators in N=2 4d Gauge Theories », *Journal of High Energy Physics* (JHEP), vol. 2012, n° 11, article 090, arXiv:0911.1316.

Des cordes taillées sur mesure : ESCOBEDO, J., N. GROMOV, A. SEVER et P. VIEIRA. « Tailoring Three-Point Functions and Integrability », *Journal of High Energy Physics* (JHEP), vol. 2011, n° 9, article 028, arXiv:1012.2475.

ESCOBEDO, J., N. GROMOV, A. SEVER et P. VIEIRA. *Tailoring Three-Point Functions and Integrability II. Weak/strong coupling match*, arXiv:1104.5501.

GROMOV, N., A. SEVER et P. VIEIRA. *Tailoring Three-Point Functions and Integrability III. Classical Tunneling*, arXiv:1111.2349.

GROMOV, N., et P. VIEIRA. *Tailoring Three-Point Functions and Integrability IV. Theta-morphism*, arXiv:1205.5288

FONDEMENTS QUANTIQUES

L'étude des fondements quantiques porte sur les bases conceptuelles et mathématiques de la physique quantique. À l'Institut Périclète, la recherche dans ce domaine vise en particulier à reconstruire la physique quantique à partir de postulats plus naturels et à reformuler la théorie d'une manière qui en éclaire la structure conceptuelle. Ces travaux ont naturellement des liens avec la recherche sur l'information quantique et la gravitation quantique.



L'ESPACE A-T-IL NÉCESSAIREMENT 3 DIMENSIONS?

Dans le domaine quantique, le système le plus simple est le qubit – ou bit quantique –, c'est-à-dire un système quantique ne possédant que 2 états. Alors qu'un bit classique est comme une flèche qui ne peut pointer que vers le haut ou vers le bas, la superposition quantique des états « en haut » et « en bas » d'un qubit permet de couvrir tous les angles possibles – la pointe de la « flèche » d'un qubit trace la surface d'une sphère.

Un qubit peut donc être considéré comme tridimensionnel, comme l'espace lui-même. Cela est connu depuis longtemps. De fait, l'idée que l'espace de l'état d'un bit quantique et l'espace physique pourraient être d'une certaine manière inextricablement liés est largement répandue. Mais quelle est exactement la relation entre les deux? Lequel des deux détermine l'autre? Une relation semblable pourrait-elle exister si l'espace possédait 2 ou 4 dimensions?

En réalité, affirme **Markus Mueller, postdoctorant à l'Institut Périclète**, il y a quelque chose de particulier avec un nombre de dimensions égal à 3.

M. Mueller et son collaborateur ont imaginé deux personnes essayant d'utiliser un système physique probabiliste quelconque (comme le spin d'une particule) pour envoyer un signal donnant une direction dans l'espace (p. ex. vers le haut). Ils n'ont pas précisé le nombre de dimensions que devrait posséder l'espace dans lequel ces personnes vivent ou quelles règles devraient régir les probabilités du système physique qu'elles utilisent. Mais lorsqu'ils ont vérifié divers ensembles de règles de probabilité et différents nombres de dimensions au regard d'un ensemble de

postulats décrivant ce qui est possible et ce qui est impossible, ils ont trouvé que seule la combinaison de la physique quantique et d'un espace tridimensionnel donne notre notion habituelle de ce qui est possible. Autrement dit, une certaine interaction naturelle entre la géométrie et la probabilité n'est possible que si l'espace possède 3 dimensions et si les probabilités des résultats d'une mesure sont exactement celles prédites par la physique quantique.

Ce résultat suggère que les chercheurs devraient examiner l'idée que ni la physique quantique ni l'espace-temps ne sont fondamentaux séparément, mais que les deux pourraient avoir comme origine commune l'information.

RAFFINEMENT DU THÉORÈME DE BELL

Il peut être difficile de définir les structures causales – relations de cause à effet – dans le domaine quantique. Prenons par exemple l'intrication quantique : selon certaines interprétations de la physique quantique, lorsque deux particules sont intriquées, les mesures effectuées sur l'une des particules peuvent instantanément affecter l'autre. Mais comment cela se peut-il?

Cette année, **Robert Spekkens, professeur à l'Institut Périclète**, et **Christopher Wood, ancien du programme PSI**, (maintenant doctorant à l'Institut Périclète et à l'Institut d'informatique quantique) ont étudié des algorithmes de déduction de structure causale qui avaient été mis au point par des chercheurs en apprentissage automatique. Ils voulaient voir ce que ces algorithmes pourraient nous enseigner sur la possibilité d'une explication causale des corrélations quantiques.



Prenons les résultats corrélés des mesures de particules intriquées mentionnés plus haut. Ces corrélations ont été étudiées en profondeur à l'aide du théorème de Bell. De façon traditionnelle, le résultat de Bell est résumé sous forme du dilemme qui oblige à renoncer soit au réalisme, soit au principe de localité. (Grosso modo, le réalisme est la notion selon laquelle les concepts fondamentaux d'une théorie physique doivent se rapporter à des systèmes microscopiques et à leurs états, plutôt qu'à des notions anthropocentriques comme celles d'observateur et de mesure. D'autre part, en vertu du principe de localité, un objet n'est influencé que par son environnement immédiat.) À partir des algorithmes de déduction de causalité, les chercheurs de l'Institut Périmètre placent la localité en opposition non pas au réalisme – qui est après tout une notion floue – mais au principe de Reichenbach, en vertu duquel toute corrélation doit s'expliquer par une relation directe de cause à effet ou par une cause commune.

Dans les travaux antérieurs sur ce sujet, on préférait résoudre le dilemme en renonçant au principe de Reichenbach. Les chercheurs de l'Institut Périmètre ont conservé ce principe, arguant qu'il est central à la conception scientifique du monde. Ils ont également fait valoir que le principe de localité peut être remplacé par un principe de « non-raffinement », selon lequel la nature ne joue pas avec les paramètres pour réaliser une indépendance statistique artificielle entre deux variables lorsque, dans la réalité, elles sont liées par une relation de causalité.

Il est intéressant de resituer ainsi le théorème de Bell, parce que cela donne un nouveau point de vue sur ses implications. Par exemple, il montre que ni les modèles de liens de causalité se propageant à vitesse supraluminique ni les modèles de causalité à rebours (cause agissant à rebours dans le temps) ne peuvent résoudre cette version du dilemme – ces modèles doivent encore être raffinés.

Références :

L'espace a-t-il nécessairement 3 dimensions? : MUELLER, M.P., et L. MASANES. *Three-dimensionality of space and the quantum bit: how to derive both from information-theoretic postulates*, arXiv:1206.0630.

Raffinement du théorème de Bell : WOOD, C.J., et R.W. SPEKKENS, *The lesson of causal discovery algorithms for quantum correlations: Causal explanations of Bell-inequality violations require fine-tuning*, arXiv:1208.4119.

PROFESSEURS ASSOCIÉS

(Nomination conjointe avec une autre institution)

Niyesh Afshordi
(Université de Waterloo)

Avery Broderick
(Université de Waterloo)

Alex Buchel
(Université Western)

Cliff Burgess
(Université McMaster)

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

Adrian Kent
(Université de Cambridge)

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

Sung-Sik Lee
(Université McMaster)

Luis Lehner
(Université de Guelph)

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

Maxim Pospelov
(Université de Victoria)

Itay Yavin
(Université McMaster)

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.

RÉSEAUX DE SPIN ET ESPACE-TEMPS

La physique quantique et la théorie moderne de la gravitation que constitue la relativité générale d'Einstein ne font pas facilement bon ménage. Parmi les nombreuses raisons qui expliquent cela, la relativité a radicalement changé les notions classiques d'espace et de temps, alors que la physique quantique conserve en grande partie ces notions. Par conséquent, il va de soi que la gravitation quantique à boucles (GQB), l'une des approches combinant la physique quantique et la gravitation, modifierait fondamentalement notre conception de l'espace et du temps.

Élaborée d'abord au début des années 1980, la GQB a progressé au point où elle peut donner une image physique et mathématique détaillée – quoique non encore testée – de l'espace-temps quantique. Plus précisément, la GQB propose que, à l'échelle infinitésimale, l'espace ressemble à un fin tissu de boucles fermées entrelacées. Ces réseaux de boucles portent le nom de réseaux de spin.

Les réseaux de spin fournissent un langage permettant de décrire la géométrie quantique de l'espace. Pour décrire l'évolution d'un tel réseau – afin de décrire non pas l'espace, mais l'espace-temps –, il faut un formalisme dit des *mousses de spin*. L'élaboration des mousses de spin a permis à la GQB d'aborder les questions de la causalité, des cônes de lumière, etc., commençant à donner des réponses sensées sur la nature de l'espace et du temps aux échelles les plus petites possible.

Plusieurs personnes ont été à l'avant-garde des mousses de spin, dont **Laurent Freidel, professeur à l'Institut Périclète**. C'est lui (en collaboration avec Kirill Krasnov, scientifique invité à l'Institut Périclète) qui a le premier défini un modèle de mousse de spin correspondant à la gravitation quantique en 4 dimensions. Ce travail majeur a répondu à de nombreuses questions et a été

le premier à décrire d'une manière satisfaisante la relation entre physique quantique et physique classique.

La découverte de M. Freidel était trop technique pour faire l'objet de beaucoup d'attention à l'époque, mais avec le temps elle s'est révélée très utile. Le modèle qu'il a mis au point continue d'être le modèle de mousse de spin le plus utilisé, à la base de la plupart des recherches effectuées aujourd'hui.

Les travaux sur les mousses de spin et la GQB se poursuivent sur plusieurs fronts, entre autres à l'Institut Périclète : à titre d'exemple, ce sont les mousses de spin qui ont permis à Eugenio Bianchi de calculer l'entropie d'un trou noir, comme on l'explique ci-après. Pour sa part, Laurent Freidel travaille sur une nouvelle interprétation de la GQB dans un continuum.

CONSTRUCTION DE TROUS NOIRS

Comment construit-on un trou noir? Il faut poser la question à **Eugenio Bianchi, postdoctorant à l'Institut Périclète**. En adoptant une approche de gravitation quantique à boucles, il a récemment dérivé à nouveau à partir de principes premiers une équation bien connue de l'entropie des trous noirs.

La formule de l'entropie d'un trou noir peut sembler obscure, mais elle constitue en réalité un repère important sur la route de la gravitation quantique. Cette formule – dite de Bekenstein-Hawking – est l'une des rares en physique qui contiennent des constantes à la fois de la mécanique quantique et de la gravitation d'Einstein. Cette attrayante intersection entre les deux grandes théories physiques du XX^e siècle fascine depuis longtemps les chercheurs qui s'efforcent de les unifier dans une théorie du XXI^e siècle de la gravitation quantique.

La gravitation quantique à boucles (GQB) est une parmi plusieurs théories concurrentes proposées par ces chercheurs dans le



domaine de la gravitation quantique. Cette théorie prédit entre autres qu'à une échelle infiniment petite, l'espace-temps est fait d'éléments discrets qu'il est impossible de subdiviser – comme les blocs de Lego sont des multiples d'une même longueur.

Les chercheurs en QGB ont toujours calculé l'entropie des trous noirs en comptant le nombre de différentes manières dont l'horizon d'un trou noir peut être « construit » à partir de tels blocs d'espace-temps. Cette approche ne correspondait que partiellement à la formule de Bekenstein-Hawking – mais même cette correspondance partielle a été considérée comme un triomphe.

Eugenio Bianchi a été en mesure de franchir une étape supplémentaire. À l'aide du formalisme nouveau des mousses de spin (voir plus haut), il a pu étudier l'énergie et la température de chacun des blocs d'espace-temps et attribuer à chacun une entropie. Le calcul de l'entropie totale d'un trou noir qui en résulte correspond parfaitement à la formule de Bekenstein-Hawking.

Références :

Réseaux de spin et espace-temps : FREIDEL, L., et K. KRASNOV. « A New Spin Foam Model for 4d Gravity », *Classical and Quantum Gravity*, vol. 25, n° 12, 2008, article 125018, arXiv:0708.1595.

Construction de trous noirs : BIANCHI, E. *Entropy of Non-Extremal Black Holes from Loop Gravity*, arXiv:1204.5122.

PROFIL : BIANCA DITTRICH

À l'école, je m'intéressais à des choses comme l'écogéologie et la théorie du chaos. Mais il s'est avéré que ce que j'aimais dans ces sujets, c'était la physique.

Mon principal domaine de recherche est la gravitation quantique, qui a pour but d'unifier la relativité générale d'Einstein, belle théorie de l'espace-temps, et la physique quantique. Nous travaillons sur les anciennes questions de la nature de l'espace et du temps, dont nous savons maintenant qu'elle doit être quantique.

Nous avons depuis longtemps l'idée que l'espace-temps est constitué de nombreux constituants élémentaires, comme la matière ordinaire est faite d'atomes. Le grand défi est de construire des modèles cohérents de tels espaces-temps atomiques et de montrer qu'à une grande échelle nous retrouvons un espace-temps lisse tel que nous le connaissons.

L'analogie entre l'espace-temps et la matière faite d'atomes est très tentante. Mais il y a une différence importante : alors que les atomes de matière se déplacent dans l'espace et le temps, les atomes d'espace-temps forment l'espace et le temps. La formulation d'une théorie qui n'a pas besoin d'un espace-temps en fond de scène constitue une partie de mes recherches.

Une autre partie de mes travaux consiste à démontrer que des modèles atomiques d'espace-temps peuvent donner un espace-temps lisse. Ici, comme pour la matière condensée, nous faisons appel à la physique statistique pour étudier la limite à grande échelle des modèles de gravitation quantique.

L'Institut Péricimètre est l'endroit idéal pour mener de telles recherches qui constituent un défi car elles portent sur les fondements mêmes de la physique. Elles touchent aussi divers domaines, dont la gravitation, la théorie quantique des champs, les fondements quantiques et la matière condensée, tous représentés à l'Institut Péricimètre. De fait, l'atmosphère de collaboration de l'Institut a été très utile à l'avancement de mes travaux.

– Bianca Dittrich

Bianca Dittrich, autrefois de l'Institut Albert-Einstein de Potsdam, en Allemagne, est devenue professeure à l'Institut Péricimètre en 2012.

INFORMATION QUANTIQUE

La mécanique quantique a redéfini l'information et ses propriétés fondamentales. Les scientifiques dans ce domaine cherchent à comprendre les propriétés de l'information quantique et à savoir explorer les possibilités (et les limites) de l'informatique quantique. À l'Institut Périmètre, leurs travaux englobent la cryptographie quantique, qui étudie les compromis entre l'extraction et les perturbations de l'information, et des recherches sur la correction d'erreurs quantiques, qui portent sur des méthodes de protection de l'information contre la décohérence. Ils transposent aussi des techniques et des idées de l'information quantique à d'autres domaines de la physique, dont les fondements quantiques et la physique de la matière condensée.

Beaucoup de chercheurs de l'Institut Périmètre dans le domaine de l'information quantique collaborent étroitement avec ceux de notre voisin et partenaire expérimental, l'Institut d'informatique quantique (IQC). D'autres travaillent dans le cadre d'une nomination conjointe à l'Institut Périmètre et à l'IQC. Ensemble, les deux instituts ont fait de la région un chef de file mondial de l'informatique quantique.

TESTER LA PHYSIQUE QUANTIQUE DANS L'ESPACE

La mécanique quantique est la théorie physique la plus souvent mise à l'épreuve, et elle n'a encore jamais été prise en défaut. Elle prédit avec une précision stupéfiante, de l'ordre du millième de milliardième, de nombreuses propriétés des particules fondamentales.

Et pourtant, la mécanique quantique n'a jamais été testée à des échelles supérieures à la centaine de kilomètres. Elle n'a jamais non plus été mise à l'épreuve dans un champ gravitationnel variable. **Raymond Laflamme, professeur associé à l'Institut Périmètre, et Thomas Jennewein, chercheur affilié à l'Institut Périmètre,** et leurs collaborateurs de l'IQC proposent une nouvelle manière de remédier à ces lacunes. Ils veulent se servir de satellites.

L'équipe a récemment publié un article résumant diverses expériences optiques que des satellites pourraient effectuer pour tester directement la physique quantique. Après tout, nous savons que la mécanique quantique est incomplète, puisqu'elle n'est pas encore unifiée avec la théorie de la gravitation – la relativité générale. À de grandes échelles – approchant idéalement le rayon de courbure local de l'espace-temps – et dans des champs gravitationnels variables, on pourrait peut-être observer des interactions entre la gravitation et la mécanique quantique. Si c'est le cas, un laboratoire satellitaire devrait être idéal pour mesurer les effets de telles interactions, ou du moins déterminer une borne

supérieure de l'intensité de ces effets. Ces expériences pourraient même permettre de départager des théories concurrentes sur les interactions entre la gravitation et la mécanique quantique.

Les expériences menées à l'aide de satellites ont aussi des implications en informatique quantique. On croit souvent que la mécanique quantique régit le monde de l'infiniment petit; à l'échelle humaine, les effets quantiques deviennent invisibles, et tout se passe comme si nous vivions dans un monde classique. Mais le domaine de l'information quantique nous a appris que cela n'est pas tout à fait vrai. Nous avons plutôt découvert que les effets quantiques apparaissent dans des systèmes qui sont isolés de leur environnement. À petite échelle, il est facile d'isoler des systèmes, mais il devrait être en principe possible de construire un système isolé qui soit de grande taille. La construction d'un système de grande taille présentant des effets quantiques constitue l'un des défis à relever pour réaliser un ordinateur quantique. La construction d'un grand système quantique sous forme d'un réseau Terre-satellite pourrait servir non seulement à prouver que la mécanique quantique est valable à une grande échelle, mais aussi à démontrer la faisabilité d'ordinateurs quantiques utilisables en pratique.

L'Agence spatiale canadienne envisage de construire et de lancer le satellite proposé, mais ce lancement n'aura pas lieu avant des années.

PRISONNIERS DE LEUR PROPRE APPAREIL

En théorie, la cryptographie quantique offre la sécurité ultime. Selon les règles de la mécanique quantique, toute perturbation d'un système, même une simple observation, modifie ce système. Un système quantique se prête donc merveilleusement à la cryptographie, puisque toute tentative d'intrusion modifierait le système et serait donc détectée.

L'idée d'indépendance vis-à-vis des appareils en cryptographie quantique est une extension de cette promesse : c'est une preuve mathématique qui permet aux utilisateurs d'avoir confiance aux messages envoyés par des appareils quantiques sans connaître quoi que ce soit à propos des appareils quantiques utilisés. On pourrait même, en principe, produire une clé sûre en utilisant un appareil construit par un intrus, et utiliser plus tard cette clé pour des communications sécurisées.

Cette année, **Roger Colbeck, postdoctorant à l'Institut Péricètre, Adrian Kent, professeur associé à l'Institut Péricètre**, et leurs collaborateurs ont écorché les promesses de la cryptographie quantique indépendante des appareils. Ils ont montré que si l'appareil servant à produire des clés sûres est utilisé plus d'une fois, un intrus pourrait le concevoir de manière à faire sortir clandestinement une information cruciale sur d'anciennes clés en la faisant passer pour une sortie légitime.

Les travaux antérieurs sur la cryptographie quantique indépendante des appareils – technique qui n'existe encore que sur papier – n'ont porté que sur des cas où un appareil de cryptographie n'est utilisé qu'une seule fois. Pour des raisons de coût, une telle situation a peu de chance d'être pratique. Les auteurs ont conclu en mettant de l'avant de nouvelles idées en vue de résoudre le problème de la réutilisation. Il y a donc de l'espoir en matière de cryptographie quantique indépendante des appareils, mais presque certainement pas au point qui avait d'abord été envisagé.

Références :

Tester la physique théorique dans l'espace : Rideout, D., et al. *Fundamental quantum optics experiments conceivable with satellites – reaching relativistic distances and velocities*, arXiv:1206.4949.

Prisonniers de leur propre appareil : Barrett, J., R. Colbeck et A. Kent. « Prisoners of their own device: Trojan attacks on device-independent quantum cryptography », *Physical Review Letters*, vol. 110, n° 1, 2013, article 010503, arXiv:1201.4407.



PROFIL : RAYMOND LAFLAMME

J'ai prouvé que Stephen Hawking avait tort.

Dès que je prononce cette simple phrase dans une conférence, l'auditoire se dresse soudainement, comme si une petite décharge électrique avait été envoyée dans les sièges. J'arrive toujours à attirer l'attention de cette manière.

Quand je dis « J'ai prouvé que Stephen Hawking avait tort », ce n'est pas pour me vanter (même si c'est sûrement une bonne référence dans mon curriculum vitae). Je le dis parce que je sais que cela va susciter la curiosité.

La curiosité est le moteur de tout ce que je fais – que ce soit de me salir les mains dans mon véhicule Volkswagen 1979 ou de manipuler les particules subatomiques du monde quantique –, et j'adore susciter la curiosité d'autrui. Quand je dis cette phrase à propos de Stephen Hawking, je peux presque voir une onde de curiosité traverser l'auditoire. « Comment est-ce possible? », semblent-ils tous se demander, « quelqu'un peut-il prouver que le physicien le plus célèbre au monde a tort? ».

La réponse simple est la curiosité.

Bien sûr, il y a aussi une réponse compliquée. Je dois expliquer comment, alors que j'étais un étudiant de Stephen Hawking à l'Université de Cambridge, j'ai démontré mathématiquement que, contrairement à ce que Stephen Hawking avait soutenu, le temps ne revient pas en arrière dans un univers en contraction. Mais je suis venu à la physique théorique – après un faux départ en actuariat – purement à cause de ma curiosité. J'ai suivi un cours génial sur la relativité restreinte d'Einstein et je me suis dit : « C'est fantastique. Voilà ce que je veux faire dans la vie. »

Aujourd'hui, je travaille dans le domaine de l'information quantique et du calcul quantique. Nous mettons à profit les propriétés étranges du monde quantique pour construire des appareils d'une puissance inédite, qui traitent l'information selon les règles de la mécanique quantique. Même si j'ai certaines idées à propos de ce qu'un tel ordinateur pourrait être capable de faire, je suis certain que ces idées ne font qu'effleurer la surface de ses possibilités – c'est comme de demander à des gens qui viennent de découvrir le feu à quelle distance leurs fusées pourront aller. Mais pour sûr, je suis curieux.

– Raymond Laflamme

Raymond Laflamme, qui travaillait au Laboratoire national de Los Alamos, s'est joint à l'Institut Péricètre dès sa fondation. Sa curiosité l'a également poussé vers le monde expérimental, et il a fondé l'Institut d'informatique quantique, qu'il dirige depuis 2002 – tout en conservant son poste de professeur associé à l'Institut Péricètre. En 2010, il a fondé avec des collègues l'entreprise Universal Quantum Devices, qui vise à commercialiser certaines retombées des technologies quantiques.

GRAVITÉ FORTE

La recherche sur la gravité forte nous aide à mieux comprendre les systèmes où la force de gravité est très grande et l'espace-temps fortement courbé : trous noirs, étoiles à neutrons, et même la singularité du Big Bang lui-même. Les chercheurs de l'Institut Périmètre utilisent les conditions extrêmes des systèmes à gravité forte comme une sorte de laboratoire naturel pour tester la validité de notre théorie actuelle de la gravitation, la relativité générale d'Einstein, et examiner d'autres théories. Ils étudient aussi les liens entre des espaces-temps courbes ou dynamiques et une variété d'autres problèmes de physique fondamentale.

LE CRI D'UN TROU NOIR NOUVEAU-NÉ?

Pourrons-nous un jour prédire – puis observer – la naissance d'un trou noir? **Luis Lehner, professeur associé à l'Institut Périmètre**, croit que c'est possible.

M. Lehner étudie les fusions d'étoiles binaires compactes – c'est-à-dire celles où les deux étoiles sont extraordinairement denses : il peut s'agir d'étoiles à neutrons ou de trous noirs. Les fusions d'étoiles binaires compactes sont de deux types : soit une étoile à neutrons en orbite autour d'un trou noir est absorbée et détruite par ce dernier; soit deux étoiles à neutrons tournent en spirale l'une autour de l'autre, pour finalement s'effondrer en formant un nouveau trou noir. Chacun de ces types d'événement libère des ondes gravitationnelles. De fait, on croit généralement que les fusions d'étoiles binaires à neutrons sont la source idéale des signaux que les nouveaux détecteurs d'ondes gravitationnelles tentent de capter pour la première fois.

Luis Lehner et ses collaborateurs, dont le **postdoctorant principal Chad Hanna**, ont élaboré un nouveau modèle qui, pour la première fois, examine les champs magnétiques à l'intérieur et à l'extérieur des étoiles qui entrent en collision. Les modèles précédents devaient faire des simplifications qui ne permettaient pas d'étudier les champs magnétiques soit à l'intérieur, soit à l'extérieur des étoiles. Le nouveau modèle montre qu'il devrait y avoir une forte contrepartie électromagnétique au signal d'ondes gravitationnelles résultant de la fusion d'étoiles à neutrons.

La présence de deux signaux – l'un gravitationnel et l'autre électromagnétique – nous donne deux manières d'observer le même événement. C'est là une idée nouvelle et très intéressante dans ce domaine, et l'on peut parler d'« astronomie multimessage ». Les résultats obtenus par Luis Lehner seront importants alors que les scientifiques chercheront à comprendre jusqu'à quel point l'astronomie multimessage est possible.

L'intérêt de l'astronomie multimessage ne réside pas seulement dans la disponibilité de deux ensembles de données. Elle permet à un modèle de vérifier l'autre. Elle nous permet d'observer différentes parties d'un système – p. ex. les ondes gravitationnelles provenant des profondeurs des étoiles et les signaux électromagnétiques venant de leur surface. Et puisque les ondes gravitationnelles augmentent graduellement d'intensité avant la fusion d'étoiles à neutrons, le signal gravitationnel pourrait nous avertir d'une fusion imminente, nous permettant d'orienter nos télescopes et de capter le jet électromagnétique qui constitue le cri d'un trou noir nouveau-né.

LES TROUS NOIRS RÉCHAUFFENT-ILS L'UNIVERS?

Avery Broderick, professeur associé à l'Institut Périmètre, étudie une catégorie de trous noirs appelés *blazars TeV*, c'est-à-dire des trous noirs supermassifs en croissance, situés au centre de certaines galaxies, qui émettent des rayons gamma et des photons à très haute énergie, de l'ordre du téraélectron-volt (TeV). Sa découverte pourrait nous amener à réécrire l'histoire thermique de l'univers récent.

Le point important est le fait que l'univers n'est pas transparent vis-à-vis du rayonnement de l'ordre du TeV. Les rayons X et UV émis par les étoiles et les trous noirs éclipsent de loin la lumière de l'ordre du TeV des blazars, mais la plus grande partie des rayons X ou UV peut traverser l'univers sans interagir avec quoi que ce soit. Par contre, la plupart des photons de l'ordre du TeV émis par les blazars finissent par entrer en collision avec des photons infrarouges dans le milieu intergalactique, créant des paires électron-positon. La nouvelle approche d'Avery Broderick consiste à traiter ces paires comme un faisceau de plasma. La grande instabilité du plasma dans le faisceau a pour effet d'en dissiper rapidement l'énergie. Les faisceaux peuvent être petits à l'échelle cosmique, mais l'univers est grand et chacun de ses points se trouve à l'intérieur de l'un de ces faisceaux. Il s'ensuit que le milieu intergalactique (MIG), gaz raréfié qui remplit les vides entre les galaxies, est réchauffé de plusieurs ordres de grandeur.

Ce réchauffement du MIG par les blazars résoudrait plusieurs problèmes de cosmologie – le plus simple étant que la température du MIG est beaucoup plus élevée que ce que prédisent les modèles actuels. M. Broderick travaille à l'élaboration de modèles plus détaillés, mais il semble déjà que les blazars, même s'ils sont assez rares, pourraient exercer une grande influence sur la température et la structure de l'univers dans son ensemble.

Références :

Le cri d'un trou noir nouveau-né? : THOMPSON, C., C. HANNA, L. LEHNER, C. PALENZUELA et S.L. LIEBLING. *Intense Electromagnetic Outbursts from Collapsing Hypermassive Neutron Stars*, arXiv:1112.2622.

Les trous noirs réchauffent-ils l'univers? : BRODERICK, A.E., P. CHANG et C. PFROMMER. *The Cosmological Impact of Luminous TeV Blazars I: Implications of Plasma Instabilities for the Intergalactic Magnetic Field and Extragalactic Gamma-Ray Background*, arXiv:1106.5494.

CHANG, P., A.E. BRODERICK et C. PFROMMER. *The Cosmological Impact of Luminous TeV Blazars II: Rewriting the Thermal History of the Intergalactic Medium*, arXiv:1106.5504.

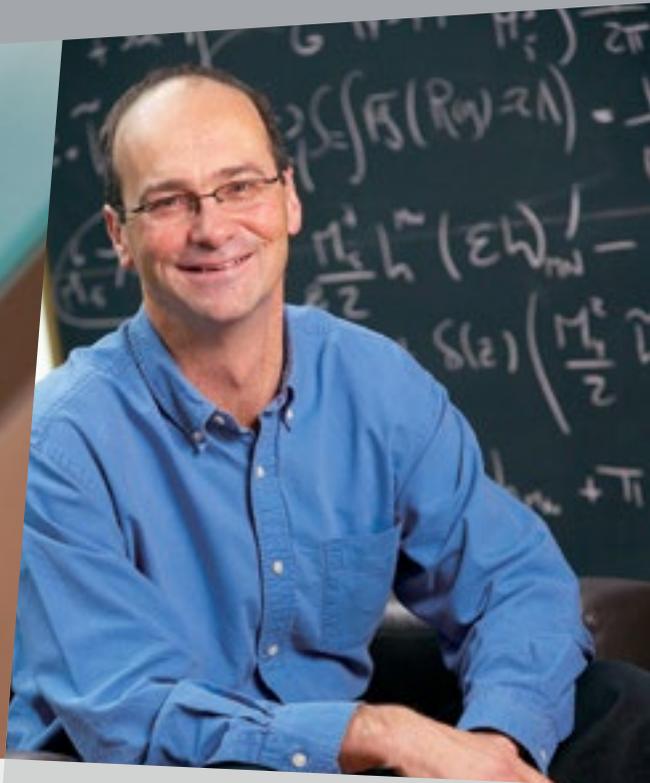
PFROMMER, C., P. CHANG et A.E. BRODERICK. *The Cosmological Impact of Luminous TeV Blazars III: Implications for Galaxy Clusters and the Formation of Dwarf Galaxies*, arXiv:1106.5505.

PRIX, DISTINCTIONS ET SUBVENTIONS

Atomic orbitals, de l'artiste Reinhard Reitzenstein

De nombreux chercheurs de l'Institut Péricimètre ont reçu des marques de reconnaissance nationales et internationales en 2011-2012. On notera en particulier les suivantes:

- **Neil Turok, directeur de l'Institut**, a été choisi pour prononcer les conférences Massey de 2012, présentées dans cinq villes canadiennes, diffusées dans tout le pays à la radio anglaise de Radio-Canada et publiées sous forme d'un livre.
- **Le professeur Robert Myers** a remporté la médaille Vogt 2012 de l'Association canadienne des physiciens et physiciennes pour ses importantes contributions à la physique subatomique.
- **Le professeur Freddy Cachazo** a remporté la médaille Herzberg 2012 de l'Association canadienne des physiciens et physiciennes, attribuée pour des réalisations exceptionnelles d'un physicien en début de carrière.
- **Nima Arkani-Hamed, titulaire d'une chaire de chercheur invité distingué**, a remporté un Prix de physique fondamentale de 3 millions de dollars, pour ses « approches originales de problèmes non résolus de la physique des particules, dont la proposition de grandes dimensions supplémentaires, de nouvelles théories concernant le boson de Higgs, la découverte de nouveaux cas de supersymétrie, des théories de la matière sombre, ainsi que l'exploration de structures mathématiques des amplitudes de diffusion en théorie de jauge » [traduction].
- Le Prix 2012 du meilleur article, remis par l'Institut de physique (IOP) et le comité de rédaction du *Journal of Physics A*, a été attribué à *Y-system for scattering amplitudes*, du **professeur Pedro Vieira**, du **boursier postdoctoral principal Amit Sever** et d'autres auteurs.
- **Neil Turok, directeur de l'Institut**, et le **professeur Lee Smolin** ont reçu 2 millions de dollars de la Fondation John-Templeton pour créer le programme *Frontières Templeton de l'Institut Péricimètre*, afin de catalyser la recherche fondamentale sur les fondements et l'information quantiques, la cosmologie fondamentale et l'émergence de l'espace-temps.
- **Le professeur Pedro Vieira** a remporté une bourse de nouveau chercheur attribuée par le ministère de la Recherche et de l'Innovation de l'Ontario.
- **Le professeur associé Adrian Kent** a reçu une subvention de 178 000 £ de la Fondation John-Templeton pour la période 2011-2013.
- **Le professeur associé Raymond Laflamme** a été élu membre de la Société américaine de physique pour son rôle de visionnaire dans le domaine de l'informatique quantique.
- **Le professeur associé Raymond Laflamme** a été élu membre de l'Association américaine pour l'avancement de la science.
- **Le boursier postdoctoral principal Razvan Gurau** a reçu le prix Hermann-Weyl 2012 pour la découverte et le développement de la théorie des tenseurs aléatoires colorés.
- **Le postdoctorant Eugenio Bianchi** a obtenu une bourse Banting pour effectuer des recherches à l'Institut Péricimètre.



- **Neil Turok, directeur de l'Institut**, a été nommé au sein du comité consultatif international du Centre Higgs de physique théorique de l'Université d'Édimbourg.
- **Le professeur associé Michele Mosca** et d'autres chercheurs ont obtenu, dans le cadre du programme FONCER du Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada (CRSNG), une subvention de 1,65 million de dollars pour la période 2012-2018.
- **Le professeur associé David Cory** et d'autres chercheurs ont obtenu, dans le cadre du programme FONCER du CRSNG, une subvention de 1,65 million de dollars pour la période 2012-2018.
- **Le chercheur affilié principal John Moffat** a reçu de la Fondation John-Templeton une subvention de 222 000 \$ sur 3 ans pour soutenir ses recherches sur de nouveaux modèles en physique.
- **Le postdoctorant Matthew Johnson** (maintenant professeur associé à l'Institut Périmètre) et d'autres chercheurs ont obtenu une subvention de 270 000 \$ sur 2 ans du programme *Nouvelles frontières en astronomie et cosmologie*.
- Dix chercheurs de l'Institut Périmètre ont obtenu des subventions à la découverte du CRSNG, d'un montant total de plus de 1,6 million de dollars (pour des périodes allant de 3 à 5 ans). **Latham Boyle, Avery Broderick** et **Philip Schuster** ont obtenu chacun un supplément pour chercheur en début de carrière.
- **Le professeur Philip Schuster** a obtenu du CRSNG un supplément d'accélération à la découverte de 120 000 \$.

ROBERT MYERS REMPORTE LA MÉDAILLE VOGT DE L'ACP ET DE TRIUMF

Cette année, **le professeur Robert Myers** a eu l'honneur de recevoir la médaille Vogt 2012 de l'Association canadienne des physiciens et physiciennes (ACP) et du Laboratoire TRIUMF, centre national canadien de recherche en physique corpusculaire et nucléaire. Portant le nom du physicien nucléaire Erich Vogt, fondateur de TRIUMF, cette récompense reconnaît des contributions exceptionnelles à la physique subatomique. Les travaux de M. Myers recouvrent plusieurs domaines, dont la théorie fondamentale des cordes, la physique gravitationnelle et la cosmologie des cordes. Membre fondateur de l'Institut Périmètre, Robert Myers en a été le directeur scientifique intérimaire en 2007 et 2008. Il est actuellement président du corps professoral de l'Institut.



Davide Gaiotto, titulaire de la chaire Galilée

La science dépend d'abord et avant tout des gens qui y travaillent. L'Institut Périmètre est particulièrement heureux de compter dans son corps professoral beaucoup des meilleurs cerveaux dans leur domaine.

LES CHAIRES DE RECHERCHE DE L'INSTITUT PÉRIMÈTRE

Le programme de chaires de recherche de l'Institut Périmètre est conçu pour attirer à l'Institut et au Canada des chercheurs étoilés ayant beaucoup d'expérience. Cinq chaires sont prévues en tout, chacune portant le nom d'un scientifique dont les découvertes ont contribué à façonner la physique moderne : Neils Bohr, Albert Einstein, Leonhard Euler, James Clerk Maxwell, Isaac Newton.

En mai 2012, nous avons accueilli **Xiao-Gang Wen** comme premier titulaire de la chaire Groupe financier BMO Isaac-Newton de physique théorique. M. Wen vient de l'Institut de technologie

du Massachusetts (MIT) et est un chef de file mondial dans le domaine de la recherche de nouvelles formes de matière. En 1989, il a introduit la notion d'ordre topologique, qui a permis aux physiciens de décrire une nouvelle catégorie de matière – la matière topologique – qui possède des propriétés d'intrication quantique à l'échelle macroscopique. Cette percée a ouvert d'importantes nouvelles avenues de recherche, et la matière topologique constitue l'un des domaines les plus dynamiques de la physique de la matière condensée. Xiao-Gang Wen a par la suite découvert entre autres les isolants topologiques, dont l'avenir dans les ordinateurs quantiques semble très prometteur. Les recherches de M. Wen ont des répercussions qui vont bien au-delà de son propre domaine, contribuant aux progrès en sciences de l'information quantique, en physique des hautes énergies, en mathématiques, et même dans l'élaboration de nouveaux modèles de l'univers.

L'Institut Périmètre poursuit ses efforts pour recruter les titulaires de ses autres chaires de recherche.

LA CHAIRE GALILÉE

En plus des cinq chaires destinées à des chercheurs ayant une longue expérience, l'Institut Péricètre a mis sur pied la chaire Galilée pour attirer un scientifique exceptionnel en début de carrière. En mai 2012, **Davide Gaiotto**, que beaucoup considèrent comme le principal jeune spécialiste mondial de la théorie quantique des champs, a quitté l'Institut d'études avancées de Princeton pour devenir le premier titulaire de la chaire Galilée. 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. En 2011, il a obtenu la médaille Gribov de la Société européenne de physique.

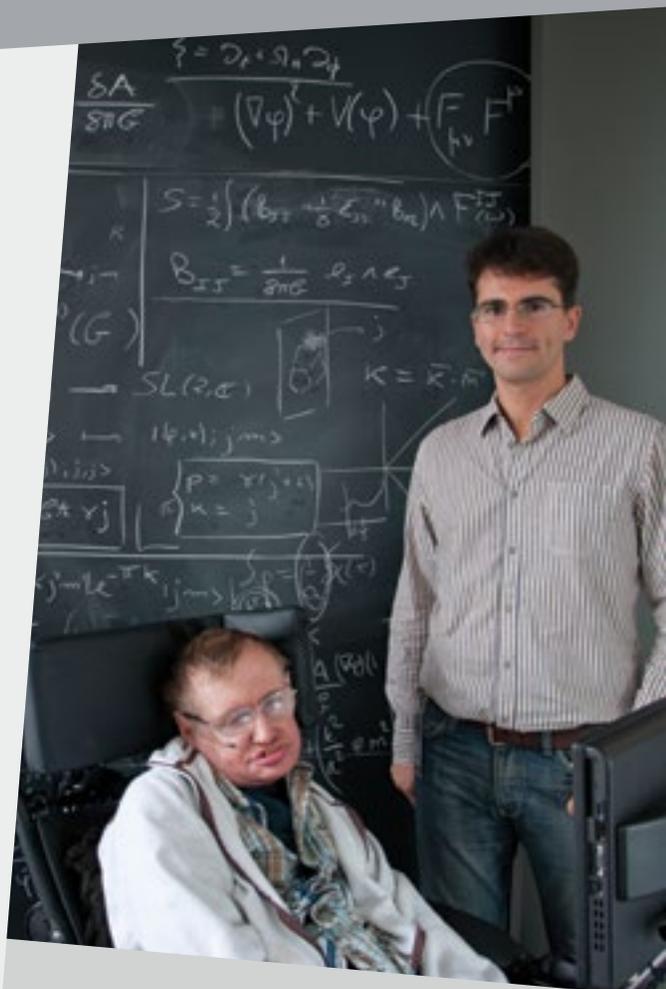
PROFESSEURS

L'Institut Péricètre a accueilli plusieurs nouveaux professeurs remarquables en 2011-2012.

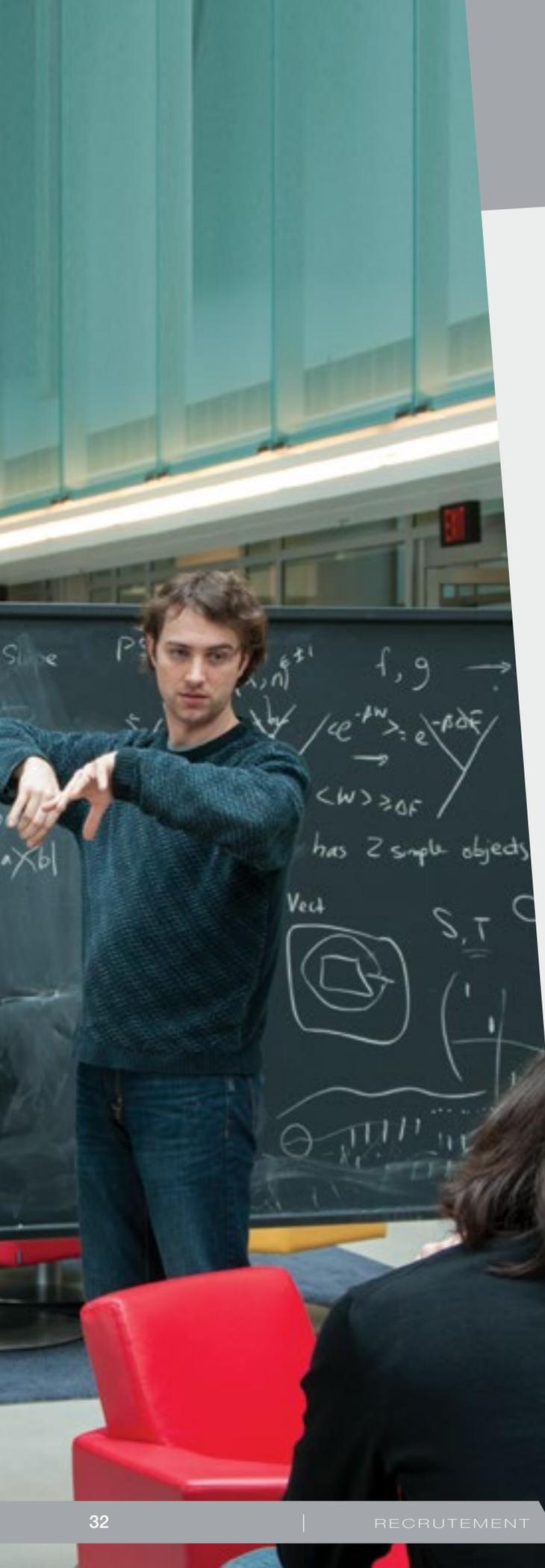
Bianca Dittrich est arrivée à l'Institut Péricètre en provenance de l'Institut Albert-Einstein de Potsdam, où elle dirigeait le groupe de recherche Max-Planck sur la dynamique canonique et covariante de la gravitation quantique. Mme Dittrich est une jeune chef de file dans le domaine de la gravitation quantique. Ses recherches mettent l'accent sur l'élaboration et l'examen de modèles de gravitation quantique, et elle a récemment mis au point un cadre de calcul de grandeurs observables invariantes de jauge en relativité générale canonique. En 2007, elle a reçu la médaille Otto-Hahn, remise par la Société Max-Planck à de jeunes scientifiques d'exception.

Le cosmologiste **Kendrick Smith**, qui se joindra l'an prochain à l'Institut Péricètre en provenance de l'Université de Princeton, est actif dans les deux mondes 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 obtenu plusieurs résultats importants, dont la première détection de l'effet lenticulaire gravitationnel dans le rayonnement fossile (ou fonds diffus cosmologique).

Dmitry Abanin se joindra à l'Institut Péricètre en provenance de l'Université Harvard, où il est boursier postdoctoral depuis 2011. C'est un théoricien de la matière condensée dont les recherches portent principalement sur l'élaboration d'une compréhension théorique des matériaux de Dirac, 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.



Eugenio Bianchi, postdoctorant à l'Institut Péricètre, a récemment adopté une approche de gravitation quantique à boucles pour reconstituer la fameuse formule de Bekenstein-Hawking de l'entropie des trous noirs (voir les pages 22 et 23). Sur cette photo, il présente ses travaux à Stephen Hawking, l'un des auteurs de la formule et titulaire d'une chaire de chercheur invité distingué de l'Institut Péricètre.



PROFESSEURS ASSOCIÉS

En plus d'embaucher des professeurs à plein temps, l'Institut Péricètre collabore souvent avec des universités avoisinantes pour recruter conjointement des candidats dans le cadre de son programme de professeurs associés. Cela permet à l'Institut d'amener au Canada des scientifiques de premier ordre et d'en faire profiter plusieurs établissements. Cette année, l'Institut a recruté trois professeurs associés, renforçant ainsi son potentiel de recherche dans des domaines clés.

L'astrophysicien **Avery Broderick** s'intéresse à plusieurs domaines de recherche, depuis la formation des étoiles jusqu'aux conditions physiques 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 permettant de comprendre l'horizon de quelques trous noirs supermassifs, en étudiant la dynamique de ces trous noirs et la nature de la gravité dans leur voisinage. Il a obtenu son doctorat à l'Institut de technologie de la Californie (Caltech) en 2004, puis il a été postdoctorant au Centre d'astrophysique Harvard-Smithsonian (de 2004 à 2007) et à l'Institut canadien d'astrophysique théorique (de 2007 à 2011). Il a été recruté dans le cadre d'une nomination conjointe avec l'Université de Waterloo.

Le cosmologiste **Matthew Johnson** mène des recherches interdisciplinaires qui 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 (ou fonds diffus cosmologique). Il a obtenu son doctorat à l'Université de la Californie à Santa Cruz en 2007. Il a ensuite été boursier postdoctoral Moore à l'Institut de technologie de la Californie (Caltech) de 2007 à 2010, avant de devenir postdoctorant à l'Institut Péricètre. Il entrera en fonction en août 2012, dans le cadre d'une nomination conjointe avec l'Université York de Toronto.

Théoricien de la matière condensée, **Roger Melko** élabore de nouveaux algorithmes et méthodes de calcul pour étudier les systèmes fortement corrélés à N corps, en mettant l'accent sur les phénomènes émergents, les phases des états fondamentaux, les transitions de phase, les systèmes critiques quantiques et l'intrication. Après avoir obtenu son doctorat à l'Université de la Californie à Santa Barbara en 2005, il a été boursier postdoctoral Wigner au Laboratoire national d'Oak Ridge avant d'être recruté par l'Université de Waterloo en 2007. Il a obtenu une bourse de nouveau chercheur en 2010. M. Melko se joindra à l'Institut Péricètre à l'automne 2012 tout en conservant son poste à l'Université de Waterloo.

CHAIRES DE CHERCHEUR INVITÉ DISTINGUÉ

Le programme de chaires de chercheur invité distingué de l'Institut Péricône est unique au monde. Ce programme permet à des scientifiques de premier plan de faire chaque année des séjours prolongés à l'Institut, tout en conservant leur poste dans leur établissement d'origine. Pendant leur mandat de trois ans, ils participent à tous les aspects de la vie de l'Institut Péricône : recherches personnelles, collaboration avec des collègues, organisation de conférences, enseignement dans le cadre du programme PSI, activités de diffusion des connaissances.

Les titulaires de chaire de chercheur invité distingué comprennent des sommités comme **Stephen Hawking**, **Nima Arkani-Hamed**, **Leonard Susskind**, **Mark Wise** et le lauréat du prix Nobel **Gerard 't Hooft**. Leurs domaines d'expertise couvrent la totalité de la physique théorique. Leur présence suscite de nouvelles idées et collaborations, et enrichit grandement l'équipe de chercheurs de l'Institut. Cette année, **Ashvin Vishwanath** s'est vu attribuer une chaire de chercheur invité distingué, portant le nombre de titulaires à 24 à la fin de l'exercice 2011-2012. **Adrian Kent** et **Ramesh Narayan** se joindront à ce groupe en 2012-2013.

POSTDOCTORANTS

Bon nombre des grandes découvertes en physique ont été faites par des scientifiques étonnamment jeunes. C'est dans cet esprit que l'Institut offre à ses postdoctorants des occasions exceptionnelles d'exploiter au maximum leur potentiel de recherche à un stade charnière de leur carrière.

L'Institut Péricône est une destination de choix pour beaucoup des plus brillants scientifiques en début de carrière et il compte le plus grand nombre de postdoctorants indépendants en physique théorique au monde. Cette année, 15 nouveaux postdoctorants ont été choisis parmi plus de 650 candidats. Partenaires à part entière au sein de l'Institut, les postdoctorants sont encouragés à poursuivre des recherches novatrices et audacieuses, à inviter des collaborateurs scientifiques, à voyager et à organiser des conférences.

De nos jours, des expériences à la fine pointe procurent des données autrefois impossibles à obtenir. C'est pourquoi les liens entre théoriciens et expérimentateurs sont plus importants que jamais. Cette année, l'Institut Péricône a mis sur pied son programme GO (pour *Get Out – Sortez*), qui offre à de jeunes physiciens de nouvelles occasions de travailler avec des expérimentateurs de centres tels que le CERN, les laboratoires FermiLab, Jefferson, TRIUMF et SNOLAB, ou encore le Laboratoire national de l'accélérateur SLAC.

TITULAIRES DE CHAIRE DE CHERCHEUR INVITÉ DISTINGUÉ

Dorit Aharonov, Université hébraïque

Yakir Aharonov, Université Chapman et Université de Tel Aviv

Nima Arkani-Hamed, Institut d'études avancées de Princeton

James Bardeen, Université de l'État de Washington

Ganapathy Baskaran, Institut de mathématiques de Chennai

Juan Ignacio Cirac, Institut Max-Planck d'optique quantique

S. James Gates, Université du Maryland

Stephen Hawking, Université de Cambridge

Patrick Hayden, Université McGill

Christopher Isham, Collège impérial de Londres

Leo Kadanoff, Institut James-Franck de l'Université de Chicago

Renate Loll, Université Radboud de Nimègue

Malcolm Perry, Université de Cambridge

Sandu Popescu, Université de Bristol

Frans Pretorius, Université de Princeton

Subir Sachdev, Université Harvard

Eva Silverstein, Université Stanford

Paul Steinhardt, Université de Princeton

Leonard Susskind, Université Stanford

Gerard 't Hooft, Université d'Utrecht

Senthil Todadri, Institut de technologie du Massachusetts (MIT)

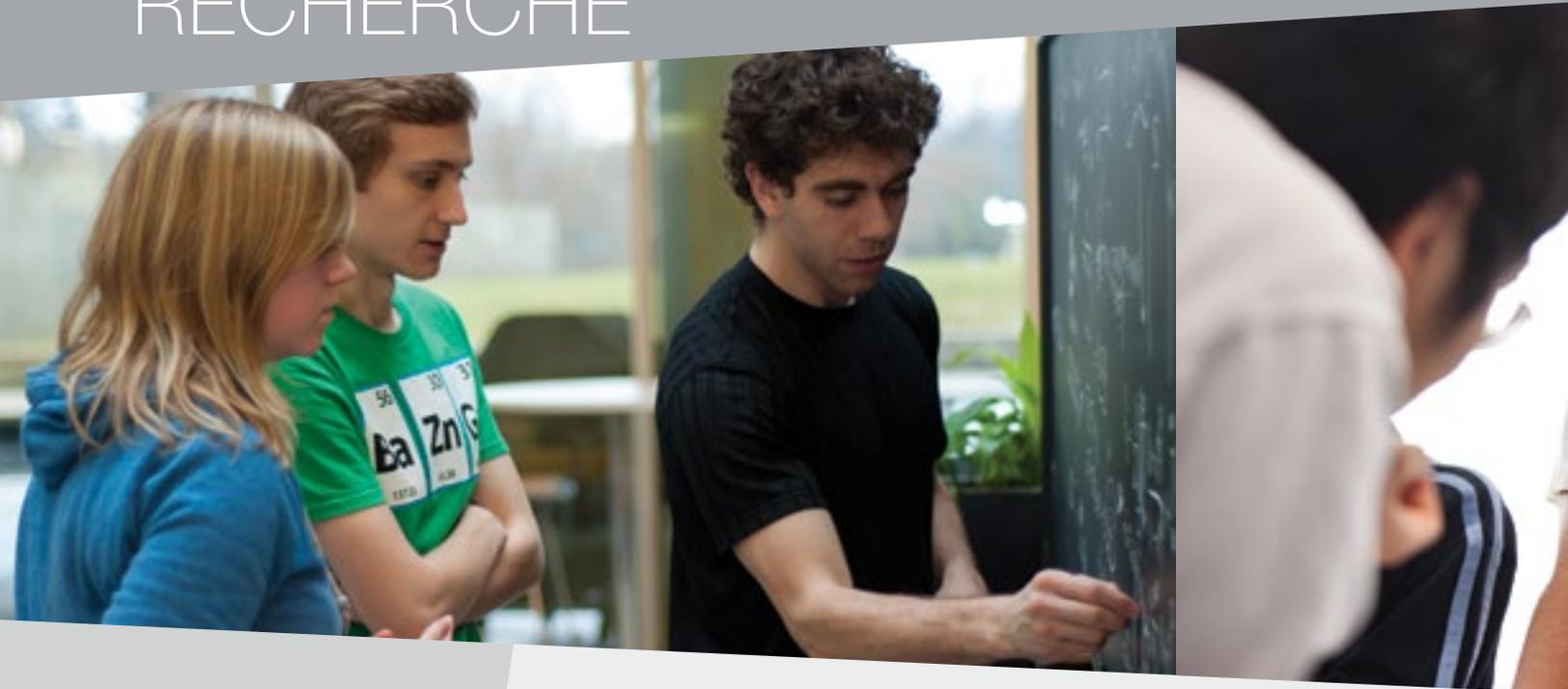
William Unruh, Université de la Colombie-Britannique

Ashvin Vishwanath*, Université de la Californie à Berkeley

Mark Wise, Institut de technologie de la Californie (Caltech)

* Nomination en 2011-2012

FORMATION À LA RECHERCHE



« Ce qui m'a inspirée le plus, ça a été de voir mes collègues du programme travailler si fort, et les chercheurs aussi – ils ne s'arrêtent jamais. Ils me rappelaient que j'avais un rêve. J'ai toujours voulu explorer l'inconnu, étudier quelque chose de nouveau. Et comprendre un peu mieux l'univers. »

[traduction]

– Paulina Corona Ugalde,
promotion 2011 du
programme PSI

LE PROGRAMME PSI

L'Institut Péricône reconnaît que de brillants jeunes gens constituent le moteur de la physique théorique. Le programme PSI (*Perimeter Scholars International*), programme de maîtrise de l'Institut, réunit des diplômés universitaires exceptionnels du monde entier, afin de les amener en une année à la fine pointe de la physique théorique.

Ce programme a une structure innovatrice, avec des modules de cours de trois semaines donnés par des professeurs de l'Institut et d'autres conférenciers de renom du monde entier, couvrant une vaste étendue de connaissances et de points de vue. Non seulement les étudiants prennent connaissance du spectre complet de la physique théorique, mais ils acquièrent des compétences pratiques comme l'élaboration de modèles informatisés, l'indépendance d'esprit et la résolution de problèmes en collaboration. Dans la dernière partie du programme, les étudiants soutiennent un mémoire portant sur des recherches originales. Plusieurs de ces mémoires sont par la suite acceptés pour publication. Le programme PSI est offert en partenariat avec l'Université de Waterloo, qui remet un diplôme de maîtrise aux finissants.

En 2011-2012, 37 étudiants de 20 pays ont complété le programme PSI. Il est à noter que 11 des diplômés de cette année sont des femmes, ce qui reflète l'engagement de l'Institut Péricône en faveur de l'équilibre des sexes dans le domaine. Pas moins de 14 des diplômés de cette année font leur doctorat au Canada, dont 7 avec des professeurs permanents et professeurs associés de l'Institut. D'autres poursuivent leurs études dans d'excellents programmes, entre autres à Oxford, à Princeton et à l'Institut de technologie de la Californie (Caltech).

Le programme PSI a bénéficié en 2011-2012 du soutien généreux des organismes suivants : le Fonds de fiducie communautaire Bluma-Appel, Burgundy Asset Management, la Fondation de bienfaisance Ira-Gluskin-et-Maxine-Granozsky-Gluskin, la Fondation communautaire de Kitchener-Waterloo – Fonds de la famille John A. Pollock –, de même que la Banque Scotia.



CORPS PROFESSORAL DU PROGRAMME PSI EN 2011-2012

John Berlinsky (directeur), Institut Péricètre

Dmitry Abanin, Institut Péricètre

Carl Bender, Université Washington
de Saint-Louis

Latham Boyle, Institut Péricètre

Freddy Cachazo, Institut Péricètre

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

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

Jaume Gomis, Institut Péricètre

Daniel Gottesman, Institut Péricètre

Ruth Gregory, Université de Durham

Alioscia Hamma, Institut Péricètre

Matthew Johnson, Institut Péricètre

Leo Kadanoff, Institut James-Franck
de l'Université de Chicago

Adrian Kent, Université de Cambridge

Louis Leblond, Institut Péricètre

Luis Lehner, Institut Péricètre

Renate Loll, Université Radboud de Nimègue

David Morrissey, Laboratoire TRIUMF

Frans Pretorius, Université de Princeton

Carlo Rovelli, Centre de physique théorique
de l'Université d'Aix-Marseille

Veronica Sanz, Université York

Philip Schuster, Institut Péricètre

Robert Spekkens, Institut Péricètre

Natalia Toro, Institut Péricètre

Nandini Trivedi, Université d'État de l'Ohio

Neil Turok, Institut Péricètre

Pedro Vieira, Institut Péricètre

Konstantin Zarembo, Institut nordique de physique théorique
(NORDITA)

DOCTORANTS

Les professeurs de l'Institut Péricètre ont dirigé 35 doctorants au cours de la dernière année. Comme l'Institut ne délivre pas de diplômes, ses doctorants reçoivent leur diplôme d'une université partenaire à laquelle leur directeur de thèse est affilié. Le milieu de recherche de l'Institut offre aux étudiants des occasions inégalées d'échanger avec des chefs de file de la recherche du monde entier et d'accroître leurs possibilités de carrière.

ADJOINTS DIPLÔMÉS INVITÉS

En 2011-2012, le nouveau programme d'adjoints diplômés invités a amené à l'Institut Péricètre 10 doctorants prometteurs du monde entier, pour des séjours de recherche prolongés. Grâce à des séjours allant de deux mois à presque un an, les participants peuvent s'intégrer à la communauté de recherche de l'Institut et échanger avec des chercheurs de premier plan à un moment charnière de leur formation scientifique.

CHERCHEURS DE PREMIER CYCLE

Les postdoctorants de l'Institut Péricètre acquièrent une expérience de mentorat en supervisant des projets de recherche de deux à quatre mois auxquels participent des étudiants de premier cycle pendant l'été. L'été dernier, huit étudiants doués de premier cycle, provenant de diverses régions du monde, ont développé leurs compétences en recherche tout en profitant des nombreux exposés, conférences et activités de l'Institut Péricètre.

RÉUNIONS DE CHERCHEURS



QUELQUES STATISTIQUES

- En 2011-2012,
l'Institut Péricimètre a ...
- tenu **17** conférences et ateliers ciblés et opportuns, auxquels ont participé **1013** scientifiques du monde entier;
 - organisé **7** conférences et ateliers conjointement avec diverses institutions, et en a parrainé **11** autres;
 - présenté **299** exposés scientifiques, tous accessibles en ligne à www.pirsa.org.

CONFÉRENCES, ATELIERS ET ÉCOLES D'ÉTÉ

Rien ne peut remplacer l'intensité et les interactions humaines inattendues propres aux rencontres scientifiques. Maintes et maintes fois, des discussions, des débats et des échanges imprévus favorisent les idées nouvelles et les découvertes.

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.

En 2011-2012, l'Institut a tenu 17 conférences et ateliers, auxquels ont participé plus de 1000 scientifiques du monde entier. En choisissant de manière stratégique et opportune les sujets abordés, l'Institut vise à accélérer le progrès scientifique et à agir comme une importante plaque tournante de la recherche de pointe.

COLLOQUES ET SÉMINAIRES

L'Institut Péricimètre offre un environnement stimulant pour l'échange de connaissances, avec 271 séminaires et 28 colloques au cours de la dernière année. L'Institut accueille 11 séries actives de séminaires hebdomadaires, qui favorisent la collaboration avec des chercheurs de toute la planète.

Parmi les points saillants de la dernière année, mentionnons les conférences prononcées par les **titulaires de chaire de chercheur invité distingué Yakir**



Aharonov, James Bardeen, Ganapathy Baskaran, Ramesh Narayan, Frans Pretorius, Subir Sachdev, Senthil Todadri, William Unruh, Ashvin Vishwanath et Mark Wise.

ARCHIVES EN LIGNE DE L'INSTITUT PÉRIMÈTRE

Les scientifiques et les étudiants du monde entier ont accès en ligne à plus de 6000 exposés, cours et colloques, par le truchement de PIRSA, le site d'archivage en ligne de l'Institut Péricône (www.pirsa.org). Ce système permanent d'archives vidéo de conférences, ateliers, colloques et cours, que l'on peut consulter et citer sans frais, a été mis au point par l'Institut afin de faciliter la diffusion des connaissances à la communauté scientifique internationale. C'est une ressource importante dans le domaine, et le nombre d'accès continue d'augmenter année après année. L'année dernière, plus de 75 000 visiteurs distincts de 166 pays ont consulté près de 675 000 pages dans PIRSA.

Les scientifiques et les étudiants du monde entier ont accès à plus de 6000 exposés, cours et colloques par le truchement de PIRSA, le système d'archives en ligne de l'Institut Péricône, à l'adresse www.pirsa.org.

UN ATELIER SUR « LE BOSON DE HIGGS, MAINTENANT ET DANS L'AVENIR »

Les théoriciens et les expérimentateurs se considèrent traditionnellement comme des membres de clans différents. Mais au cours des dernières années, les physiciens des particules des deux camps se sont rendu compte qu'ils doivent collaborer pour augmenter leurs chances de découvrir de nouvelles lois physiques au-delà du modèle standard.

Avant même l'annonce du mois de juillet confirmant la détection du boson de Higgs, cet atelier de deux jours (les 23 et 24 avril 2012) a réuni d'éminents théoriciens et expérimentateurs de l'expérience ATLAS menée au grand collisionneur hadronique, pour discuter des derniers développements concernant le boson de Higgs et définir les travaux à venir. Cet atelier couronné de succès a donné lieu à un consensus sur la stratégie à adopter pour planifier et interpréter les expériences à venir.

Ce fut un exemple d'enrichissement mutuel des idées entre la théorie et l'expérimentation, que l'Institut Péricône cherche à promouvoir. Un autre atelier poursuivant les mêmes objectifs a eu lieu au mois d'août, cette fois sur l'expérience de solénoïde compact pour muons (CMS).

« Les discussions tenues à l'Institut Péricône ont contribué à un changement d'orientation dans la gestion et la direction scientifique de cette expérience.

Au sein de mon groupe, nous voyons cet atelier comme un point tournant de notre développement stratégique, et les discussions que nous avons eues devraient engendrer des changements ayant des répercussions importantes sur nos travaux futurs. » [traduction]

– Steve Worm, de la Division expérimentale B du Groupe CMS, parlant de l'atelier qui a réuni à l'Institut Péricône en août 2012 des théoriciens et des expérimentateurs à propos de l'expérience CMS

COLLABORATIONS

QUELQUES STATISTIQUES

En 2011-2012, ...

- plus de **1000** scientifiques sont venus à l'Institut Périmètre pour faire de la recherche ou assister à des conférences.

PROGRAMME DE CHERCHEURS INVITÉS

De nouvelles voix redonnent vie à une discussion. Au cours de l'année écoulée, le programme dynamique de chercheurs invités de l'Institut Périmètre a amené 401 scientifiques pour des séjours de recherche (et plus de 600 participants à des conférences). En venant à l'Institut, que ce soit pour quelques jours ou pour une année sabbatique complète, les chercheurs invités ont le temps et l'espace voulus, ainsi que de multiples occasions d'assister à des conférences et à des exposés, d'échanger des idées et de mettre sur pied de nouvelles collaborations avec des collègues.

MEMBRES AFFILIÉS

Le programme de membres affiliés permet à des professeurs choisis au sein d'universités canadiennes de faire régulièrement des visites à l'Institut Périmètre, de travailler avec ses chercheurs résidents et de participer à diverses activités de recherche. Les membres affiliés enrichissent la communauté de l'Institut et lui permettent d'établir des collaborations régionales et nationales avec des universités canadiennes. En 2011-2012, la nomination de 17 nouveaux membres affiliés a porté leur nombre total à 119. Ce programme continue de renforcer les liens entre l'Institut Périmètre et la communauté scientifique canadienne, tout en bénéficiant au milieu de recherche de l'Institut.

LIENS NATIONAUX

La collaboration est inhérente à la physique moderne. Les grandes questions sont si complexes qu'elles peuvent rarement être résolues par une seule personne, ou même par un seul établissement. La collaboration est vitale, et le partage de la richesse intellectuelle profite à tous.

L'Institut Périmètre vise à servir de plaque tournante de la physique théorique au Canada. En plus de sa relation de longue date et productive avec l'Institut d'informatique quantique de l'Université de Waterloo, l'Institut est partenaire d'universités de la région, dont les universités McMaster, Western et de Guelph, notamment par des doubles affectations, des postes de professeur associé, des bourses postdoctorales conjointes et des programmes d'études supérieures. De plus, au moyen de conférences, d'ateliers et de cours, l'Institut guide la communauté scientifique nationale et lui offre des ressources exceptionnelles.

L'Institut a tissé des liens étroits avec d'autres organismes de recherche du pays, dont l'Institut canadien d'astrophysique théorique (ICAT), l'Institut canadien de recherches avancées (ICRA), l'Institut Fields, les laboratoires SNOLAB et TRIUMF, le Centre de recherches mathématiques, l'Institut de mathématiques du Pacifique (PIMS), ainsi qu'avec les réseaux de recherche MITACS (*Mathematics of Information Technology and Complex Systems*).

LIENS INTERNATIONAUX

L'Institut Périmètre maintient des liens avec de nombreux établissements de recherche partout dans le monde. En particulier, l'Institut a renforcé ses liens avec d'importants centres d'observation et d'expérimentation en physique des particules. Les professeurs **Philip Schuster** et **Natalia Toro** ont tissé des liens de collaboration hautement productifs avec des expérimentateurs du grand collisionneur hadronique. En 2011-2012, l'Institut a officiellement lancé son programme GO (pour *Get Out – Sortez*), qui permet à des postdoctorants en physique des particules de travailler avec des collègues expérimentateurs dans des centres tels que le CERN, TRIUMF et SNOLAB.

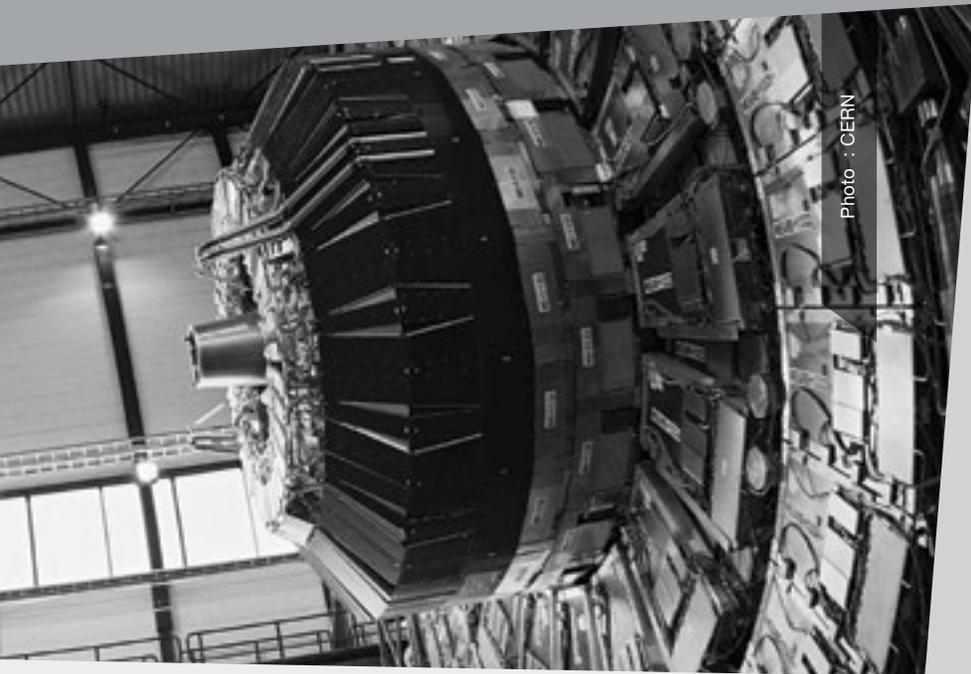


Photo : CERN

L'année dernière, l'Institut Périmètre a également conclu deux nouveaux accords de partenariat, afin de favoriser la collaboration scientifique avec l'Institut sud-américain de recherche fondamentale du Centre international de physique théorique (ICTP-SAIFR), au Brésil, et l'Institut de mathématiques (IMSc) de Chennai, en Inde.

RAYONNEMENT INTERNATIONAL : UN PONT AVEC L'AFRIQUE

Non seulement la science engendre des connaissances et des technologies, mais elle contribue puissamment à l'unification de l'humanité. Le langage et les méthodes scientifiques transcendent les cultures, les langues et les religions, d'une manière que bien peu d'autres activités humaines peuvent égaler.

Par son programme de rayonnement international, l'Institut Périmètre offre son expertise pour favoriser la croissance de centres d'excellence en physique théorique et en mathématiques dans le monde. La première cible de ce programme est l'initiative *Next Einstein* (le prochain Einstein) de l'Institut africain de mathématiques (AIMS-NEI), projet panafricain mis sur pied par **Neil Turok, directeur de l'Institut Périmètre**, pour établir un réseau de centres offrant une formation avancée en mathématiques et en sciences aux diplômés les plus exceptionnels du continent.

Ce projet a permis de jeter des ponts entre l'Institut Périmètre et l'Afrique : des chercheurs et des étudiants diplômés de l'Institut sont allés à l'AIMS comme tuteurs et chargés de cours; d'autres membres du personnel de l'Institut ont fourni une assistance professionnelle dans leurs domaines de compétence; et plusieurs diplômés de l'AIMS sont venus poursuivre des études supérieures à l'Institut Périmètre.

EXPORTER L'EXPÉRIENCE

Lorsqu'il est arrivé pour la première fois au Sénégal, **Michael Duschenes, directeur de l'exploitation de l'Institut Périmètre**, se demandait en quoi il pourrait être vraiment utile. Il avait guidé avec succès plusieurs organismes, dont l'Institut Périmètre, dans les étapes allant du démarrage à une stabilité florissante, en passant par une croissance rapide. Cette expérience serait-elle applicable dans un contexte africain?

La première semaine, à l'occasion de ses rencontres avec le personnel, il s'est rendu compte que ses interlocuteurs étaient confrontés en bonne partie aux mêmes problèmes d'organisation, de logistique et de planification que lui, avec toutefois d'énormes défis supplémentaires. Il se rappelle avoir été touché, en mangeant avec les étudiants de l'AIMS, par le contraste entre, d'une part, la beauté des plages de sable et de la végétation tropicale entourant le centre et, d'autre part, l'histoire et les antécédents difficiles des étudiants. Il a également été frappé par leur intense désir de réussir.

« Ma visite à l'AIMS montre le réel bien-fondé du programme de rayonnement international de l'Institut Périmètre, déclare M. Duschenes. Nous participons à une entreprise mondiale de résolution de certains des problèmes les plus difficiles de la science. Pour réussir, nous avons besoin de la contribution de gens du monde entier. Une partie du rôle international de l'Institut consiste à transmettre un peu de l'expérience que nous avons acquise, afin d'accélérer la mise sur pied de ces centres. Et au bout du compte, cette collaboration est aussi instructive pour nous que pour eux. » [traduction]

Ce fut le début d'un dialogue fructueux. Michael Duschenes est depuis retourné deux fois en Afrique pour collaborer au plan d'affaires et à la planification stratégique de l'AIMS.





Photo : Dave Dick

**La science en tournée : GoPhysics! (Vive la physique!)
et Physica Phantastica**

Cette année, 6 ateliers GoPhysics! (Vive la physique!) ont eu lieu dans diverses régions du Canada, chacun donnant à environ 25 élèves un aperçu de l'expérience de l'ISSYP.

En outre, plus de 2100 élèves de toutes les régions de l'Ontario et d'ailleurs au Canada ont été captivés par la physique grâce à des exposés divertissants et accessibles, intitulés Physica Phantastica. Ces exposés sèment la culture scientifique et la créativité chez des élèves de la 7^e à la 12^e année, en montrant les liens entre la recherche scientifique sur les forces qui régissent l'univers et la découverte de connaissances et de technologies nouvelles.

« J'ai passé les 16 plus belles journées de ma vie à étudier des concepts de la physique, avec le groupe de personnes le plus brillant que j'aie jamais rencontré. Cela a complètement transformé ma vision du monde qui m'entoure. »
[traduction]

– Radhika Singhal, de l'Inde, participant à l'ISSYP 2012



PARTENARIAT AVEC LES ENSEIGNANTS

EinsteinPlus

« Cela a complètement transformé la manière dont j'enseigne la physique. » [traduction]

– Olga Michalopouloso, de l'école secondaire du district de Georgetown, en Ontario, participante à l'atelier EinsteinPlus 2012

Les concepts de la physique moderne peuvent être difficiles à comprendre, sans parler de les enseigner à des élèves du secondaire, mais l'Institut Péricètre est là pour aider. Cette année, 52 enseignants canadiens et étrangers ont consacré une partie de leurs vacances d'été à l'atelier national pour enseignants *EinsteinPlus* (E+), atelier intensif d'une semaine qui donne aux participants des stratégies d'enseignement efficaces et leur présente les ressources pédagogiques de l'Institut Péricètre.

D'anciens participants aux ateliers E+ forment le noyau du réseau des enseignants de l'Institut Péricètre, programme de

formation par des pairs qui regroupe plus de 60 enseignants de l'Ontario et d'ailleurs au pays, formés pour diffuser auprès de leurs collègues les outils pédagogiques de l'Institut. Ce réseau étend considérablement la portée de notre programme de diffusion des connaissances : en 2011-2012, les membres du réseau ont animé 65 ateliers auxquels ont participé 1500 enseignants et qui ont ainsi touché 112 500 élèves du secondaire au pays.

De plus, le personnel de l'Institut Péricètre a donné 18 ateliers à plus de 1800 participants à des rencontres d'enseignants partout au Canada.

Ressources pédagogiques

En montrant les liens qui existent entre la physique et la vie de tous les jours, les modules *Inspirations* de l'Institut Péricètre visent à intriguer les élèves de la 7^e à la 9^e année pour les motiver à persévérer en mathématiques et en sciences dans la suite de leur formation. Intitulé *The Process of Science* (Le processus de la science), le module publié cette année montre la démarche intellectuelle des scientifiques dans leurs recherches.

Le réseau des enseignants de l'Institut Péricètre étend considérablement la portée de notre programme de diffusion des connaissances : en 2011-2012, les membres du réseau ont animé 65 ateliers auxquels ont participé 1500 enseignants et qui ont ainsi touché 112 500 élèves du secondaire au pays.



Au-delà de l'atome : la physique des particules remodelée

Les modules *Explorations*, destinés aux élèves de la 10^e à la 12^e année, vont plus en profondeur dans les idées et le contenu technique, constituant une excellente préparation pour l'enseignement postsecondaire en mathématiques, en sciences et en génie. Cette année, le module *Au-delà de l'atome : la physique des particules remodelée* est paru au bon moment, puisqu'il parle du boson de Higgs, l'un des sujets de l'heure, tous domaines scientifiques confondus.

Toutes les ressources pédagogiques de l'Institut Péricimètre sont élaborées avec la participation de scientifiques et d'enseignants. Cela assure qu'elles sont à la fine pointe de la science tout en suscitant l'intérêt en classe.

La réalisation du module The Process of Science (Le processus de la science) a bénéficié du généreux soutien de la Fondation Cowan.

Dans les manuels

Des sections de plusieurs modules produits par l'Institut Péricimètre ont été incorporées au manuel Physics 12, et l'on s'attend à ce que ce contenu soit présenté pendant des années à tous les élèves de physique de l'Ontario.

LA CONFÉRENCE COLLABORATIVE BrainSTEM

Une révolution dans l'enseignement des sciences à l'échelle planétaire se prépare – et on la voit dans YouTube.

Inspirée par des réalisations d'éducateurs et d'entrepreneurs dans le domaine des médias numériques, comme *MinutePhysics*, *Smarter Every Day*, *Radiolab* et Khan Academy, cette session de remue-méninges de trois jours a lancé l'initiative BrainSTEM de l'Institut Péricimètre et a réuni des créateurs du monde entier qui recouvrent trois domaines d'intérêt : la science, l'éducation et l'esprit d'entreprise.

L'élite des créateurs scientifiques en ligne – totalisant largement plus de 300 millions de visionnements et plus de 2,5 millions d'abonnés – a convergé à l'Institut Péricimètre en juin 2012. Au lieu d'assister passivement à des exposés, les participants à la conférence collaborative BrainSTEM ont fixé ensemble l'ordre du jour, puis discuté, imaginé et commencé à tracer la voie d'un enseignement à l'échelle mondiale dans un monde numérique. Des équipes d'étudiants ont également participé à une compétition éclair de 48 heures portant sur la création de jeux, de vidéos et d'applis.

La conférence collaborative BrainSTEM a été organisée en collaboration avec le consortium Communitech de Waterloo et financée par l'Agence fédérale de développement économique pour le Sud de l'Ontario. L'initiative BrainSTEM de l'Institut Péricimètre comportera également la création de ressources à utiliser en classe, la formation d'enseignants et de conseillers d'orientation, ainsi qu'une activité publique de lancement – le tout pour illustrer les liens entre la pensée scientifique et l'esprit d'entreprise, et inciter les jeunes à viser une carrière en science, technologie, génie et mathématiques.



Julian Barbour donnant une conférence publique

LA SCIENCE POUR TOUS : PARCE QUE L'AVENIR COMMENCE MAINTENANT

Pour façonner notre avenir avec sagesse, nous avons tous besoin de comprendre et d'apprécier la science. L'Institut Péricône organise pour le grand public des conférences gratuites données par des scientifiques et penseurs célèbres. Nous amenons la science dans les lieux publics et chez les gens, au moyen de festivals et de productions conçues pour intéresser et fasciner le public.

Parlons science : les conférences publiques de l'Institut Péricône

Présentées par la Financière Sun Life, les conférences publiques de l'Institut Péricône mettent à la portée du public la passion de la science de pointe. Ces conférences sont extrêmement populaires, et chaque fois les 600 billets disponibles s'envolent en quelques minutes. En 2011-2012, 11 exposés accessibles et intéressants ont été présentés sur des sujets allant de la recherche et de la collaboration dans l'espace aux trous noirs, en passant par l'existence du temps.

Grâce au partenariat entre l'Institut Péricône et TVO, ces conférences publiques sont enregistrées de manière professionnelle, puis diffusées à la télévision et en ligne sur TVO, dans le site Web de l'Institut Péricône et dans le site *iTunes University*. Ce partenariat a également produit l'émission *Stephen Hawking: The Power of Ideas* (Stephen Hawking – Le pouvoir des idées), qui a été visionnée en ligne 70 000 fois à ce jour.

Le partenariat WGSJ (*Waterloo Global Science Initiative*)

WGSJ est un partenariat sans but lucratif, financé de manière indépendante, mis sur pied par l'Institut Péricône et l'Université de Waterloo et dont le mandat est de favoriser la réflexion à long terme qui permet de faire progresser les idées, les possibilités

et les stratégies de l'avenir. La première conférence de WGSJ, intitulée *Equinox Summit: Energy 2030* (Sommet Équinoxe : Énergie 2030), a réuni en juin 2011 des scientifiques, des experts en politiques, des entrepreneurs et de futurs dirigeants du monde entier, afin d'explorer de nouvelles technologies de production, de stockage et de distribution d'électricité.

En février 2012, le document *Equinox Blueprint: Energy 2030* (Plan Équinoxe : Énergie 2030) a été présenté à la réunion annuelle de l'Association américaine pour l'avancement de la science (AAAS). Ce document résume les recommandations des participants à la conférence WGSJ sur les technologies susceptibles d'avoir un pouvoir transformateur et sur leurs stratégies de mise en œuvre. Il a été communiqué dans le cadre de diverses activités à plus de 1200 intervenants partout dans le monde, dont des chefs de file mondiaux en matière de science et de technologie dans les secteurs privé et public.

L'Association américaine pour l'avancement de la science

Cette année, l'Institut Péricône a été présent à la réunion annuelle de l'Association américaine pour l'avancement de la science (AAAS), qui a eu lieu à Vancouver. Avec plus de 6000 participants liés à la recherche, aux politiques, à l'éducation et aux médias, elle est la plus importante rencontre scientifique au monde. **Neil Turok, directeur de l'Institut Péricône**, a été coprésident de la rencontre, **Mike Lazaridis, président du conseil d'administration de l'Institut**, y a prononcé une conférence plénière, et des scientifiques et partenaires de l'Institut Péricône y ont fait plusieurs exposés.

Présence dans les médias

En 2011-2012, l'Institut Péricône a fait l'objet d'une importante couverture dans des médias canadiens et étrangers, entre autres *The Globe and Mail*, le *National Post*, le *Toronto Star*, *Maclean's*, CTV, CBC, NBC, *The Wall Street Journal*, l'*Australian Herald*, *Nature*, *Science*, *National Geographic News*, *Der Spiegel* et *The Economist*.



Jordi Savall en concert



Activités culturelles

« *Les artistes et les scientifiques produisent des résultats différents, mais notre démarche est semblable. Nous avons en commun l'énergie de la recherche et de l'inspiration, et la création d'interconnexions. Notre moteur commun est la créativité.* » [traduction]

– *L'artiste Reinhard Reitzenstein, dont les sculptures inspirées par les orbitales atomiques ont décoré l'atrium de l'Institut Périmètre en 2012*

Des manifestations culturelles complètent les activités de recherche et de diffusion des connaissances de l'Institut, tout en établissant des liens avec la collectivité en général. Financées par la vente de billets et le soutien du secteur privé, ces manifestations visent à stimuler et à charmer le public. Cette année, il y a eu notamment des concerts de musiciens d'avant-garde comme Laurie Anderson, une exposition d'arts visuels inspirée par des concepts de la physique atomique, ainsi que des concerts de grands maîtres de la musique classique.

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

MINUTEPHYSICS

Henry Reich n'arrivait pas à choisir entre les arts et la science, alors il a fini par choisir les deux.

Après avoir obtenu une maîtrise dans le cadre du programme PSI de l'Institut Périmètre, il est allé dans l'Ouest, où il voulait étudier à l'École du cinéma de l'Université de la Californie à Los Angeles. En attendant le début des cours, il a téléchargé dans YouTube une vidéo de 85 secondes, intitulée *What is Gravity?* (Qu'est-ce que la gravité?), qui expliquait de manière accessible l'une des notions centrales de la physique, à l'aide de simples dessins et avec un humour empreint d'ironie.

D'autres vidéos ont suivi chaque semaine et ont rapidement fait sensation.

Henry Reich a maintenant créé des dizaines de vidéos sur des sujets tels que le théorème de la boule chevelue, le boson de Higgs, ou pourquoi il fait noir la nuit. À la fin 2012, ses vidéos avaient fait l'objet de plus de 60 millions de visionnements.

« Le programme PSI a joué un rôle fondamental dans la genèse de *MinutePhysics* », déclare M. Reich, en mentionnant l'esprit de créativité et de prise de risques du programme, ainsi que l'étendue des sujets couverts. « C'est assez stupéfiant de voir tout ce que l'on peut apprendre en une année dans le programme PSI. »

En 2011, Henry Reich est revenu à l'Institut Périmètre à titre de premier artiste en résidence en cinéma et médias numériques. En plus de créer des vidéos *MinutePhysics*, il travaille avec l'équipe de diffusion des connaissances à la réalisation de nouvelles ressources pédagogiques et a participé à l'organisation de la conférence collaborative BrainSTEM tenue en juin 2012 à l'intention des créateurs scientifiques en ligne.

DÉVELOPPEMENT DE L'INSTITUT PÉRIMÈTRE

« Une curiosité sans bornes est l'une des ressources les plus précieuses que nous possédons. Elle est inépuisable, et lorsque nous l'exploitons, elle a la capacité de changer le monde. L'Institut Péricètre reconnaît le pouvoir de la curiosité : il encourage les scientifiques à collaborer et à poursuivre leurs recherches les plus ambitieuses. Je suis fier de soutenir un institut qui met le Canada à l'avant-garde de la recherche en physique théorique. » [traduction]

– Catherine Delaney, membre du conseil d'orientation de l'Institut Péricètre

L'Institut Péricètre est né d'une simple idée audacieuse : toute notre société technologique repose sur les découvertes passées de la physique – et les prochaines découvertes nous ouvriront l'avenir.

Centre de recherches entièrement indépendant, l'Institut Péricètre a une stratégie simple : réunir les esprits les plus brillants de la planète dans un milieu inspirant, leur offrir une liberté de recherche sans égale et leur permettre de se consacrer à la résolution des problèmes les plus fondamentaux de la physique théorique.

Cette mission ambitieuse, une communauté de chercheurs unique et l'esprit d'entreprise de l'Institut Péricètre ont déjà attiré certains des plus éminents scientifiques du monde. Tous les jours, plus de 150 chercheurs travaillent dans nos installations de pointe. Plus d'un millier de scientifiques nous rendent visite chaque année. Notre corps professoral comprend des penseurs célèbres et de jeunes étoiles montantes. Des scientifiques de renom comme Stephen Hawking ont fait de l'Institut Péricètre leur seconde résidence de recherche.

Aujourd'hui, l'Institut Péricètre est financé par un nombre toujours plus grand de bailleurs de fonds publics et privés. Ils savent que le meilleur investissement que nous puissions faire est dans notre capacité de questionner, d'expliquer et de comprendre.

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.

Nous sommes honorés de pouvoir compter sur ce groupe exceptionnel de bénévoles et nous tenons à les remercier de leur soutien et de leur travail acharné en 2011-2012.

Mike Lazaridis, O.C., O.Ont.

Coprésident du conseil d'orientation
Fondateur et président du conseil d'administration, Institut Péricètre
Fondateur, vice-président du conseil d'administration et président du comité de l'innovation, BlackBerry

Cosimo Fiorenza

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

Jon S. Dellandrea, C.M.

Coprésident du conseil d'orientation
Président-directeur général, Fondation Sunnybrook

Alexandra (Alex) Brown

Présidente, Aprilage inc.

David Caputo

Cofondateur et président-directeur général, Sandvine

Savvas Chamberlain, C.M.

Directeur général et président du conseil, Exel Research inc.

Jim Cooper

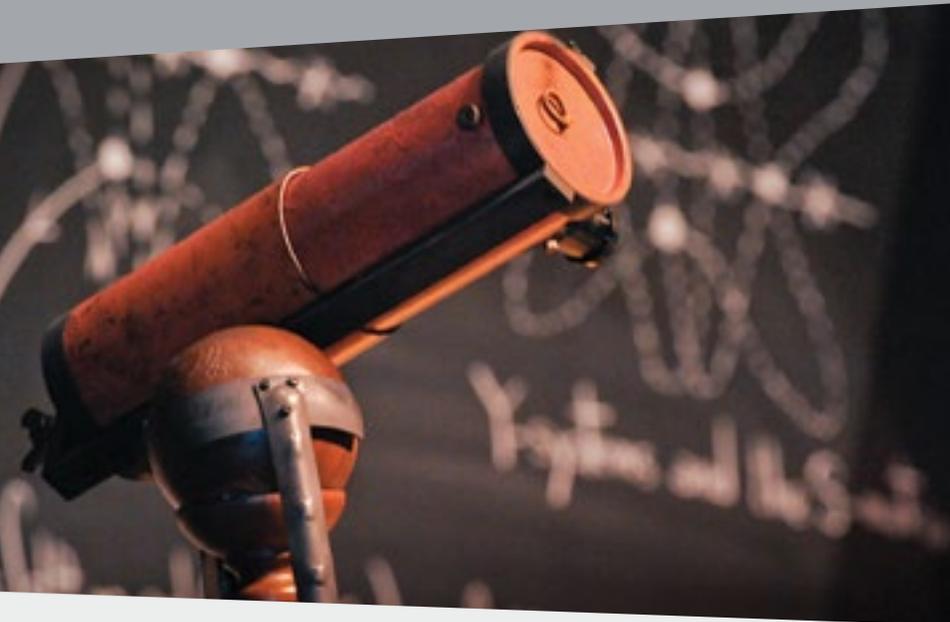
Président-directeur général, Maplesoft

Catherine A. (Kiki) Delaney, C.M.

Présidente, C.A. Delaney Capital Management Ltd.

Arlene Dickinson

Directrice générale, Venture Communications Ltd.



Ginny Dybenko

Directrice générale, campus de Stratford, Université de Waterloo

H. Garfield Emerson, c.r.

Directeur, Emerson Advisory

Edward S. Goldenberg

Associé, cabinet d'avocats Bennett Jones

Tim Jackson

Vice-président, Relations universitaires, Université de Waterloo

Tom Jenkins

Président et responsable de la stratégie, Open Text Corporation

Farsad Kiani

Président-directeur général, Groupe Ensil

Carol A. Lee

Cofondatrice et directrice générale, Linacare Cosmethery inc.

Michael Lee-Chin, O.J.

Président-directeur général, Portland Investment Counsel inc.

Don Morrison

Philanthrope

Gerry Remers

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

Bruce M. Rothney, C.A.

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

Maureen J. Sabia, O.C.

Présidente du conseil d'administration, Société Canadian Tire Itée

Kevin Shea

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

PROFIL DE DONATEURS : PETER ET SHELAGH GODSOE

Cette année, la fondation familiale de Peter et Shelagh Godsoe a fait un don généreux à l'Institut Péricimètre pour l'aider à financer ses activités de recherche, de formation et de diffusion des connaissances.

« C'est grâce à Mike Lazaridis, avec sa passion et sa vision de l'Institut Péricimètre », déclare Peter Godsoe, expliquant pourquoi son épouse Shelagh et lui-même soutiennent l'Institut. « C'était une vision et c'est aujourd'hui une réalité. Sous la direction de Neil Turok, l'Institut Péricimètre est un chef de file de la physique théorique – un centre où de brillants jeunes esprits se réunissent et font une différence non seulement pour le Canada, mais pour le monde. Comment pourrait-on dire non à une telle stratégie? »

Peter Godsoe, président-directeur général à la retraite de la Banque Scotia et membre du conseil d'administration de l'Institut Péricimètre depuis 2008, a obtenu un baccalauréat en mathématiques et physique de l'Université de Toronto et un MBA de l'Université Harvard. Shelagh Godsoe, diplômée en arts libéraux et en bibliothéconomie, elle aussi de l'Université de Toronto, a la même passion que son mari pour l'Institut Péricimètre et les possibilités qu'il représente.

« La physique théorique a apporté beaucoup de transformations positives à notre monde : téléphones cellulaires, IRM, compréhension du cosmos, etc. C'est exaltant de penser à la différence que ces idées feront dans le monde à venir, affirment-ils en chœur. Nous sommes fiers de notre petite contribution à ce succès. »

REMERCIEMENTS À CEUX QUI NOUS SOUTIENNENT

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

FONDATEUR

Mike Lazaridis (170 000 000 \$)

DOTATIONS

Doug Fregin (30 000 000 \$)
Jim Balsillie (10 000 000 \$)

INITIATIVES PARTICULIÈRES

Chaire Groupe financier BMO Isaac-Newton de physique théorique (4 000 000 \$)
Fondation John-Templeton – Programme *Frontières Templeton de l'Institut Péricètre* (2 000 000 \$)

ENTREPRISES DONATRICES

PARRAINS (100 000 \$ et plus)

Financière Sun Life
Fondation RBC

PARTENAIRES (10 000 \$ et plus)

Burgundy Asset Management

SUPPORTEURS (1000 \$ et plus)

Banque Scotia
CIBC Mellon

DONATEURS INDIVIDUELS

CERCLE DES ACCÉLÉRATEURS

250 000 \$ et plus

James Mossman

150 000 \$ et plus

Fondation familiale de Peter et Shelagh Godsoe

CERCLE DES DIRECTEURS

50 000 \$ et plus

Jon et Lyne Dellandrea
Brad et Kathy Marsland
Larry et Margaret Marsland

30 000 \$ et plus

Maria Antonakos et Harald Stover
Don Campbell
Michael et Kathy Duschenes
Cosimo et Christina Fiorenza
Carol A. Lee
Barbara Palk et John Warwick
Neil Turok, Ph.D.

20 000 \$ et plus

Savvas et Christine Chamberlain

10 000 \$ et plus

Dave Caputo
Ginny Dybenko
H. Garfield Emerson
Richard et Donna Ivey
Famille Reid
Bruce et Lisa Rothney
Maureen J. Sabia

5000 \$ et plus

Catherine A. Delaney
Dorian Hausman
Frederick Knittel
Robin Korthals

2500 \$ et plus

Ian et Debbie Adare
Greg Dick
Edward S. Goldenberg
Kevin Lynch

1000 \$ et plus

Alexandra Brown
Tim Jackson
Dave et Sue Scanlan
Alex White
... plus 1 anonyme

AMIS

Jeremy Bell et Sunny Tsang
John Biggs
Paulette Bourgeois
Richard Byers
Jason C.
Duncan Campbell
Piyush Chugh
J. DesBrisay et M. Cannell
James Facey
Vaishali, Vithushan et L. Ganesh
Lorne Glazer
Timothy Hensman
Jane Hill
Sean Jewell
Judi Jewinski
Scott Jones
Seymour Kanowitch
Don Kissinger
Ilias Kotsireas
Sharon Lazeo
Joy Macdonald
M.W. McRae
Jan Narveson
Ellen Pearson

AMIS (suite)

| | | |
|---------------|--------------------|----------------------|
| Dan Petru | Andrew Smith | Sree Ram Valluri |
| Mark Pritzker | Dietmar Sommerfeld | Peeranut Visetsuth |
| Neil Rieck | Dave Sook | Dustin Windibank |
| Glen Rycroft | Peter Suma | Sam Znaimer |
| Hope Sharp | Nancy Theberge | ... plus 13 anonymes |

CERCLE EMMY-NOETHER

250 000 \$ et plus

Fondation de bienfaisance Ira-Gluskin-et-Maxine-Granozsky-Gluskin

100 000 \$ et plus

Fonds de fiducie communautaire Bluma-Appel

DONS COMMÉMORATIFS

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

Leslie Donovan, en mémoire de Sheila Donovan

Leslie Donovan, en l'honneur de Martyn Poliakoff

Michael Normand, en mémoire de Clarence John Normand

FONDATEURS DONATRICES

Fondation Cowan

Fondation Henry-White-Kinnear

Fondation communautaire de Kitchener-Waterloo

– Fonds Musagetes

– Fonds de la famille John A. Pollock

DONS EN NATURE

Christie Digital Systems Canada Inc.

nienkämper

The Record Community Partnership Program

Steinway Piano Gallery

TVO

Westbury National Show Systems inc.

PARTENAIRES PUBLICS DE L'INSTITUT PÉRIMÈTRE

Gouvernement du Canada

Gouvernement de l'Ontario

Région de Waterloo

Ville de Waterloo

La liste ci-dessus correspond aux dons promis ou reçus entre le 1^{er} août 2011 et le 31 décembre 2012.



CATALYSER LE CHANGEMENT : LE FONDS DE FIDUCIE COMMUNAUTAIRE BLUMA-APPEL

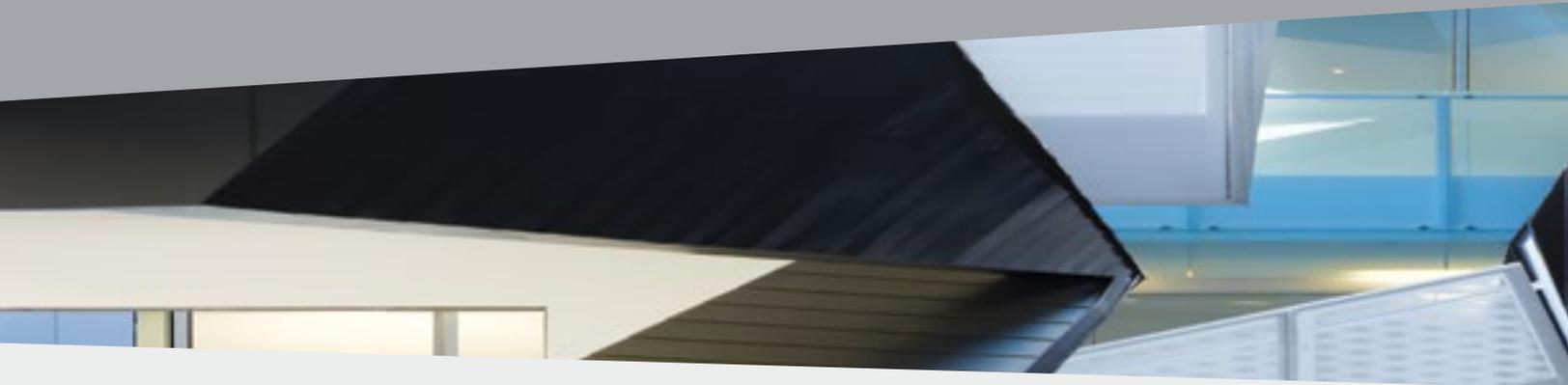
La diversité engendre l'excellence. Lorsque de grands esprits ayant des idées différentes se rencontrent, des avancées majeures deviennent possibles. Ce principe est l'une des clés du succès de l'Institut Périmètre : des approches très différentes de questions fondamentales y sont bienvenues et ont permis d'importantes découvertes scientifiques.

Au cours du XX^e siècle, des lieux comme les hôpitaux et les universités, sans parler des conseils d'administration, ont été transformés par la présence d'un beaucoup plus grand nombre de femmes. En physique, cette transformation a été lente, mais l'Institut Périmètre tente de l'accélérer en offrant des occasions exceptionnelles à des physiciennes et en élaborant des programmes qui encourageront les jeunes femmes à choisir des carrières scientifiques.

Cette année, nous avons reçu un premier don visant à soutenir les femmes en physique : le Fonds de fiducie communautaire Bluma-Appel s'est engagé à verser 35 000 \$ par année pendant trois ans pour le programme de maîtrise PSI. Ce don procurera à trois jeunes femmes douées une formation scientifique exceptionnelle qui leur sera très utile, peu importe leur carrière future.

Ce don est tout à fait pertinent. Philanthrope canadienne infatigable, Bluma Appel a défendu la place des femmes dans des milieux traditionnellement dominés par les hommes, comme ceux de la politique et des conseils d'administration. Sa vision et sa générosité l'ont amenée à lancer des initiatives qui ont transformé la société, ainsi que la vie de plusieurs personnes.

Nous sommes reconnaissants au Fonds de fiducie communautaire Bluma-Appel de ce don généreux.



L'Institut Péricône est une société indépendante, sans but 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 permanents de l'Institut relèvent du directeur et jouent un rôle actif dans la gestion opérationnelle des activités en participant à différents comités chargés des programmes scientifiques.

Composé d'éminents scientifiques de divers pays, le comité consultatif scientifique est un organe de surveillance intégré, créé pour aider le conseil d'administration et le directeur de l'Institut à assurer un niveau élevé d'excellence scientifique.

MEMBRES DU CONSEIL D'ADMINISTRATION

Mike Lazaridis, O.C., O.Ont. (président), est fondateur, vice-président du conseil d'administration et président du comité d'innovation de BlackBerry (auparavant Research In Motion Limited). Visionnaire, innovateur et ingénieur de grand talent, il a transformé l'industrie des communications avec la mise au point du BlackBerry^{MD}. Il a reçu de nombreux prix et distinctions dans le monde de la technologie et de l'entreprise. Il a été élu membre de la Société royale du Canada, et il a reçu l'Ordre de l'Ontario de même que l'Ordre du Canada.

Cosimo Fiorenza (vice-président) est vice-président et avocat-conseil d'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 Péricône, 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.

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 sans but 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.



Steve MacLean est président de l'Agence spatiale canadienne (ASC) depuis 2008. Physicien de formation, il a été sélectionné en 1983 pour faire partie du groupe des six premiers astronautes canadiens. Il a participé à une mission de la navette spatiale Columbia (1992), puis à une mission de la navette Atlantis (2006) vers la Station spatiale internationale. En plus d'avoir acquis une vaste expérience à l'ASC, à la NASA et dans le cadre des activités de la Station spatiale internationale, il est un ardent promoteur de la culture scientifique et de l'enseignement aux enfants.

Art McDonald est depuis plus de 20 ans le 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. Ses recherches lui ont valu de nombreuses distinctions, dont la médaille Henry-Marshall-Tory 2011 de la Société royale du Canada et la médaille Benjamin-Franklin de physique 2007 avec le chercheur Yōji Totsuka. Il a en outre été fait officier de l'Ordre du Canada en 2007.

Barbara Palk a récemment pris sa retraite comme présidente de TD Gestion de placements inc., l'une des principales entreprises canadiennes de gestion de portefeuilles, et vice-présidente

principale du Groupe Banque TD. Elle est membre de CSI, autrefois appelé l'Institut canadien des valeurs mobilières, membre de l'Institut CFA (analystes financiers agréés), ainsi que membre de la Société des analystes financiers de Toronto et de l'Institut des administrateurs de sociétés. À l'heure actuelle, Mme Palk est présidente du conseil d'administration de l'Université Queen's, ainsi que membre des conseils d'administration du Régime de retraite des enseignantes et des enseignants de l'Ontario, de TD Gestion de placements inc., de USA Funds inc. et de l'école secondaire Greenwood de Toronto. Elle a reçu une Distinction de l'Ontario en tant que bénévole et a été honorée en 2004 par le Réseau des femmes exécutives comme l'une des femmes canadiennes les plus influentes : *Top 100* dans la catégorie des pionnières.

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.

MEMBRES DU COMITÉ CONSULTATIF SCIENTIFIQUE

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 Nimègue, 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 ». Renate Loll dirige l'un des plus grands groupes de recherche au monde sur la gravitation quantique non perturbative. Elle a reçu la prestigieuse subvention individuelle VICI de l'Organisation néerlandaise pour la recherche scientifique. Mme Loll est titulaire d'une chaire de chercheur invité distingué de l'Institut Périphérie et fait également partie du corps professoral du programme PSI.



Matthew Fisher, Institut Kavli de physique théorique de l'Université de la Californie à Santa Barbara (membre depuis 2009). M. Fisher est un théoricien de la matière condensée. Il a travaillé sur les systèmes fortement corrélés, en particulier les systèmes à dimensionnalité réduite, les isolateurs de Mott, le magnétisme quantique et l'effet Hall quantique. Aux États-Unis, il a reçu le prix Alan-T. Waterman de la Fondation nationale des sciences en 1995, puis le prix des initiatives de recherche de l'Académie nationale des sciences en 1997. Il a été élu membre de l'Académie américaine des arts et des sciences en 2003 et de l'Académie nationale des États-Unis en 2012. Matthew Fisher est l'auteur de plus de 160 publications.

Brian Greene, Université Columbia (membre depuis 2010). M. Greene est professeur de mathématiques et physique à l'Université Columbia, où il est codirecteur de l'Institut des cordes, de cosmologie et de physique des astroparticules (ISCAP). Il a fait des découvertes majeures en théorie des supercordes, explorant les conséquences physiques et les propriétés mathématiques des dimensions supplémentaires postulées par la théorie. Ses recherches actuelles se concentrent sur la cosmologie des cordes, où il cherche à comprendre la physique des premiers moments de l'univers. Brian Greene est bien connu pour son travail de communication de la physique théorique au grand public. Parmi les livres qu'il a publiés, mentionnons : *The Elegant Universe* (L'univers élégant), vendu à plus d'un million d'exemplaires dans le monde; *The Fabric of the Cosmos* (Le tissu du cosmos), qui est demeuré pendant six mois dans la liste des best-sellers du *New York Times*; *Icarus at the Edge of Time, A Children's Tale* (Icare à la limite du temps – Conte pour enfants). Un spécial en trois parties de la série télévisée NOVA, réalisé à partir de *The Elegant Universe* (L'univers élégant), a remporté à la fois un prix Emmy et un prix Peabody.

Erik Peter Verlinde, Institut de physique théorique de l'Université d'Amsterdam (membre depuis 2010). M. Verlinde est professeur de physique théorique à l'Institut de physique théorique de l'Université d'Amsterdam. Il est mondialement connu pour ses nombreuses contributions, dont l'algèbre de Verlinde et la formule de Verlinde, qui jouent un rôle important en théorie conforme des champs et en théorie topologique des champs. Ses recherches portent sur la théorie des cordes, la gravité, les trous noirs et la cosmologie. M. Verlinde a récemment proposé une théorie holographique de la gravité qui semble conduire naturellement aux valeurs observées de l'énergie sombre dans l'univers.

Birgitta Whaley, Centre d'informatique quantique de l'Université de la Californie à Berkeley (membre depuis 2010). Mme Whaley est professeure au Département de chimie de l'Université de la Californie à Berkeley, où elle est directrice du Centre d'informatique quantique. Ses recherches portent sur la compréhension et la manipulation de la dynamique quantique des atomes, des molécules et des nanomatériaux dans des environnements complexes, afin d'explorer les problèmes fondamentaux du comportement quantique. Elle est l'auteure de contributions majeures à l'analyse et au contrôle de la décohérence et de l'universalité en traitement de l'information quantique, ainsi qu'à l'analyse de la mise en œuvre physique du calcul quantique. Birgitta Whaley est également connue pour sa théorie de la solvation moléculaire dans des systèmes d'hélium superfluide à l'échelle nanométrique. Ses recherches actuelles portent sur les aspects théoriques de la science de l'information quantique, sur le contrôle cohérent et la simulation de systèmes quantiques complexes, sur la cohérence quantique à l'échelle macroscopique, ainsi que sur l'exploration des effets quantiques dans des systèmes biologiques.

INSTALLATIONS

« C'est pour moi un immense honneur que cet ajout à l'Institut Périmètre porte mon nom [...] La grande cohérence de ce centre, son architecture inspirante, de même que les interactions productives entre chercheurs qu'il permet, attireront sans doute ici de nombreux scientifiques de premier plan. L'Institut Périmètre a un grand avenir, et je suis enchanté d'y être associé. » [traduction]

– Stephen Hawking



L'Institut Périmètre est situé à Waterloo (Ontario), au Canada, à environ une heure de Toronto. La région de Waterloo possède 2 importantes universités – l'Université de Waterloo et l'Université Wilfrid-Laurier – et plus de 800 entreprises de technologie de pointe.

Le bâtiment iconique de l'Institut Périmètre abrite des installations modernes, conçues pour inspirer de grandes idées et maximiser la productivité de la recherche. Sa conception judicieuse comporte des tableaux omniprésents, des aires ouvertes et vivantes de collaboration et d'enseignement, des zones de calme favorisant la concentration solitaire, une infrastructure informatique à la fine pointe, ainsi que le chaleureux et invitant bistro *Black Hole*.

LE CENTRE STEPHEN-HAWKING

Le spectaculaire Centre Stephen-Hawking (CSH), inauguré cette année, a presque doublé la superficie de l'Institut Périmètre, qui dépasse maintenant les 11 000 mètres carrés. Avec une capacité de 250 chercheurs et étudiants, l'Institut Périmètre est le plus grand centre de recherche en physique théorique au monde.

Le gouvernement du Canada (par l'intermédiaire de la Fondation canadienne pour l'innovation) et le ministère de la Recherche et de l'Innovation de l'Ontario ont versé une contribution totale de 20,8 millions de dollars pour cet agrandissement, qui a été réalisé dans les délais et le budget prévus. Le reste du financement est

venu de fonds privés recueillis par l'Institut. L'Institut Périmètre remercie tous ceux, tant du secteur public que du secteur privé, qui ont fait preuve de vision en lui apportant leur soutien.

Conçu par le cabinet Teeple Architects, le CSH a reçu un prix 2012 d'excellence en design de l'Association des architectes de l'Ontario. Il a aussi obtenu le prix d'excellence William-G.-Dailey à titre de « meilleur projet d'ensemble dans la ville » à la remise des prix d'urbanisme 2012 de la ville de Waterloo.

Plus de 11 000 personnes ont participé aux célébrations de l'ouverture officielle du CSH en septembre 2011 : trois jours de visites guidées, d'expositions, de conférences publiques et d'activités spéciales. Beaucoup d'autres ont suivi les deux journées de programmation scientifique diffusées sur les ondes et en ligne par notre partenaire médiatique TVO.

AU-DELÀ DU TABLEAU NOIR

Cette année, l'Institut Périmètre a lancé sa grappe d'ordinateurs de haute performance, capable d'effectuer des analyses et simulations complexes qu'exige de plus en plus la physique moderne. Combinée à l'expertise du Groupe des technologies de recherche de l'Institut Périmètre, cette grappe d'ordinateurs amène la physique numérique à un niveau jamais atteint.



RÉSULTATS DES ACTIVITÉS

En 2011-2012, l'Institut Périmètre a continué de bien progresser dans tous les aspects de son plan stratégique quinquennal.

Le Centre Stephen-Hawking de l'Institut Périmètre, agrandissement majeur représentant un investissement substantiel, a été complété avec succès. L'Institut a continué de faire des dépenses stratégiques au cœur de sa mission centrale de recherche, de formation et de diffusion des connaissances, et ses dépenses à ce chapitre ont augmenté de plus de 2 millions de dollars, ou 15 %, par rapport à l'exercice précédent. Quelque 60 % de cette augmentation, soit 1,2 million de dollars, sont allés à la recherche, domaine central d'activité de l'Institut, en grande partie suite au recrutement de nouveaux chercheurs. Le recrutement stratégique demeurera une priorité, alors que l'Institut continuera de constituer une masse critique de chercheurs dans les années à venir.

L'Institut Périmètre a accru de 9 % ses investissements dans ses programmes de formation à la recherche – le programme PSI et le programme de doctorat. Ces deux programmes, menés en collaboration avec des universités partenaires, attirent en provenance du monde entier des diplômés ayant un fort potentiel. Les dépenses de diffusion des connaissances et de communications scientifiques ont augmenté de 29 %, résultant

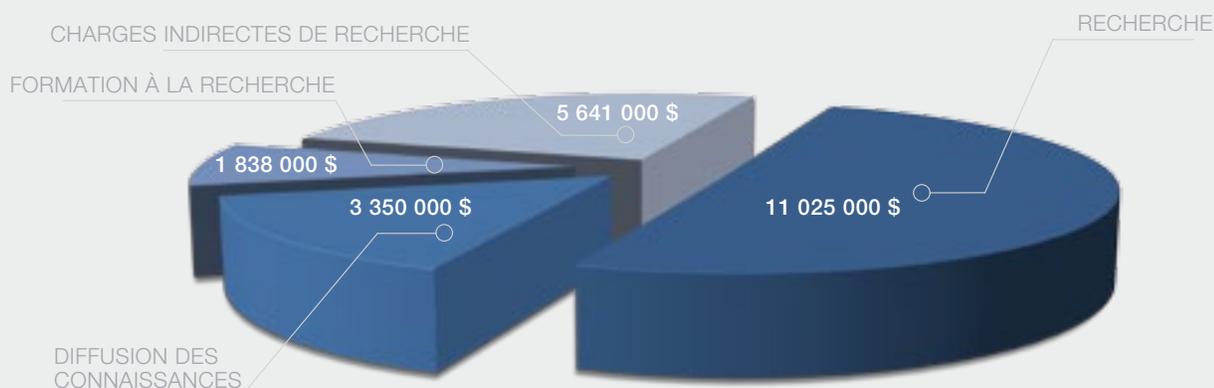
en une présence accrue de l'Institut auprès des élèves, des enseignants et du grand public à l'aide de programmes et outils pédagogiques existants et nouveaux.

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. Comme prévu, les dépenses liées aux installations et à l'informatique ont constitué 70 % de l'augmentation totale de 1,1 million de dollars à ce chapitre en 2011-2012, avec le déménagement d'une partie des chercheurs et du personnel dans le nouveau Centre Stephen-Hawking. Les coûts des activités de promotion de l'Institut sont également inclus dans les charges indirectes de recherche et de fonctionnement. Ces activités de promotion ont permis d'obtenir plus de 1 million de dollars en dons (et en tout 7,8 millions de dollars d'engagements), alors que l'Institut a continué d'étendre et d'améliorer son modèle de financement public-privé.

Grâce à sa stratégie d'investissement, à une surveillance étroite et à ses méthodes de gestion de portefeuille, l'Institut a vu son fonds de dotation donner des produits nets de 7,6 millions de dollars, malgré un contexte macroéconomique difficile.

SOMMAIRE DES DÉPENSES DE FONCTIONNEMENT

Pour l'exercice terminé le 31 juillet 2012





SITUATION FINANCIÈRE

Même avec la réalisation du Centre Stephen-Hawking, qui a représenté un investissement majeur, l'Institut PÉRIMÈTRE continue de jouir d'un fonds de roulement solide. Cela lui permet d'agir rapidement lorsque des occasions se présentent, ce qui lui procure un avantage concurrentiel considérable dans la poursuite de ses objectifs de recherche et de diffusion des connaissances. La marge de crédit bancaire est utilisée au cours de l'exercice, mais de manière stratégique et uniquement à titre de mesure temporaire.

Le fonds de dotation sert à accumuler des fonds privés afin de répondre aux besoins futurs de l'Institut. Ce fonds de 213 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.

De nouveaux engagements de financement de 50 millions de dollars du gouvernement du Canada jusqu'au 31 mars 2017, ainsi que de 50 millions de dollars du gouvernement de l'Ontario jusqu'au 31 juillet 2021, renforcent la collaboration étroite de l'Institut avec ses partenaires publics et l'intérêt que ces derniers voient à investir dans l'Institut.

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

L'Institut cherche en outre à obtenir des fonds annuels d'exploitation, de même qu'à augmenter son fonds de dotation au cours des années à venir, au moyen d'une ambitieuse campagne de financement menée auprès du secteur privé.

Selon les désirs des donateurs, les sommes provenant du secteur privé servent à assumer des dépenses 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. Bien que ce fonds de dotation soit investi dans un portefeuille diversifié et géré par un comité de gestion diligent, la fluctuation du cours des titres sera toujours une réalité avec laquelle il faudra composer.

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 2012, 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 vérifiés de l'Institut Périmètre (« l'Institut ») pour l'exercice terminé le 31 juillet 2012. Nous avons exprimé une opinion sans réserve sur ces états financiers dans notre rapport daté du 7 décembre 2012. 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 vérifiés.

Les états financiers résumés ne contiennent pas toutes les informations requises selon les principes comptables généralement reconnus au Canada. Par conséquent la lecture des états financiers résumés ne peut remplacer la lecture des états financiers vérifiés 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 vérifiés selon les principes comptables généralement reconnus au Canada.

Responsabilité des vérificateurs

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 vérifiés de l'Institut pour l'exercice terminé le 31 juillet 2012 constituent un résumé fidèle de ces états financiers, établi selon les principes comptables généralement reconnus au Canada.

Toronto (Ontario)
Le 7 décembre 2012

Zeifmans LLP
Comptables agréés
Experts-comptables autorisés

INSTITUT PÉRIMÈTRE
ÉTAT RÉSUMÉ DE LA SITUATION FINANCIÈRE
AU 31 JUILLET 2012

| | <u>2012</u> | <u>2011</u> |
|---|------------------------------|------------------------------|
| ACTIF | | |
| Actif à court terme : | | |
| Trésorerie et équivalents | 1 697 000 \$ | 1 082 000 \$ |
| Investissements | 211 417 000 | 218 970 000 |
| Subventions gouvernementales à recevoir | 4 294 000 | 2 145 000 |
| Autre actif à court terme | 1 151 000 | 2 168 000 |
| Éléments d'actif destinés à la vente | <u>1 235 000</u> | <u>---</u> |
| | 219 794 000 | 224 365 000 |
| Immobilisations | <u>55 281 000</u> | <u>55 489 000</u> |
| TOTAL DE L'ACTIF | <u>275 075 000 \$</u> | <u>279 854 000 \$</u> |

PASSIF ET SOLDE DES FONDS

| | | |
|--|------------------------------|------------------------------|
| Passif à court terme : | | |
| Découvert bancaire | 732 000 \$ | 577 000 \$ |
| Dette bancaire | 2 245 000 | 1 330 000 |
| Comptes créditeurs et autre passif à court terme | <u>2 331 000</u> | <u>6 168 000</u> |
| TOTAL DU PASSIF | 5 308 000 | 8 075 000 |
| Solde des fonds : | | |
| Investis dans les immobilisations | 56 495 000 | 53 536 000 |
| Grevés d'affectations d'origine externe | 105 589 000 | 100 128 000 |
| Grevés d'affectations d'origine interne | 78 840 000 | 78 840 000 |
| Non grevés | <u>28 843 000</u> | <u>39 275 000</u> |
| SOLDE TOTAL DES FONDS | <u>269 767 000</u> | <u>271 779 000</u> |
| | <u>275 075 000 \$</u> | <u>279 854 000 \$</u> |



INSTITUT PÉRIMÈTRE
ÉTAT RÉSUMÉ DES RÉSULTATS ET DU SOLDE DES FONDS
POUR L'EXERCICE TERMINÉ LE 31 JUILLET 2012

| | <u>2012</u> | <u>2011</u> |
|---|-----------------------|-----------------------|
| Produits : | | |
| Subventions gouvernementales | 14 412 000 \$ | 18 190 000 \$ |
| Autres produits | 741 000 | 425 000 |
| Dons | 1 142 000 | 212 000 |
| | <u>16 295 000</u> | <u>18 827 000</u> |
| Charges : | | |
| Recherche | 11 025 000 | 9 748 000 |
| Formation à la recherche | 1 838 000 | 1 688 000 |
| Diffusion des connaissances et communications scientifiques | 3 350 000 | 2 601 000 |
| Charges indirectes de recherche et de fonctionnement | 5 641 000 | 4 535 000 |
| TOTAL DES DÉPENSES DE FONCTIONNEMENT | <u>21 854 000</u> | <u>18 572 000</u> |
| Excédent des produits par rapport aux charges avant produits de placement et amortissement | (5 559 000) | 255 000 |
| Amortissement | (4 098 000) | (1 573 000) |
| Produits de placement | 7 645 000 | 20 940 000 |
| Excédent des produits par rapport aux charges | <u>(2 012 000)</u> | <u>19 622 000</u> |
| Solde des fonds au début de l'exercice | 271 779 000 | 252 157 000 |
| SOLDE DES FONDS À LA FIN DE L'EXERCICE | <u>269 767 000 \$</u> | <u>271 779 000 \$</u> |



PRIORITÉS ET OBJECTIFS POUR L'AVENIR



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

Réaliser des découvertes de classe mondiale, en cherchant continuellement à faire avancer la recherche fondamentale dans tous les domaines couverts par l'Institut, en encourageant des approches complémentaires et 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 inégalées de collaboration et d'interaction, 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 des postdoctorants de haut calibre, 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.

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 liens nationaux et internationaux, en tirant le meilleur parti possible des technologies de participation à distance et en favorisant les interactions entre ses professeurs 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.

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.

Créer l'environnement et l'infrastructure les meilleurs au monde pour la recherche, la formation et la diffusion des connaissances en physique théorique.

Continuer d'exploiter le modèle de financement public-privé qui a fait ses preuves à l'Institut.

PROFESSEURS



Neil Turok (Ph.D., Collège impérial de Londres, 1983) est devenu directeur de l'Institut Péricimètre en 2008, après avoir été professeur de physique à l'Université de Princeton et titulaire de la chaire de physique mathématique à l'Université de Cambridge. Les travaux 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 fonds produit par l'énergie sombre, ont été confirmées. Avec Stephen Hawking, Neil Turok a découvert les solutions instanton qui décrivent la naissance d'univers expansionnistes. Ses travaux sur l'inflation ouverte constituent le fondement du modèle maintenant populaire de « multivers » (ou multiunivers). Avec Paul Steinhardt, il a élaboré un modèle cosmologique cyclique selon lequel le Big Bang s'explique par une collision de deux « univers branaires » en théorie M (ou théorie des membranes). 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 membre du programme *Cosmologie et gravité* de l'Institut canadien de recherches avancées (ICRA) et a été choisi pour prononcer les conférences Massey 2012 de la radio anglaise de Radio-Canada. Né en Afrique du Sud, M. Turok a fondé l'Institut africain de mathématiques (AIMS) au Cap, dans son pays natal. M. Turok s'est vu décerner un prix TED, ainsi que des prix du Sommet mondial sur l'innovation et l'esprit d'entreprise (WSIE) et du Sommet mondial de l'innovation en éducation (WISE).



Latham Boyle (Ph.D., Université de Princeton, 2006) est devenu professeur adjoint à l'Institut Péricimètre 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 Péricimètre 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 en théorie de Yang et Mills supersymétriques en dimension 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) et la médaille Herzberg (2012).



Bianca Dittrich (Ph.D., Institut Max-Planck de physique gravitationnelle, 2005) est devenue professeure à l'Institut Péricimètre 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.



Laurent Freidel (Ph.D., École normale supérieure de Lyon, 1994) est devenu professeur à l'Institut Péricimètre en septembre 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 la 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 deux bourses ACI-Blanche en France.

Davide Gaiotto (Ph.D., Université de Princeton, 2004) est professeur à l'Institut Périclète depuis mai 2012. 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 2011 de la Société européenne de physique.



Jaume Gomis (Ph.D., Université Rutgers, 1999) est devenu professeur à l'Institut Périclète 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 (Caltech) 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 corpusculaire.



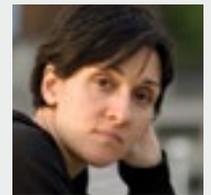
Daniel Gottesman (Ph.D., Institut de technologie de la Californie, 1997) est professeur à l'Institut Périclète depuis 2002. De 1997 à 2002, il a été postdoctorant au Laboratoire national de Los Alamos, à la division de la recherche de Microsoft et à l'Université de la Californie à Berkeley (à titre de boursier CMI à long terme de l'Institut de mathématiques Clay). M. Gottesman est l'auteur de contributions majeures qui continuent de façonner 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 40 articles qui ont fait l'objet de plus de 4000 citations à ce jour. Daniel Gottesman est également membre 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 Périclète en 2002, après avoir occupé des postes de chercheur et d'enseignant dans diverses universités européennes, dont l'Université d'Oxford, l'Université *La Sapienza* de Rome, l'Université de Durham, l'Université d'Innsbruck et l'Université nationale d'Irlande. En 1992, il a trouvé une preuve très simple de la non-localité en physique quantique, aujourd'hui appelée « théorème de Hardy ». 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.



Fotini Markopoulou (Ph.D., Collège impérial de Londres, 1998) a fait partie des premiers professeurs recrutés par l'Institut Périclète en 2001, après avoir été postdoctorante à l'Institut Albert-Einstein (2000-2001), au Collège impérial de Londres (1999-2000) et à l'Université d'État de la Pennsylvanie (1997-1999). En 2001, elle a remporté le premier prix du concours pour jeunes chercheurs « science et réalité ultime » organisé en l'honneur du professeur J. A. Wheeler. Mme Markopoulou a également reçu une bourse pour chercheurs expérimentés de la fondation Alexander-von-Humboldt à l'Institut Albert-Einstein, en Allemagne.



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 Périclète 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 de la Société royale du Canada ainsi que du programme *Cosmologie et gravité* de l'Institut canadien de recherches avancées (ICRA).



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 hadronique (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 du groupe APEX au Laboratoire national de l'accélérateur Thomas-Jefferson en Virginie.





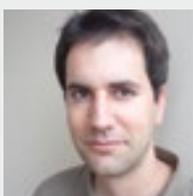
Lee Smolin (Ph.D., Université Harvard, 1979) est l'un des membres fondateurs du corps professoral de l'Institut Périclète. Auparavant, il a été chercheur à l'Institut d'études avancées de Princeton, à l'Institut de physique théorique de l'Université de la Californie à Santa Barbara, à l'Institut Enrico-Fermi de l'Université de Chicago, à l'Université Yale, à l'Université de Syracuse et à l'Université d'État de la 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. Il est l'auteur d'articles qui ont fait l'objet de plus de 6400 citations à ce jour, ainsi que de 4 ouvrages non techniques. 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 hadronique (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 du groupe 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, 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 (Caltech). 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 phases 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 Périclète 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*. M. 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 Périclète en mai 2012. 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 (Caltech), professeur de physique Cecil-et-Ida-Green à l'Institut de technologie du Massachusetts (MIT), ainsi que titulaire d'une chaire de chercheur invité distingué de l'Institut Périclète. Il est également membre élu de la Société américaine de physique.

PROFESSEURS ASSOCIÉS

Niyesh Afshordi (Ph.D., Université de Princeton, 2004 – nomination conjointe 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 titulaire d'une chaire de chercheur distingué à l'Institut Périètre 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 – nomination conjointe avec l'Université de Waterloo) est devenu professeur associé à l'Institut Périètre en septembre 2011. 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 – nomination conjointe avec l'Université Western) 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), avant de devenir professeur associé à l'Institut Périètre en 2003. Ses recherches portent sur la compréhension des propriétés quantiques des trous noirs et sur l'origine de l'univers dans le cadre de la théorie des cordes, de même que sur la mise au point d'outils analytiques qui pourraient apporter un éclairage nouveau sur les interactions fortes des particules subatomiques. En 2007, M. Buchel a reçu une bourse de nouveau chercheur du ministère de la Recherche et de l'Innovation de l'Ontario.



Cliff Burgess (Ph.D., Université du Texas à Austin, 1985) est devenu professeur associé de l'Institut Périètre en 2004, dans le cadre d'une nomination conjointe avec l'Université McMaster devenue effective 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 des champs effective 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 – nomination conjointe 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) et à l'Institut de technologie du Massachusetts (MIT). 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).

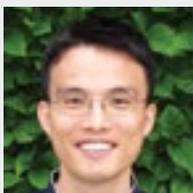


Adrian Kent (Ph.D., Université de Cambridge, 1996 – nomination conjointe avec l'Université de Cambridge) a été boursier postdoctoral Enrico-Fermi à l'Université de Chicago, membre de l'Institut des études avancées de Princeton et chercheur boursier de la Société royale de Londres à l'Université de Cambridge, avant de se joindre au corps professoral de l'Institut Périètre. Ses recherches portent sur les fondements de la physique, la cryptographie quantique et la théorie de l'information quantique, plus particulièrement la physique de la décohérence, les tests novateurs de la physique quantique et d'autres théories possibles, ainsi que les nouvelles applications de l'information quantique.

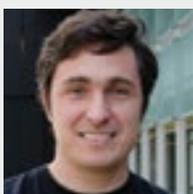




Raymond Laflamme (Ph.D., Université de Cambridge, 1988 – nomination conjointe avec l'Institut d'informatique quantique) est professeur à l'Institut Péricimètre depuis sa fondation et directeur fondateur de l'Institut d'informatique quantique. Il a été chercheur à l'Université de la Colombie-Britannique et au Collège Peterhouse de l'Université de Cambridge, avant de passer au Laboratoire national de Los Alamos en 1992, où il a réorienté sa recherche de la cosmologie à l'informatique quantique. Depuis le milieu des années 1990, M. Laflamme a mis au point des approches théoriques de la correction d'erreurs quantiques et en a mis en œuvre certaines dans des expériences. Il est directeur du programme *Information quantique* de l'Institut canadien de recherches avancées (ICRA) depuis 2003. Il a été élu membre de l'ICRA, 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 récemment fondé l'entreprise Universal Quantum Devices, qui commercialise certaines retombées des technologies quantiques.



Sung-Sik Lee (Ph.D., Université Pohang de sciences et technologie, 2000) est devenu professeur associé à l'Institut Péricimètre 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 Pohang de sciences et technologie (POSTECH), à l'Institut de technologie du Massachusetts (MIT), et 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 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 d'appliquer de la théorie des cordes à la chromodynamique quantique et à la matière condensée la correspondance AdS/CFT, et élaborant une approche non perturbatrice de la compréhension des états métalliques non conventionnels de la matière.



Luis Lehner (Ph.D., Université de Pittsburgh, 1998) est professeur associé à l'Institut Péricimètre depuis 2009, dans le cadre d'une nomination conjointe avec l'Université de Guelph. 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 la 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 du programme *Cosmologie et gravité* de l'Institut canadien de recherches avancées (ICRA), ainsi que membre de l'Institut de physique du Royaume-Uni et de la Société américaine de physique.



Michele Mosca (D.Phil., Université d'Oxford, 1999 – nomination conjointe avec l'Université de Waterloo) est membre fondateur de l'Institut Péricimètre, 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, ainsi que la mise au point d'outils de cryptographie qui soient sûrs 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 a été élu membre de l'Institut canadien de recherches avancées (ICRA) en 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 – nomination conjointe avec l'Université de Victoria) est devenu professeur associé à l'Institut en 2004. 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 – nomination conjointe avec l'Université McMaster) est devenu professeur associé à l'Institut Péricimètre en 2011. Auparavant, il a été associé de recherche au Département de physique de l'Université de Princeton et titulaire d'une bourse postdoctorale James-Arthur au Département de physique de 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. Tout récemment, il a travaillé sur l'interprétation de données déconcertantes produites par des expériences de recherche de matière sombre en laboratoire.

CHERCHEURS RÉSIDENTS

Senior Researcher

Christopher Fuchs

Senior Researcher

Rafael Sorkin

Resident Research Affiliate

John Moffat

POSTDOCTORANTS EN 2011-2012

| | | | | |
|--------------------|-------------------|------------------------|------------------|-----------------|
| Haipeng An | Eric Chitambar | Razvan Gurau | Paul McFadden | Natalia Saulina |
| Lilia Anguelova | Lukasz Cincio | Alioscia Hama | Leonardo Modesto | Amit Sever |
| Ido Ben-Dayan | William Edwards | Chad Hanna | Alberto Montana | Yanwen Shang |
| Joseph Ben Geloun | Astrid Eichhorn | Janet Hung | Markus Mueller | David Skinner |
| Eugenio Bianchi | Adrienne Erickcek | Matthew Johnson | Satoshi Nawata | Misha Smolkin |
| Hector Bombin | Cecilia Flori | Tim Koslowski | Robert Pfeifer | Carlos Tamarit |
| Valentin Bonzom | Steffen Gielen | Louis Leblond | Josef Pradler | |
| Oliver Buerschaper | Simone Giombi | Mercedes Martin-Benito | Luiz Santos | |

SCIENTIFIQUES INVITÉS EN 2011-2012

* 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.

| | | |
|--|--|---|
| Dmitry Abanin, Université Harvard | James Bardeen*, Université de l'État de Washington | Kamil Bradler, Université McGill |
| Samson Abramsky, Université d'Oxford | Neil Barnaby, Université du Minnesota | Fernando Brandao, Université fédérale de Minas Gerais |
| Prateek Agrawal, Université du Maryland à College Park | Howard Barnum, Université du Nouveau-Mexique | Robert Brandenberger, Université McGill |
| Yakir Aharonov*, Université Chapman et Université de Tel Aviv | Jonathan Barrett**, Collège Royal Holloway de l'Université de Londres | Courtney Brell, Université de Sydney |
| Emil Akhmedov***, Institut de physique théorique et expérimentale de Moscou | Itzhak Bars, Université de la Californie du Sud | Aharon Brodutch, Université Macquarie |
| Stephon Alexander, Collège d'Haverford | Stephen Bartlett, Université de Sydney | Benjamin Brown, Collège impérial de Londres |
| Jan Ambjorn, Université d'Utrecht | Ganapathy Baskaran*, Institut de mathématiques de Chennai | Dan Browne, Collège universitaire de Londres |
| Giovanni Amelino-Camelia, Université La Sapienza de Rome | Benjamin Basso, Université de Princeton | Michel Buck, Collège royal de Londres |
| Luigi Amico***, Université de Catane | Hugo Beauchemin, Université Tufts | Timothy Budd, Institut de physique théorique de l'Université d'Utrecht |
| Edward Anderson, Université de Cambridge | John Bell, Université Western | Matthew Buican, Organisation européenne pour la recherche nucléaire (CERN) |
| Damiano Anselmi***, Université de Pise | Carl Bender, Université Washington de Saint-Louis | Fiona Burnell, Université d'Oxford |
| Francesco Aprile, Université de Barcelone | Dionigi Benincasa, Collège impérial de Londres | Francesco Buscemi, Université de Nagoya |
| Sujay Ashok, Institut de mathématiques de Chennai | Cedric Beny, Université de Hanovre | Philip Candelas***, Université d'Oxford |
| Benjamin Assel, École Normale Supérieure de Paris | Lasha Berezhiani, Université de New York | Sylvain Carrozza, Institut Max-Planck de physique gravitationnelle (Institut Albert-Einstein) |
| Benjamin Bahr, Institut Max-Planck de physique gravitationnelle (Institut Albert-Einstein) | Joshua Berger, Université Cornell | Hilary Carteret, Université de Calgary |
| Cosimo Bambi, Centre Arnold-Sommerfeld de physique théorique de l'Université Ludwig-Maximilian de Munich | Tirthabir Biswas, Université Loyola de la Nouvelle-Orléans | Horacio Casini, Centre atomique de Bariloche |
| Jean-Daniel Bancal, Université de Genève | Monika Blanke, Université Cornell | Simon Caterall, Université de Syracuse |
| Aristide Baratin, Centre de physique théorique de l'École Polytechnique de France | Norbert Bodendorfer, Institut de physique théorique III de l'Université d'Erlangen-Nuremberg | Sarah Chadburn, Université de Durham |
| Enrico Barausse, Université du Maryland | Rutger Boels, Université de Hambourg | John Chalker, Université d'Oxford |
| | Ivan Booth, Université Memorial | Claudio Chamon, Université de Boston |
| | Nassim Bozorgnia, Université de la Californie à Los Angeles | Mikhail Chapochnikov, École polytechnique fédérale de Lausanne |

SCIENTIFIQUES INVITÉS (SUITE)

Xie Chen, Institut de technologie du Massachusetts (MIT)

Eric Chitambar, Université de Toronto

Hyung S. Choi, Fondation John-Templeton

Bryan Clark, Université de Princeton

Kate Clements, Collège impérial de Londres

James Cline, Université McGill

Emilio Cobanera, Université de l'Indiana à Bloomington

Bob Coecke, Université d'Oxford

Samuel Colin, Université Griffith

Philippe Corboz, Institut fédéral suisse de technologie de Zurich

Miguel Costa, Université de Porto

David Craig***, Collège Le Moyne de Syracuse

Francis-Yan Cyr-Racine, Université de la Colombie-Britannique

Bartek Czech, Université de la Colombie-Britannique

Oscar Dahlsten, Université d'Oxford

Mauro D'Ariano, Université de Pavie

Saurya Das, Université de Lethbridge

Arundhati Dasgupta, Université de Lethbridge

Rhys Davies, Université d'Oxford

Henrique de Andrade Gomes, Université de la Californie à Davis

Xenia de la Ossa***, Université d'Oxford

Albert De Roeck, Organisation européenne pour la recherche nucléaire (CERN)

Adrian Del Maestro, Université du Vermont

Lidia del Rio, Institut fédéral suisse de technologie de Zurich

Tommaso Demarie, Université Macquarie

Francesco D'Eramo, Institut de technologie du Massachusetts (MIT)

Andrei Derevianko, Université du Nevada

Massimiliano Di Ventra, Université de la Californie à San Diego

Jacobo Diaz-Polo, Université d'État de la Louisiane

Babette Doebrich, Synchrotron d'électrons allemand (DESY)

Fay Dowker, Collège impérial de Londres

Nadav Drukker, Collège impérial de Londres

Luming Duan, Université du Michigan

Maité Dupuis, Institut de physique théorique III de l'Université d'Erlangen-Nuremberg

Jacek Piotr Dziarmaga, Institut de physique de l'Université Jagellonne

Jeff Egger, Université d'Édimbourg

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

Rouven Essig, Institut C.N.-Yang de physique théorique de l'Université de l'État de New York à Stony Brook

John Estes, Université de la Californie à Los Angeles

Jason Evans, Université de Tokyo

Jacques Farine, Laboratoire SNOLAB

Brian Feldstein, Institut de physique et de mathématiques de l'univers (IPMU)

Bo Feng, Université de Zhejiang

Pedro Ferreira, Université d'Oxford

Andy Ferris, Université de Sherbrooke

Steve Flammia, Université de l'État de Washington

Raphael Flauger, Institut d'études avancées de Princeton et Université de New York

Felix Flicker, Université de Bristol

Omar Foda, Université de Melbourne

Ricky Fok, Université York

Jean-François Fortin, Université de la Californie à San Diego

Melissa Frei, Institut de technologie de Rochester

Herbert Fried, Université Brown

Tobias Fritz, Institut de sciences photoniques de Castelldefels

Gregory Gabadadze***, Université de New York

Ilmar Gahramanov, Université de Hambourg

S. James Gates Jr.*, Université du Maryland

Yufei Ge, Institut de technologie du Massachusetts (MIT)

Jack Gegenberg, Université du Nouveau-Brunswick

Marc Geiller, APC France

Dina Genkina, Université du Maryland

Damien George, Institut national de physique subatomique (Nikhef)

Ghazal Geshnizjani, Université d'État de New York à Buffalo

Vasco Goncalves, Université de Porto

Alexey Gorshkov, Institut de technologie de la Californie (Caltech)

David Gosset, Institut d'informatique quantique de l'Université de Waterloo

Darren Grant, Université de l'Alberta

Barry Green, Institut africain de mathématiques (AIMS) en Afrique du Sud

Daniel Green, Institut d'études avancées de Princeton

Stephen Green, Université de Chicago

Lauren Greenspan, Université de Porto

Eric Greenwood, Université Case Western Reserve

Ruth Gregory**, Université de Durham

Nikolay Gromov, Collège royal de Londres

Tarun Grover, Université de la Californie à Berkeley

Zheng-Cheng Gu, Institut Kavli de physique théorique de l'Université de la Californie à Santa Barbara

Yelena Guryanova, Université de Bristol

Yuri Gusev, Institut Lebedev de physique de Moscou

Jeongwan Haah, Institut de technologie de la Californie (Caltech)

Jutho Haegeman, Université de Gand

Hal Haggard, Université de la Californie à Berkeley

Gabor Halasz, Université de Cambridge

Sebastian Halter, Institut Max-Planck de physique de Munich

Muxin Han, Centre de physique théorique de l'Université d'Aix-Marseille

Tao Han, Université de Pittsburgh

Daniel Lord Harlow, Université Stanford

John Harnad, Université Concordia

Steve Harris***, Université de Saint-Louis

Patrick Hayden*, Université McGill

Song He, Institut Max-Planck de physique gravitationnelle (Institut Albert-Einstein)

Jonathan Heckman, Institut d'études avancées de Princeton

Thomas Hertog, Laboratoire Astroparticule et cosmologie de l'Université Paris Diderot

Philipp Hoehn, Institut de physique théorique de l'Université d'Utrecht

Kazuo Hosomichi, Institut Yukawa de physique théorique de l'Université de Kyoto

Pavan Hosur, Université de la Californie à Berkeley

Jinrui Huang, Université de la Californie à Irvine

Michael Hudson, Université de Waterloo

Taylor Hughes, Université de l'Illinois à Urbana-Champaign

Scott Hughes***, Institut de technologie du Massachusetts (MIT)

Viqar Husain, Université du Nouveau-Brunswick

Dragan Huterer, Université du Michigan

Adrian Hutter, Institut fédéral suisse de technologie de Zurich

Kenneth Intriligator, Université de la Californie à San Diego

Eder Izaguirre, Université Stanford

Sarah Jackson, Institut africain de mathématiques (AIMS) en Afrique du Sud

Prerit Jaiswal, Université de l'État de New York à Stony Brook

Dominik Janzing, Institut Max-Planck de cybernétique biologique

Romuald Janik***, Institut Neils-Bohr de l'Université de Copenhague

Kristan Jensen, Université de Victoria

Liang Jiang, Institut de technologie de la Californie (Caltech)

Leo Kadanoff*, Institut James-Franck de l'Université de Chicago

Manoj Kaplinghat, Université de la Californie à Irvine

Marc Kamionkowski, Université Johns-Hopkins

Yong-Baek Kim, Université de Toronto

Jukka Kiukas, Université de Hanovre

John Klauder***, Université de la Floride

Takeshi Kobayashi, Institut canadien d'astrophysique théorique de l'Université de Toronto

Robert Koenig, Centre de recherche Thomas-J.-Watson d'IBM

Amy Kolan, Collège St. Olaf

Zohar Komargodski, Institut d'études avancées de Princeton

Eiichiro Komatsu, Université du Texas à Austin

Gregory Korchemsky, Institut de physique théorique du Centre d'études atomiques de Saclay

Ryszard Kosteci, Université de Varsovie

Pavel Kovtun***, Université de Victoria

Jerzy Kowalski-Glikman, Université de Wrocław

Gordan Krnjaic, Université Johns-Hopkins

Gabor Kunstatter, Université de Winnipeg

Ville Lahtinen, Institut nordique de physique théorique (NORDITA)

Raymond Lal, Université d'Oxford

Finn Larsen, Centre de physique théorique de l'Université du Michigan

Nima Lashkari, Université McGill

Guilhem Lavaux, Université de Waterloo

Hwasung Lee, Université d'Oxford

Kangwon Lee, Institut d'études avancées de la Corée

Keith Lee, Université de Pittsburgh

Samuel Lee, Institut de technologie de la Californie (Caltech)

SungBin Lee, Université de la Californie à Santa Barbara

Sungjay Lee, Université de Cambridge

Rob Leigh***, Université du Texas à Austin

Michele Levi, Université hébraïque

Randy Lewis, Université York

Kenneth Libbrecht, Institut de technologie de la Californie (Caltech)

Steve Liebling***, Université de Long Island

Tongyan Lin, Université Harvard

Jimmy Liu, Institut de technologie du Massachusetts (MIT)

Tao Liu, Université de la Californie à Santa Barbara

Yi-Kai Liu, Institut national des normes et de la technologie des États-Unis

Etera Livine**, École normale supérieure de Lyon

Renate Loll*, Université Radboud de Nîmègue

Christoph Luedeling, Université de Bonn

Markus Luty, Université de la Californie à Davis

Donald Lynden-Bell, Université de Cambridge

Yin-Zhe Ma, Université de la Colombie-Britannique

Joao Magueijo, Collège impérial de Londres

Alexander Maloney, Université McGill

Sourav Mandal, Institut de physique et de mathématiques de l'univers (IPMU)

Philip Mannheim, Université du Connecticut

Antonino Marciano, Collège d'Haverford

David Marsh, Université d'Oxford

Adam Martin, Laboratoire national de l'accélérateur Fermi (Fermilab)

Mercedes Martin-Benito, Institut Max-Planck de physique gravitationnelle (Institut Albert-Einstein)

Eduardo Martin-Martinez, Institut de physique fondamentale du Conseil national de recherches de l'Espagne (CSIC)

Dmitri Maslov, Fondation nationale des sciences des États-Unis

Lionel Mason, Université d'Oxford

Art McDonald, Université Queen's

Jonathan McDonald, Laboratoire de recherche de la U.S. Air Force

David McKeen, Université de Victoria

Flavio Mercati, Université de Saragosse

Filippo Miatto, Université de Strathclyde

Karen Michaeli, Institut de technologie du Massachusetts (MIT)

Godfrey Miller, Université de la Pennsylvanie

Mozhgan Mir, Université Ferdowsi de Mashad

Rabindra Mohapatra, Université du Maryland à College Park

Roger Mong, Université de la Californie à Berkeley

David Morrissey, Laboratoire TRIUMF

Ian Moss***, Université de Newcastle

Ramis Movassagh, Institut de technologie du Massachusetts (MIT)

Michael Mulligan, Institut de technologie du Massachusetts (MIT)

Jonas Mureika, Université Loyola-Marymount

Ramesh Narayan, Université Harvard

Duff Neill, Université Carnegie-Mellon

David Neilsen, Université Brigham-Young

Yasha Neiman, École Raymond-et-Beverly-Sackler de physique et d'astronomie de l'Université de Tel Aviv

Janis Noetzel, Université de technologie de Munich

Johannes Noller, Collège impérial de Londres

Norbert Noutchequeme, Université de Yaoundé

Zohar Nussinov, Université Washington de Saint-Louis

Takuya Okuda, Université de Tokyo

Javier Olmedo, Institut de la structure de la matière du Conseil national de recherches de l'Espagne (CSIC)

SCIENTIFIQUES INVITÉS (SUITE)

Jonathan Oppenheim, Université de Cambridge

Daniele Oriti, Institut Max-Planck de physique gravitationnelle (Institut Albert-Einstein)

Richard O'Shaughnessy, Université du Wisconsin à Milwaukee

Manu Paranjape, Université de Montréal

Morgan Pascal, Institut africain de mathématiques (AIMS) au Sénégal

Subodh Patil, Centre de physique théorique de l'École Polytechnique de France

Miguel Paulos, Université Pierre-et-Marie-Curie

Joao Penedones, Université de Porto

Claudio Perini, Université d'État de la Pennsylvanie

Paolo Perinotti, Université de Pavie

Malcolm Perry*, Université de Cambridge

Dima Pesin, Université du Texas à Austin

Patrick Peter***, Institut d'astrophysique de Paris

Federico Piazza, Laboratoire Astroparticule et cosmologie de l'Université Paris Diderot

Sandu Popescu*, Université de Bristol

Rafael Porto, Institut d'études avancées de Princeton

Chanda Prescod-Weinstein, Centre spatial Goddard de la NASA

Stephen Privitera, Institut de technologie de la Californie (Caltech)

Franz Proebst, Institut Max-Planck de physique de Munich

Pavel Putrov, Université de Genève

David Radice, Institut Max-Planck de physique gravitationnelle (Institut Albert-Einstein)

Sohrab Rahvar***, Université de technologie de Sharif

Suryanarayana Sastry Ramasesha, Institut indien des sciences

Fethi Ramazanoglu, Université de Princeton

Leonardo Rastelli, Université de l'État de New York à Stony Brook

Matthew Reece, Université Harvard

Henry Reich, Université de la Californie du Sud

Oscar Reula, Université de Córdoba

Michael Revzen, Institut israélien de technologie (Technion)

Benni Reznik, Université de Tel Aviv

David Rideout, Université de la Californie à San Diego

Vincent Rivasseau**, Laboratoire de Physique Théorique d'Orsay et Université Paris-Sud XI

Antonio Enea Romano, Université nationale de Taïwan

Joao Rosa, Université de Cambridge

Rachel Rosen, Université de Stockholm

Philipp Roser, Université de Clemson

Jorge Russo***, Université de Barcelone

Slava Rychkov, École normale supérieure de Paris

Subir Sachdev*, Université Harvard

Raphael Sadoun, Institut d'astrophysique de Paris

Hanno Sahlmann, Centre Asie-Pacifique de physique théorique et Université Pohang de sciences et technologie (POSTECH)

Ramatoulaye Sall, Institut africain de mathématiques (AIMS) au Sénégal

Grant Salton, Université McGill

Alberto Salvio, École normale supérieure de Pise

Dine Ousmane Samary, Université d'Abomey-Calavi

Francesco Sannino, Centre de cosmologie et de phénoménologie de la physique des particules (CP3-Origins) de l'Université du Danemark-du-Sud

Jorge Santos, Université de la Californie à Santa Barbara

Luiz Santos, Université Harvard

Siddhartha Santra, Université de la Californie du Sud

Manos Saridakis, Université d'Athènes

Frank Saueressig, Institut de physique nucléaire de l'Université Johannes-Gutenberg de Mayence

Pierre Savard, Institut canadien d'astrophysique théorique de l'Université de Toronto

Volkher Scholz, Institut fédéral suisse de technologie de Zurich

Adam Schwimmer, Institut Weizmann

Douglas Scott, Université de la Colombie-Britannique

Sarah Shandera, Université d'État de la Pennsylvanie

Jing Shao, Université de Syracuse

Eric Sharpe, École polytechnique et Université d'État de la Virginie (Virginia Tech)

Masaru Shibata, Institut Yukawa de physique théorique de l'Université de Kyoto

Mikhail Shifman, Université du Minnesota

Ben Shlaer, Université Tufts

Brian Shuve, Université Harvard

Kris Sigurdson**, Université de la Colombie-Britannique

Pierre Sikivie, Université de la Floride

Ralph Silva, Université de Bristol

Aninda Sinha***, Institut indien des sciences

Matteo Smerlak, Institut Max-Planck de physique gravitationnelle (Institut Albert-Einstein)

Kendrick Smith, Université de Princeton

Nigel Smith, Laboratoire SNOLAB

Francis Song, Université Yale

Lorenzo Sorbo, Université du Massachusetts à Amherst

Thomas Sotiriou, École internationale d'études avancées (SISSA)

Douglas Stanford, Université Stanford

Julie Staples, Institut africain de mathématiques (AIMS) en Afrique du Sud

Charles Steinhardt, Institut de physique et de mathématiques de l'univers (IPMU)

Paul Steinhardt*, Université de Princeton

Sebastian Steinhaus, Institut Max-Planck de physique gravitationnelle (Institut Albert-Einstein)

Christoph Stephan, Université de Potsdam
Andy Stergiou, Université de la Californie à San Diego

Matt Strassler, Université Rutgers

Eirik Svanes, Université d'Oxford

Brian Swingle, Université Harvard

Maki Takahashi, Université de Sydney

Johannes Tambornino, Institut Max-Planck de physique gravitationnelle (Institut Albert-Einstein)

Evelyn Tang, Institut de technologie du Massachusetts (MIT)

Massimo Taronna, École normale supérieure de Pise
 Kyle Tate, Université Victoria de Wellington
 Alexander Tchekhovskoy, Université de Princeton
 Daniel Terno***, Université Macquarie
 Stefan Theisen, Institut Max-Planck de physique gravitationnelle (Institut Albert-Einstein)
 Ronny Thomale, Université Stanford
 Senthil Todadri*, Institut de technologie du Massachusetts (MIT)
 Alexander Torres Gomez, Université de Nottingham
 Viktor Toth, Jet Propulsion Laboratory de la NASA et de l'Institut de technologie de la Californie (Caltech)
 Paul Townsend, Université de Cambridge
 Emilio Trevisani, Université de Porto
 Jaroslav Trnka, Université de Princeton
 Arkady Tseytlin, Collège impérial de Londres
 Brock Tweedie, Université de Boston
 William Unruh*, Université de la Colombie-Britannique
 Mithat Unsal, Université d'État de San Francisco
 Linda Uruchurtu, Collège impérial de Londres
 Tanmay Vachaspati, Université d'État de l'Arizona
 Saulius Valatka, Collège royal de Londres
 Luca Vecchi, Laboratoire national de Los Alamos

Alexander Vikman, Organisation européenne pour la recherche nucléaire (CERN)
 Ilya Vilenskiy, Université de Cambridge
 Ashvin Vishwanath*, Université de la Californie à Berkeley
 Mark Vogelsberger, Centre d'astrophysique Harvard-Smithsonian
 Johannes Walcher, Université McGill
 Petros Wallden, Institut d'enseignement de la technologie de Chalkida
 Yidun Wan, Université Kinki
 Amy Wang, Université Tsinghua
 Juven Wang, Institut de technologie du Massachusetts (MIT)
 Ling Wang, Université de Vienne
 Yi Wang, Université McGill
 Scott Watson, Université de Syracuse
 Xiao-Gang Wen*, Institut de technologie du Massachusetts (MIT)
 Hans Westman, Université de Sydney
 Lawrence Widrow, Université Queen's
 Wolfgang Wieland, Centre de physique théorique de l'Université d'Aix-Marseille
 Mark Wilde, Université McGill
 Danielle Wills, Université de Durham
 Edward Wilson-Ewing, Centre de physique théorique de l'Université d'Aix-Marseille
 Derek Wise, Institut de physique théorique III de l'Université d'Erlangen-Nuremberg
 Mark Wise*, Institut de technologie de la Californie (Caltech)
 William Witczak-Krempa, Université de Toronto

Elie Wolfe, Université du Connecticut
 Sander Wolters, Institut de mathématiques, d'astrophysique et de physique des particules de l'Université Radboud de Nimègue
 William Wootters, Collège Williams
 Tony Xie, Université Tsinghua
 Zhiyuan Xie, Institut de physique théorique de l'Académie chinoise des sciences
 Gang Xu, Université Cornell
 BingKan Xue, Université de Princeton
 Wei Xue, Université McGill
 Itamar Yaakov, Institut de technologie de la Californie (Caltech)
 Masahito Yamazaki, Université de Princeton
 Jon Yard, Laboratoire national de Los Alamos
 James Yearsley, Université de Cambridge
 Beni Yoshida, Institut de technologie du Massachusetts (MIT)
 Haibo Yu, Université du Michigan
 Liang Yu, Université de la Californie à Berkeley
 Paolo Zanardi, Université de la Californie du Sud
 Konstantin Zarembo, Institut nordique de physique théorique (NORDITA)
 Andrew Zayakin, Institut national de physique nucléaire de Pérouse
 Alexander Zhiboedov, Université de Princeton
 Kai Zuber, Institut de physique nucléaire et corpusculaire de Dresde

MEMBRES AFFILIÉS EN 2011-2012

Ian Affleck, Université de la Colombie-Britannique
 Arif Babul, Université de Victoria
 Leslie Ballentine, Université Simon-Fraser
 Richard Bond, Institut canadien d'astrophysique théorique de l'Université de Toronto
 Ivan Booth, Université Memorial
 Vincent Bouchard, Université de l'Alberta
 Robert Brandenberger, Université McGill

Gilles Brassard, Université de Montréal
 Anne Broadbent, Institut d'informatique quantique de l'Université de Waterloo
 Anton Burkov, Université de Waterloo
 Bruce Campbell, Université Carleton
 Benoit Charbonneau, Faculté Saint-Jérôme de l'Université de Waterloo
 Jeffrey Chen, Université de Waterloo
 Andrew Childs, Institut d'informatique quantique de l'Université de Waterloo
 Matthew Choptuik, Université de la Colombie-Britannique

Dan Christensen, Université Western
 Aashish Clerk, Université McGill
 James Cline, Université McGill
 Alan Coley, Université Dalhousie
 Andrzej Czarnecki, Université de l'Alberta
 Saurya Das, Université de Lethbridge
 Arundhati Dasgupta, Université de Lethbridge
 Keshav Dasgupta, Université McGill
 Rainer Dick, Université de la Saskatchewan

MEMBRES AFFILIÉS (SUITE)

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

Valerio Faraoni, Université Bishop's

James Forrest, Université de Waterloo

Marcel Franz, Université de la Colombie-Britannique

Doreen Fraser, Université de Waterloo

Andrew Frey, Université de Winnipeg

Andrei Frolov, Université Simon-Fraser

Valeri Frolov, Université de l'Alberta

Jack Gegenberg, Université du Nouveau-Brunswick

Ghazal Geshnizjani, Université d'État de New York à Buffalo

Shohini Ghose, Université Wilfrid-Laurier

Florian Girelli, Université de Waterloo

Stephen Godfrey, Université Carleton

Thomas Gregoire, Université Carleton

John Harnad, Université Concordia

Jeremy Heyl, Université de la Colombie-Britannique

Bob Holdom, Université de Toronto

Michael Hudson, Université de Waterloo

Viqar Husain, Université du Nouveau-Brunswick

Thomas Jennewein, Institut d'informatique quantique de l'Université de Waterloo

Catherine Kallin, Université McMaster

Joanna Karczmarek, Université de la Colombie-Britannique

Spiro Karigiannis, Université de Waterloo

Gabriel Karl, Université de Guelph

Mikko Karttunen, Université de Waterloo

Achim Kempf, Université de Waterloo

Yong-Baek Kim, Université de Toronto

David Kribs, Université de Guelph

Hari Kunduri, Université Memorial

Gabor Kunstatter, Université de Winnipeg

Kayll Lake, Université Queen's

Debbie Leung, Université de Waterloo

Randy Lewis, Université York

Hoi-Kwong Lo, Université de Toronto

Michael Luke, Université de Toronto

Adrian Lupascu, Institut d'informatique quantique de l'Université de Waterloo

Norbert Lutkenhaus, Institut d'informatique quantique de l'Université de Waterloo

A. Hamed Majedi, Institut d'informatique quantique de l'Université de Waterloo

Alexander Maloney, Université McGill

Robert Mann, Université de Waterloo

Gerry McKeon, Université Western

Brian McNamara, Université de Waterloo

Roger Melko, Université de Waterloo

Volodya Miransky, Université Western

Guy Moore, Université McGill

Ruxandra Moraru, Université de Waterloo

David Morrissey, Laboratoire TRIUMF

Norman Murray, Institut canadien d'astrophysique théorique de l'Université de Toronto

Wayne Myrvold, Université Western

Julio Navarro, Université de Victoria

Ashwin Nayak, Université de Waterloo

Elisabeth Nicol, Université de Guelph

Don Page, Université de l'Alberta

Prakash Panangaden, Université McGill

Arun Paramekanti, Université de Toronto

Manu Paranjape, Université de Montréal

Amanda Peet, Université de Toronto

Ue-Li Pen, Institut canadien d'astrophysique théorique de l'Université de Toronto

Alexander Penin, Université de l'Alberta

Tamar Pereg-Barnea, Université McGill

Harald Pfeiffer, Institut canadien d'astrophysique théorique de l'Université de Toronto

Marco Piani, Institut d'informatique quantique de l'Université de Waterloo

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 Waterloo

Kevin Resch, Institut d'informatique quantique de l'Université de Waterloo

Adam Ritz, Université de Victoria

Moshe Rozali, Université de la Colombie-Britannique

Barry Sanders, Université de Calgary

Veronica Sanz, Université York

Kristin Schleich, Université de la Colombie-Britannique

Achim Schwenk, Laboratoire TRIUMF

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, Université de Waterloo

Steve Weinstein, Université de Waterloo

Lawrence Widrow, Université Queen's

Frank Wilhelm, Institut d'informatique quantique de l'Université de Waterloo

Don Witt, Université de la Colombie-Britannique

Bei Zeng, Université de Guelph

CONFÉRENCES ET ATELIERS EN 2011-2012

École d'été 2011 sur Mathematica

Du 31 juillet au 6 août 2011

Exact Results in Gauge/Gravity Dualities

(Résultats exacts en matière de dualité entre théorie de jauge et gravitation)

Du 8 au 12 août 2011

Integrability in Gauge/String Theories

(Intégrabilité en théorie de jauge et théorie des cordes)

Du 15 au 19 août 2011

Unravelling Dark Matter

(Éclaircir la matière sombre)

Du 22 au 24 septembre 2011

Tensor Networks for Quantum Field Theories

(Réseaux de tenseurs dans les théories quantiques des champs)

Les 24 et 25 octobre 2011

Emergence and Effective Field Theories

(Émergence et théories des champs effectives)

Du 26 au 28 octobre 2011

Effective Field Theory and Gravitational Physics

(Théorie des champs effective et physique gravitationnelle)

Du 28 au 30 novembre 2011

Recent Progress in Quantum Algorithms

(Progrès récents en algorithmique quantique)

Du 11 au 13 avril 2012

Higgs: Now and in the Future

(Le boson de Higgs : maintenant et dans l'avenir)

Les 23 et 24 avril 2012

Colloque des quatre coins du Sud-ouest ontarien sur la matière condensée 2012

Le 3 mai 2012

GAP 2012 (géométrie et physique)

Du 5 au 7 mai 2012

Conformal Nature of the Universe

(La nature conforme de l'univers)

Du 9 au 12 mai 2012

Réunion annuelle de la Société canadienne d'histoire et de philosophie des sciences

Le 28 mai 2012

Background and Methods of Highly Frustrated Magnetism

(Contexte et méthodes du magnétisme hautement frustré)

Le 3 juin 2012

Exploring AdS/CFT Dualities in Dynamical Settings

(Explorer les dualités AdS/CFT dans des contextes dynamiques)

Du 4 au 8 juin 2012

Back to the Bootstrap II

(De retour au bootstrap II)

Du 11 au 15 juin 2012

Relativistic Quantum Information

(Informatique quantique relativiste)

Du 25 au 28 juin 2012

COURS EN 2011-2012

Introduction to Pure Spinor Formalism of the Superstring

(Introduction au formalisme du spineur pur en théorie des supercordes)

Donné par Nathan Berkovits, Institut de physique théorique de l'Université d'État de Sao Paulo

Du 23 au 26 août 2011

Visionnement : <http://www.pirsa.org/C11030>

AdS/CFT Correspondence

(Correspondance AdS/CFT)

Donné par Lilia Anguelova et Robert Myers, Institut Péri-mètre

Du 24 octobre au 15 décembre 2011 et du 2 au 30 janvier 2012

Topos Quantum Physics

(Théorie des topos et physique quantique)

Donné par Cecilia Flori, Institut Péri-mètre

Du 9 janvier au 17 février 2012

Visionnement : <http://www.pirsa.org/C12016>

Advanced Quantum Field Theory

(Théorie quantique des champs avancée)

Donné par Cliff Burgess, Université McMaster et Institut Péri-mètre

Du 10 janvier au 3 avril 2012

Visionnement : <http://www.pirsa.org/C12018>

Advanced General Relativity

(Relativité générale avancée)

Donné par Éric Poisson, Université de Guelph

Du 11 janvier au 18 avril 2012

Visionnement : <http://www.pirsa.org/C12017>

MANAGEMENT

Directeur de l'exploitation

Michael Duschenes

CADRES ADMINISTRATIFS

Analyste principal, Opérations financières

Stefan Pregelj

Directeur de la diffusion des connaissances

Greg Dick

Directeur de l'information

Ben Davies

Directeur des programmes d'enseignement

John Berlinsky

Directeur des relations extérieures et des affaires publiques

John Matlock

Directrice des publications

Natasha Waxman

Directrice du développement

Maria Antonakos

Directrice financière

Sue Scanlan

Gestionnaire des ressources humaines et de la culture

Sheri Keffer



PARRAINAGES

L'Institut PÉrimètre a parrainé les manifestations et activités scientifiques canadiennes et internationales suivantes en 2011-2012 :

2^e congrès étudiant AQuA sur l'information et le calcul quantiques et 9^e conférence étudiante sur l'information quantique, Institut d'informatique quantique de l'Université de Waterloo

3^e conférence du Réseau de physique théorique des Prairies canadiennes, Université des Premières nations du Canada

12^e École d'été canadienne sur l'information quantique, Institut d'informatique quantique de l'Université de Waterloo

14^e conférence canadienne sur la relativité générale et l'astrophysique relativiste, Université Memorial

21^e atelier international sur la physique des lasers, Université de Calgary

Conférence soulignant le 60^e anniversaire de naissance de John Preskill, Institut de technologie de la Californie (Caltech)

École d'été internationale du Cap 2012, Institut d'études avancées de Stellenbosch

Institut d'hiver 2012 du lac Louise, Université de l'Alberta

QIP 2012, Université de Montréal

Theory Canada 7, Université de Lethbridge

Women in Physics Canada (Les femmes et la physique au Canada), Université de la Colombie-Britannique



« L'Institut PÉRIMÈTRE est maintenant
l'un des principaux centres de phy-
sique 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 de
l'Université de Cambridge

INSTITUT  PÉRIMÈTRE DE PHYSIQUE THÉORIQUE

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

perimeterinstitute.ca

Numéro d'enregistrement d'organisme de bienfaisance :
88981 4323 RR001