



**Rapport annuel 2014-2015 au ministère canadien
de l'Innovation, des Sciences et du Développement économique**

Objectifs, activités et états financiers
pour l'exercice du 1^{er} août 2014 au 31 juillet 2015
et énoncé des objectifs pour le prochain exercice et pour l'avenir

Soumis par Neil Turok, directeur général,
à l'honorable Navdeep Bains, ministre de l'Innovation, des Sciences et du Développement économique
ainsi qu'à l'attention de l'honorable Kirsty Duncan, ministre des Sciences,
et de l'honorable Bardish Chagger, ministre de la Petite entreprise et du Tourisme,
et député fédéral de Waterloo

Vision : Créer le principal centre mondial de physique théorique fondamentale, en réunissant des partenaires publics et privés, de même que les plus brillants esprits scientifiques du monde, dans une entreprise commune visant à réaliser des avancées qui transformeront notre avenir.

Vue d'ensemble de l'Institut Périmètre

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

En seulement 15 ans, l'Institut Périmètre (IP) est devenu l'un des plus grands succès du Canada en matière de recherche depuis des décennies : un centre innovateur de classe mondiale pour la recherche, la formation et la diffusion des connaissances en physique fondamentale, discipline scientifique la moins coûteuse et dont les impacts sont les plus grands.

Fondé en 1999 à Waterloo, en Ontario, l'Institut Périmètre résulte d'un effort sans précédent pour accélérer de manière stratégique les découvertes dans ce domaine tout à fait fondamental de la science. Son modèle de financement d'avant-garde réunit des partenaires des secteurs public et privé, et rassemble certains des meilleurs esprits scientifiques du monde, dans le but commun de réaliser les prochaines percées qui transformeront notre avenir.

Contre toute attente, l'ascension de l'Institut Périmètre a été spectaculaire. L'Institut a amené au Canada des cerveaux de tout premier ordre à l'échelle internationale. Ses découvertes lui ont acquis une réputation mondiale en recherche, et il est classé parmi les principaux centres de physique théorique au monde.

- Les évaluations indépendantes de l'Institut lui valent toujours d'excellentes notes¹, et il jouit d'une réputation enviable chez les dirigeants scientifiques et politiques, au pays² comme à l'étranger³.
- L'étude *Mapping Scientific Excellence* menée en Allemagne par la Société Max-Planck a classé les instituts scientifiques du monde entier selon des critères objectifs, dont les publications et les citations. L'Institut Périmètre s'est classé au 2^e rang parmi les centres de recherche en physique théorique⁴.

¹ Voir par exemple le rapport d'évaluation présenté par KPMG en 2011 :

http://www.perimeterinstitute.ca/files/articles/attachements/pi_final_evaluation_report.pdf.

² « Les experts canadiens et étrangers ont nommé plusieurs infrastructures, liées au domaine de la physique et de l'astronomie, qui constituent un avantage pour le Canada, dont le Centre canadien de rayonnement synchrotron, l'Observatoire et le laboratoire de neutrinos de Sudbury, TRIUMF (laboratoire national du Canada en physique nucléaire et corpusculaire) et l'Institut Périmètre de physique théorique. » – LE COMITÉ D'EXPERTS SUR L'ÉTAT DE LA SCIENCE ET DE LA TECHNOLOGIE AU CANADA — CONSEIL DES ACADÉMIES CANADIENNES. *L'état de la science et de la technologie au Canada*, 2012, p. 174.

³ Voir le rapport de l'examen de l'Institut Périmètre effectué en 2006 par le CRSNG :

http://www.perimeterinstitute.ca/files/page/attachements/info_drawn_from_2006_nserc_review_information.pdf

⁴ L. BORNMANNA, M. STEFANERB, F. DE MOYA ANEGÓN et R. MUTZD. « What is the effect of country-specific characteristics on the research performance of scientific institutions? Using multi-level statistical models to rank and map universities and research-focused institutions worldwide », *Journal of Informetrics*, vol. 8, 2014, n° 3, p. 581-593.

- Une étude menée en 2011 par Thomson Reuters, qui classait les pays du G8 pour l'indice de citation en physique, a montré que l'impact scientifique du Canada dans ce domaine avait augmenté de manière spectaculaire depuis la fondation de l'Institut Péricimètre. En 2010, le Canada se classait au 1^{er} rang mondial pour l'indice de citation en physique; sans l'Institut Péricimètre, il aurait été au 4^e rang⁵.
- Grâce à des chercheurs de l'Institut Péricimètre, le Canada s'est taillé une place au cœur des projets d'expérimentation et d'observation les plus considérables et les plus importants de notre époque. Mentionnons entre autres le grand collisionneur de hadrons (LHC) du CERN, le télescope EHT (*Event Horizon Telescope* – Télescope horizon des événements), le projet LIGO (*Laser Interferometer Gravitational Wave Observatory* – Observatoire d'ondes gravitationnelles par interférométrie laser), le satellite Planck et le radiotélescope SKA (*Square Kilometer Array* – Réseau d'un kilomètre carré). Les scientifiques de l'Institut Péricimètre sont parmi les premiers utilisateurs des données recueillies, sans que le Canada ait à dépenser les millions de dollars que coûtent les infrastructures expérimentales. Parallèlement à cela, les scientifiques de l'Institut collaborent avec les principales expériences canadiennes – telles que le laboratoire SNOLAB et l'Expérience canadienne de cartographie d'intensité de l'hydrogène (CHIME) – en contribuant à diriger la planification, l'analyse et l'interprétation des données.
- L'Institut a maintenant la réputation d'être le premier au monde à organiser des rencontres sur des idées et résultats expérimentaux révolutionnaires, ce qui place encore davantage le Canada à la fine pointe de la recherche. Par exemple, immédiatement après la découverte du boson de Higgs en 2012, l'Institut Péricimètre a organisé le premier atelier nord-américain sur les conséquences de cette découverte pour les orientations à venir en physique des particules. De la même manière, dans la foulée de l'annonce par l'équipe de l'expérience BICEP2 de la détection d'ondes gravitationnelles en 2014, l'Institut Péricimètre a été le premier à réunir des experts pour analyser ce résultat et soulever des doutes (qui se sont par la suite avérés fondés).

L'Institut a attiré certains des chercheurs les plus brillants au monde, des meilleurs étudiants diplômés à des pionniers reconnus de la physique. De plus, en collaborant avec la communauté scientifique nationale, l'Institut Péricimètre a placé le Canada parmi les chefs de file mondiaux dans le domaine. Il a amélioré de manière mesurable le classement international du pays en physique – grâce au recrutement conjoint des meilleurs talents et à des programmes conjoints de formation avec de nombreux partenaires universitaires, ainsi qu'en fournissant des ressources uniques à l'ensemble du pays.

La physique théorique vise à nous faire comprendre l'univers au niveau le plus élémentaire : de quoi il est fait, les forces qui le régissent, le potentiel qu'il renferme. Ce domaine est si fondamental que chaque nouvelle avancée change littéralement notre monde.

⁵ Voir les documents suivants de Thomson Reuters : *Publication Output and Citation Impact of Perimeter Institute's Physics Research*, mai 2012 (non publié, disponible sur demande); [Bibliometric Evaluation and International Benchmarking of the UK's Physics Research](#).

Des percées en physique sont essentielles pour notre société et notre avenir. Il est plus important que jamais de comprendre le rôle de la science dans notre vie; c'est pourquoi la diffusion de connaissances aux enseignants, aux élèves et au grand public fait partie intégrante de la mission de l'Institut Péricône. Couronnés par des prix, les programmes et les outils pédagogiques de l'Institut cherchent à éveiller l'intérêt, à instruire et à inspirer, en communiquant l'importance de la recherche fondamentale, les joies de la découverte et le pouvoir durable des idées.

L'Institut Péricône est en bonne voie de devenir le premier centre mondial dans un domaine crucial pour notre avenir. Avec le soutien constant de ses partenaires des secteurs public et privé, l'Institut continuera d'être catalyseur d'un écosystème d'innovation, source d'avantages et de prospérité au pays pour les générations à venir.

UN ACCÉLÉRATEUR DE DÉCOUVERTE

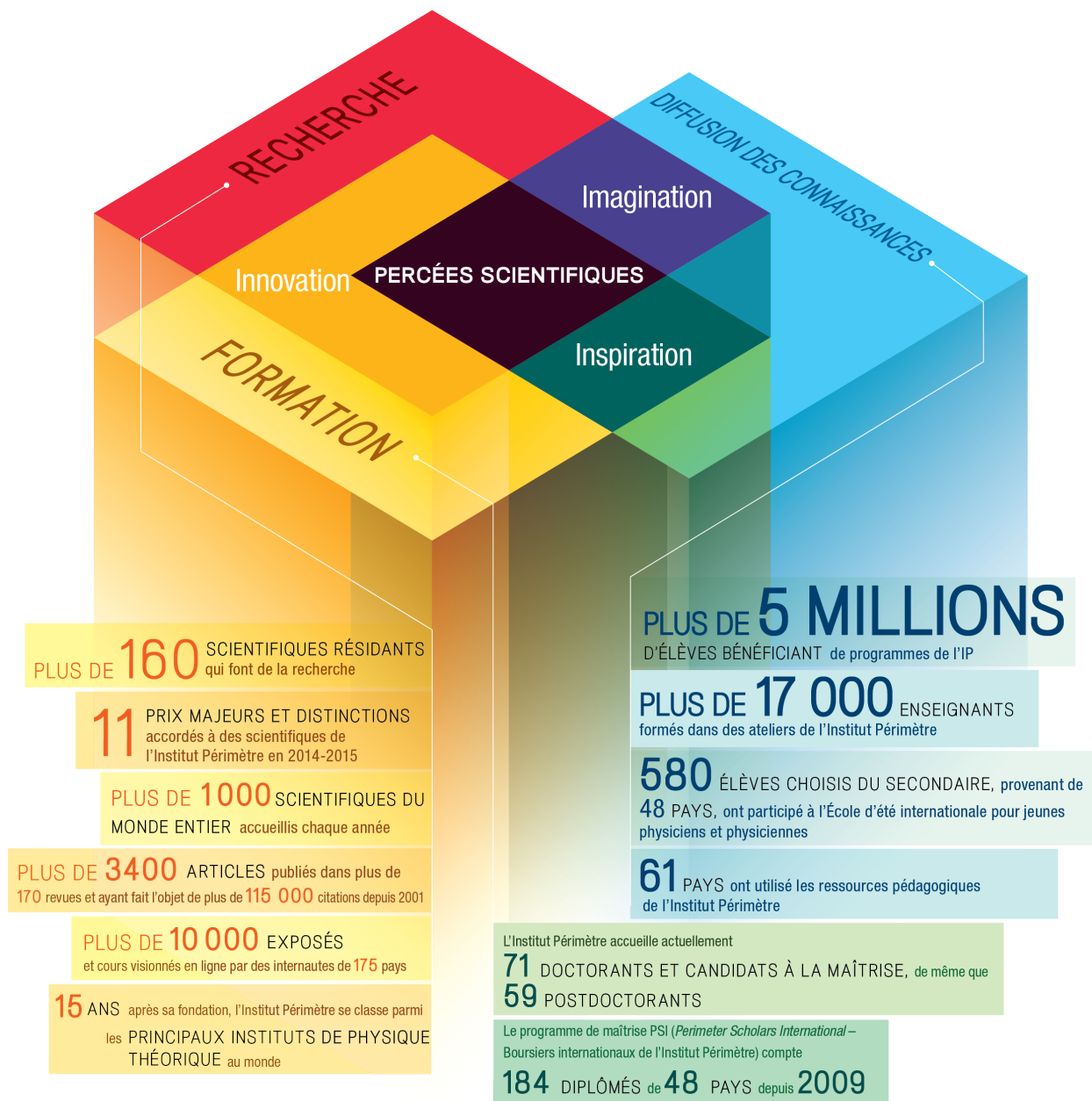


Table des matières

Préface du directeur.....	1
Sommaire	4
Énoncé des objectifs pour 2014-2015.....	9
Objectif n° 1 : Réaliser des découvertes de classe mondiale	10
Matière condensée	11
Cosmologie.....	14
Physique mathématique	17
Physique des particules.....	19
Théorie quantique des champs et théorie des cordes.....	22
Fondements quantiques	25
Gravitation quantique	28
Information quantique	31
Gravité forte.....	34
Prix, distinctions et subventions majeures.....	36
Objectif n° 2 : Devenir la résidence de recherche d'une masse critique des plus grands physiciens théoriciens	39
Chaires de recherche de l'Institut Périmètre	39
Professeurs.....	42
Professeurs associés.....	42
Objectif n° 3 : Devenir un incubateur des talents les plus prometteurs	44
Postdoctorants	44
Programme de maîtrise PSI (<i>Perimeter Scholars International</i> – Boursiers internationaux de l'Institut Périmètre).....	45
Programme de doctorat.....	46
Adjoints diplômés invités	47
Étudiants de 1 ^{er} cycle	47
Objectif n° 4 : Devenir la seconde résidence de recherche de plusieurs grands théoriciens du monde ...	48
Chaires de chercheur invité distingué.....	48
Adjoints invités.....	50

Boursières Emmy-Noether	52
Programme de chercheurs invités	53
Objectif n° 5 : Constituer une plaque tournante d'un réseau mondial de centres de physique théorique et de mathématiques.....	55
Collaborations et partenariats	55
Rayonnement international	57
AIMS-NEI	57
Objectif n° 6 : Renforcer le rôle de l'Institut Périmètre comme centre de convergence pour la recherche en physique fondamentale au Canada	58
Engagement avec des centres d'expérimentation	58
Participation à la <i>Quantum Valley</i> à titre de catalyseur	60
Membres affiliés	62
Objectif n° 7 : Organiser des conférences, ateliers, cours et séminaires ciblés et opportuns	63
Conférences et ateliers	63
Séminaires et colloques	65
Cours	66
Archives vidéo en ligne	66
Objectif n° 8 : Mener une action de diffusion des connaissances à fort impact	67
Programmes et produits destinés aux élèves	67
Programmes et ressources destinés aux enseignants.....	69
Ressources pédagogiques	70
Programmes destinés au grand public.....	73
Objectif n° 9 : Créer le milieu et l'infrastructure les meilleurs au monde pour la recherche, la formation et la diffusion des connaissances en physique théorique	76
Création d'un climat de collaboration et d'échange	76
Action en matière environnementale	77
Collections de la bibliothèque et accès électronique à des revues.....	77
Mise à niveau des systèmes et autres initiatives en matière de TI.....	78
Objectif n° 10 : Continuer d'exploiter le modèle de financement public-privé qui a fait ses preuves à l'Institut Périmètre	79
Partenaires publics.....	79
Partenaires privés	81

Aperçu des états financiers, des dépenses, des critères d'évaluation et de la stratégie d'investissement	84
Stratégie d'évaluation du rendement	89
Objectifs pour 2015-2016	92
Annexe A : Corps professoral	93
Annexe B : Titulaires de chaire de chercheur invité distingué	105
Annexe C : Adjoints invités	116
Annexe D : Membres affiliés	120
Annexe E : Membres du conseil d'administration	125
Annexe F : Membres du comité consultatif scientifique.....	128
Annexe G : Liens de l'Institut Périmètre avec le milieu de l'expérimentation	130
Annexe H : Présence de l'Institut Périmètre dans les médias.....	133

Préface du directeur

Nous entrons dans la période la plus passionnante depuis des décennies pour la physique fondamentale. Des observations et des mesures effectuées à toutes les échelles de l'univers ont considérablement repoussé les frontières de nos connaissances. Nous vivons un âge d'or de données d'une puissance et d'une étendue sans précédent.

Ces données nous surprennent, et ce d'une manière très intéressante. Elles nous révèlent un univers d'une extrême simplicité aux échelles de l'infiniment grand et de l'infiniment petit, mais d'une grande complexité entre les deux. De la même manière, le commencement et l'avenir lointain de l'univers semblent étonnamment simples, alors que l'époque intermédiaire actuelle est pleine de complexité. Les propriétés les plus fondamentales de l'univers, par exemple l'énergie sombre, remettent en question le cadre même des théories modernes de la physique. Elles nous orientent vers des principes radicalement nouveaux, capables de concilier la physique quantique et la relativité, et d'expliquer l'univers à la fois simple et paradoxal dans lequel nous vivons.

L'Institut Périmètre est dans une position idéale pour devenir un pôle mondial de l'élaboration de théories et paradigmes nouveaux qui pourront résoudre ces difficultés. Conçu comme le milieu optimal de recherche en physique fondamentale, l'Institut attire de jeunes scientifiques d'élite qui ouvrent des avenues de recherche révolutionnaires.

Au cours de la dernière année, les professeurs Natalia Toro et Philip Schuster se sont partagé un prix *Nouveaux horizons en physique*, prix de physique théorique le plus prestigieux pour des scientifiques en début de carrière. Des chercheurs de l'Institut Périmètre se sont mérité ce prix 3 années de suite, alors qu'aucune autre institution ne l'a remporté plus d'une fois. Un autre de nos jeunes professeurs, Pedro Vieira, a remporté à la fois une bourse de la Fondation Sloan et la médaille Gribov, le prix européen le plus élevé pour de jeunes physiciens. (De fait, l'Institut Périmètre se distingue là aussi avec 3 professeurs lauréats de la médaille Gribov, dont Freddy Cachazo en 2009 et Davide Gaiotto en 2011.)

De nouveaux schémas de pensée sont nécessaires non seulement pour comprendre les confins du cosmos, mais aussi pour saisir la nature complexe et quantique de la matière à toutes les échelles. Xiao-Gang Wen, pionnier de renommée mondiale dans le domaine, s'est joint à l'Institut Périmètre comme titulaire de la chaire Groupe-financier-BMO-Isaac-Newton de physique théorique, suivi peu après de Dmitry Abanin, jeune chercheur de premier plan en physique de la matière condensée. Nous sommes maintenant ravis d'accueillir à son retour au pays le Canadien Max Metlitski, l'un des jeunes théoriciens de la matière condensée les plus brillants au monde. Il vient de remporter les 2 principaux prix mondiaux pour jeunes chercheurs dans le domaine de la matière condensée. Ses travaux sont centrés sur l'utilisation de la théorie quantique des champs, outil fondamental dans toute la physique, pour décrire des systèmes quantiques complexes à N corps, extrêmement prometteurs pour de nouvelles applications technologiques.

La physique mathématique a elle aussi connu une forte croissance à l'Institut Périmètre. Au cours de l'histoire, les plus grandes percées dans le domaine ont résulté d'interactions entre les mathématiques et la physique. Plusieurs de nos professeurs sont à la fine pointe de la recherche en physique mathématique. L'an dernier, nous avons recruté Kevin Costello, jeune mathématicien exceptionnel qui replace systématiquement la théorie quantique des champs sur de nouvelles bases mathématiques. Nous avons récemment recruté, conjointement avec l'Université de Toronto, Alexander Braverman, un chef de file du « programme de Langlands géométrique », domaine des mathématiques pures qui cherche à unifier les principales branches des mathématiques : l'analyse, l'algèbre et la géométrie.

Enfin, dans le contexte de nos efforts croissants en cosmologie, Ue-Li Pen, l'un des jeunes astrophysiciens les plus originaux au monde, s'est joint à nous comme professeur associé, dans le cadre d'une nomination conjointe avec l'Institut canadien d'astrophysique théorique à Toronto. Ue-Li Pen s'est rendu compte qu'en cartographiant l'hydrogène dans tout l'univers, on pourrait réaliser des cartes d'un nouveau type. Cette idée a donné naissance au projet CHIME (*Canadian Hydrogen Intensity Mapping Experiment* – Expérience canadienne de cartographie d'intensité de l'hydrogène), effort expérimental canadien de pointe visant à cartographier la structure tridimensionnelle de l'univers.

Je crois que l'Institut Périmètre est unique en son genre parmi les centres de recherches théoriques, par sa combinaison de travaux mathématiques fondamentaux et de liens étroits avec l'expérience : le grand collisionneur de hadrons, le télescope EHT, LIGO, SNOLAB, CHIME et bien d'autres. En plus de placer le Canada à l'avant-garde de l'élaboration de nouvelles théories, les scientifiques de l'Institut testent ces théories à leurs limites dans certaines des expériences les plus importantes de notre époque.

En juin, nous avons tenu une rencontre scientifique d'un nouveau genre, intitulée *Convergence*, qui a réuni bon nombre des plus grands physiciens de la planète et des jeunes esprits les plus prometteurs, dans tous les sous-domaines de la physique. Nous les avons mis au défi de sortir de leur zone de confort, d'avoir une vue d'ensemble de la physique actuelle et des possibilités les plus palpitantes de découvertes fondamentales. De nombreux participants nous ont fait savoir après coup que c'était peut-être la rencontre la plus emballante à laquelle ils avaient jamais participé.

À l'Institut Périmètre, nous nous efforçons sans cesse d'être souples et entreprenants, toujours à l'affût de nouvelles et importantes avenues de recherche, souvent interdisciplinaires et à l'extérieur des sentiers battus. Cette année, nous avons mis sur pied plusieurs initiatives de pointe – portant sur l'émergence de l'espace-temps, sur les réseaux de tenseurs, sur une nouvelle méthode de description de systèmes quantiques complexes et sur un projet d'observation de la structure des trous noirs – qui rassemblent la combinaison voulue de compétences établies et de jeunes scientifiques autour de domaines de recherche prioritaires.

L'un des membres de notre conseil d'administration, Art McDonald, illustre de manière éloquent ce que la clairvoyance, la collaboration et une curiosité insatiable à propos de notre univers permettent de réaliser. M. McDonald a été colauréat du prix Nobel de physique et du Prix du progrès scientifique (*Breakthrough Prize*) pour la découverte des oscillations des neutrinos, réalisée grâce à une expérience

innovatrice à l'Observatoire de neutrinos de Sudbury. Ses découvertes et sa contribution à la physique au Canada sont un exemple pour nous tous.

Au XX^e siècle, les découvertes en physique fondamentale ont été à l'origine de milliers de milliards de dollars de nouvelle richesse, ainsi que de millions d'emplois, fondés sur les transistors, les ordinateurs, l'IRM, le GPS, les communications sans fil, les téléphones multifonctions, etc. L'économie du XXI^e siècle reposera probablement sur des innovations issues de progrès en physique quantique, tels que des ordinateurs, capteurs et dispositifs de communication quantiques, et de nouveaux supraconducteurs. De fait, la *Quantum Valley* prend naissance ici même au Canada. L'Institut Périmètre continue d'alimenter un écosystème quantique florissant qui couvre tout le spectre allant de la science fondamentale au démarrage d'entreprises, en passant par la formation avancée, les expériences en laboratoire, le développement technologique et le capital de risque. Cette combinaison n'a pas son équivalent ailleurs dans le monde.

La révolution quantique à venir promet d'être encore plus révolutionnaire que l'a été la révolution numérique. Et cette fois, le Canada peut ouvrir la voie.

– Neil Turok

Sommaire

L'Institut Péricimètre a pour mission de créer et pérenniser un centre qui soit le chef de file mondial pour la recherche fondamentale, la formation et la diffusion des connaissances en physique théorique, afin de promouvoir l'excellence et de favoriser des percées scientifiques majeures.

Chacun des objectifs énoncés dans le plan d'activité de l'an dernier fait partie de la stratégie globale à long terme de l'Institut visant ce but très ambitieux. En 2014-2015, l'Institut a accompli de grands progrès, atteignant ou dépassant les principaux résultats définis par tous ses objectifs. Cela indique clairement que la planification stratégique de l'Institut est à la fois judicieuse et efficace, et que sa vision à long terme est en bonne voie de se concrétiser.

Principales réalisations en 2014-2015

Progrès de la recherche fondamentale

- ✓ L'Institut Péricimètre a fait des découvertes ayant une importance et des répercussions internationales.
- ✓ Voici quelques points saillants de la recherche effectuée :
 - L'informatique quantique promet des avancées extraordinaires dans des domaines tels que les communications, la cryptographie, la médecine et bien d'autres. Pour que ces promesses se réalisent, il faut des recherches faisant le pont entre la théorie et l'expérience. Robert Spekkens, professeur à l'Institut Péricimètre, et ses collègues de l'Institut d'informatique quantique ont démontré de manière expérimentale que certains types de corrélations quantiques peuvent impliquer une relation de causalité. Cette découverte a une importance fondamentale en même temps qu'un potentiel d'applications en technologie quantique.
 - Les théories quantiques des champs (TQC) constituent le langage de base de la physique des particules et de la matière condensée, ainsi que d'une bonne partie de la cosmologie, mais le calcul de solutions exactes d'une TQC est souvent impossible. Cette année, l'ambitieux projet à long terme du professeur Pedro Vieira, qui vise à simplifier de tels calculs, a atteint un point tournant, permettant d'espérer pour la première fois des solutions exactes de TQC.
 - Le professeur Dmitry Abanin et ses collaborateurs ont réalisé des progrès majeurs dans la définition des lois qui régissent la dynamique des systèmes quantiques à N corps, qui seront probablement d'une grande importance dans les technologies de l'avenir comme l'informatique quantique.

- ✓ Des chercheurs de l'Institut Péricimètre ont obtenu de nombreux prix et distinctions d'envergure nationale et internationale, notamment les suivants :
 - Les professeurs Philip Schuster et Natalia Toro ont obtenu un prix *Nouveaux horizons en physique*, d'une valeur de 100 000 \$, accordé par la Fondation des Prix du progrès scientifique (*Breakthrough Prize Foundation*), autrefois appelée Fondation des Prix de physique fondamentale. C'était la 3^e année consécutive où un professeur de l'Institut Péricimètre figurait parmi les lauréats, alors qu'aucune autre institution au monde ne l'a remporté plus d'une fois.
 - Le professeur Pedro Vieira a reçu une bourse de recherche Sloan 2015.
 - Le professeur Pedro Vieira a reçu la prestigieuse médaille Gribov 2015 remise par la Société européenne de physique, devenant le 3^e professeur de l'Institut Péricimètre depuis 2009 à se mériter cet honneur.
 - Matthew Fisher, titulaire d'une chaire de chercheur invité distingué, a été l'un des lauréats du prix Oliver-E.-Buckley 2015 de physique de la matière condensée.
 - Le professeur Lee Smolin a été l'un des lauréats du prix Buchalter de cosmologie, remis par la Société américaine d'astronomie.
 - Neil Turok, directeur de l'Institut Péricimètre, a été élu membre de la Société royale du Canada.
 - Joseph Ben Geloun, ancien postdoctorant à l'Institut Péricimètre, s'est mérité le prix du jeune scientifique 2015 en physique mathématique, remis par l'Union internationale de physique pure et appliquée, pour des travaux effectués alors qu'il était à l'Institut Péricimètre.
 - Le professeur associé Avery Broderick est l'un des bénéficiaires d'une subvention de 6,5 millions de dollars US de la Fondation nationale des sciences des États-Unis, qui appuie l'expérience du télescope EHT (*Event Horizon Telescope – Télescope horizon des événements*).
 - Le professeur associé Michele Mosca a obtenu du gouvernement du Canada un contrat d'une durée de 3 ans (d'une valeur de plus de 600 000 \$) pour travailler sur la cryptographie postquantique.
 - Trois chercheurs de l'Institut Péricimètre ont obtenu chacun une bourse de nouveau chercheur, d'une valeur de 140 000 \$, accordée par le gouvernement de l'Ontario.
 - Les scientifiques de l'Institut Péricimètre ont obtenu en tout 3,7 millions de dollars en subventions de recherche.

Recrutement des meilleurs talents

- ✓ Kevin Costello, l'un des meilleurs jeunes mathématiciens au monde, est devenu titulaire de la chaire Fondation-Krembil-William-Rowan-Hamilton de physique théorique.
- ✓ L'Institut Périmètre a mis sur pied 3 nouvelles chaires de recherche, portant leur nombre à 8, et a obtenu le financement privé crucial pour l'existence de ces chaires :
 - Le cosmologiste Paul Steinhardt, de l'Université de Princeton, a été nommé titulaire de la chaire Richard-P.-Feynman de physique théorique (à titre de chercheur invité).
 - Pedro Vieira a été nommé titulaire de la chaire Clay-Riddell-Paul-Dirac de physique théorique, soutenue par la Fondation de bienfaisance de la famille Riddell.
 - Freddy Cachazo a été nommé titulaire de la chaire Gluskin-Sheff-Freeman-Dyson de physique théorique, soutenue par la firme Gluskin Sheff et associés.
 - L'Institut Périmètre a obtenu le financement de la chaire déjà occupée par Subir Sachdev (à titre de chercheur invité), maintenant appelée chaire Cenovus-Energy-James-Clerk-Maxwell de physique théorique.
- ✓ L'Institut a recruté 1 nouveau professeur à plein temps et 3 professeurs associés à temps partiel.
- ✓ L'Institut Périmètre a attribué des chaires de chercheur invité distingué à 4 scientifiques de renommée mondiale, portant leur nombre à 44; il a aussi recruté 8 chercheurs accomplis comme adjoints invités, portant leur nombre à 22.
- ✓ L'Institut a recruté 6 scientifiques exceptionnelles à titre de boursières Emmy-Noether.
- ✓ L'Institut Périmètre a embauché 18 postdoctorants en 2014-2015 et en a recruté 17 autres pour 2015-2016.

Formation des scientifiques de l'avenir

- ✓ L'Institut Périmètre a formé 31 étudiants, provenant de 16 pays, dans le cadre du programme de maîtrise PSI (*Perimeter Scholars International* – Boursiers internationaux de l'Institut Périmètre).
- ✓ L'Institut a donné une formation avancée à 42 doctorants, en collaboration avec des universités environnantes.
- ✓ Trois anciens postdoctorants de l'IP ont obtenu des postes menant à la permanence comme professeurs d'université.

Une plaque tournante mondiale de l'interaction scientifique

- ✓ Expansion des liens avec des projets expérimentaux majeurs partout dans le monde
- ✓ Organisation de 15 conférences et ateliers, auxquels ont participé 873 scientifiques du monde entier
- ✓ Partenariat pour 8 conférences et ateliers conjoints tenus à l'Institut Périmètre, et parrainage conjoint de 11 autres rencontres scientifiques à l'extérieur de l'Institut
- ✓ Présentation de 325 exposés scientifiques
- ✓ Accueil de 450 chercheurs invités pour des recherches en collaboration et individuelles
- ✓ Diffusion par Internet des activités scientifiques de l'Institut : plus de 82 000 visiteurs de 170 pays
- ✓ Assistance et conseils pour l'initiative *Next Einstein* (le prochain Einstein) de l'Institut africain des sciences mathématiques (AIMS-NEI)

Une source d'inspiration par la diffusion de connaissances

- ✓ Programmes et ressources pédagogiques qui ont bénéficié à plus de 1 million d'élèves cette année, pour un total de plus de 5 millions d'élèves à ce jour
- ✓ Création de 3 nouveaux modules d'enseignement, intitulés *Black Holes* (Trous noirs), *The Physics of Innovation* (La physique de l'innovation) et *Contemporary Physics* (Physique contemporaine)
- ✓ Conclusion d'un partenariat avec Chalk.com pour rendre les ressources pédagogiques de l'Institut accessibles à plus de 100 000 enseignants dans le monde
- ✓ Lancement de la planification et de la stratégie en vue de *Canada 150*, grande célébration nationale dont l'Institut Périmètre dirigera le pilier Innovation
- ✓ Tenue de la 13^e École d'été internationale pour jeunes physiciens et physiciennes (ISSYP) et organisation de 18 exposés *Physica Phantastica* – pour plus de 2 400 élèves de toutes les régions du Canada
- ✓ Tenue d'un atelier d'été intensif *EinsteinPlus* pour 45 enseignants du monde entier

- ✓ Présentation de 130 ateliers à plus de 3 000 enseignants au Canada et à l'étranger, pour le bénéfice de plus de 225 000 élèves
- ✓ Augmentation substantielle des communications numériques et dans les médias sociaux, ainsi que de leur impact
- ✓ Présence importante dans des médias canadiens et étrangers, dont *Nature*, *The Globe and Mail*, *Wired*, et bien d'autres
- ✓ Présentation à guichets fermés de 8 conférences publiques, commanditées par la Financière Sun Life, également suivies par un auditoire en ligne de plus en plus nombreux

Un milieu de recherche optimal

- ✓ Climat favorisant la collaboration et les échanges scientifiques, ainsi que l'égalité des sexes
- ✓ Obtention de la certification LEED Argent par le Centre Stephen-Hawking de l'Institut Périmètre
- ✓ Amélioration des systèmes informatiques de l'Institut Périmètre

Un partenariat public-privé en croissance

- ✓ Plus de 5,3 millions de dollars en nouveaux engagements de la part d'individus, d'entreprises et de fondations
- ✓ Croissance de la sensibilisation et des dons au Cercle Emmy-Noether, qui offre un soutien spécifique aux femmes en physique
- ✓ Collaboration avec des partenaires de tous les paliers de gouvernement, afin de fournir des idées et des conseils sur des politiques publiques en matière scientifique
- ✓ Rôle de catalyseur pour le nouvel écosystème de la *Quantum Valley*

Énoncé des objectifs pour 2014-2015

- Objectif n° 1 : Réaliser des découvertes de classe mondiale.
- Objectif n° 2 : Devenir la résidence de recherche d'une masse critique des plus grands physiciens théoriciens au monde.
- Objectif n° 3 : Devenir un incubateur des talents les plus prometteurs.
- Objectif n° 4 : Devenir la seconde résidence de recherche de plusieurs grands théoriciens du monde.
- Objectif n° 5 : Constituer une plaque tournante d'un réseau mondial de centres de physique théorique et de mathématiques.
- Objectif n° 6 : Renforcer le rôle de l'Institut Périmètre comme centre de convergence pour la recherche en physique fondamentale au Canada.
- Objectif n° 7 : Organiser des conférences, ateliers, cours et séminaires ciblés et opportuns.
- Objectif n° 8 : Mener une action de diffusion des connaissances à fort impact.
- Objectif n° 9 : Créer l'environnement et l'infrastructure les meilleurs au monde pour la recherche, la formation et la diffusion des connaissances en physique théorique.
- Objectif n° 10 : Continuer d'exploiter le modèle de financement public-privé qui a fait ses preuves à l'Institut Périmètre.

Objectif n° 1 : Réaliser des découvertes de classe mondiale



Résumé des réalisations

- Recherche fondamentale de pointe, qui s'est traduite par 365 articles de haut calibre⁶
- Les chercheurs de l'Institut Périmètre ont produit depuis sa création plus de 3 400 articles, parus dans plus de 170 revues spécialisées et qui ont fait à ce jour l'objet de plus de 115 000 citations. Cela témoigne de l'importance et de l'impact à long terme de la recherche effectuée à l'Institut⁷.

⁶ Ces chiffres correspondent à la période allant du 1^{er} août 2014 au 31 juillet 2015. Chaque publication n'a été comptée qu'une seule fois, quel que soit le nombre de chercheurs de l'Institut Périmètre qui y ont collaboré.

⁷ Ces données sont tirées des bases de données *Google Scholar* et *Spines*.

Points saillants

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 encore confectionner une forme exotique de matériau quantique qui pourrait servir dans des ordinateurs quantiques.

La théorie de l'évolution (quantique)

Pendant des décennies, les physiciens ont pensé que les propriétés quantiques ne se manifestaient qu'aux échelles microscopiques ou dans des systèmes très froids. En effet, des phénomènes quantiques tels que la superposition et l'intrication s'annulent généralement lorsque de grands systèmes atteignent un équilibre thermique – résultat d'un processus appelé *thermalisation*.

En pratique, la thermalisation survient si rapidement qu'on n'avait pas beaucoup besoin de comprendre comment les systèmes quantiques évoluent. Dans le passé, des chercheurs ont même pu dire que les systèmes quantiques n'évoluent pas, mais qu'ils disparaissent tout simplement.

Mais tout cela a changé, parce que des chercheurs ont découvert une classe de systèmes qui ne se thermalisent pas. Dans ces systèmes, dits *systèmes localisés à N corps*, des effets quantiques sont observables et évoluent de manière dynamique pendant une longue période dans des systèmes qui comportent un grand nombre de particules. Cela met à l'avant-plan le problème de l'évolution des systèmes quantiques. Le comportement étrange de ces systèmes peut jouer un rôle important, et même être utile, dans la conception de diverses technologies quantiques.

Des chercheurs de l'Institut Périmètre ont récemment franchi certaines des premières étapes majeures dans l'exploration des lois qui régissent la dynamique des systèmes quantiques à N corps.

Le professeur **Dmitry Abanin**, le postdoctorant **Zlatko Papić** et **Maksym Serbyn** (étudiant diplômé au MIT et scientifique invité à l'Institut Périmètre) élaborent de nouvelles lois de la dynamique de systèmes quantiques à N corps, qui peuvent remplacer les lois traditionnelles de la mécanique statistique. Il s'agit d'un résultat général qui peut s'appliquer à tout système expérimental quantique à N corps fortement désordonné – une sorte de nouveau livre de règles pour l'étude d'une vaste classe de systèmes.

Cet ambitieux programme de recherche est en marche depuis plusieurs années. Il a exercé une influence remarquable et a amené plusieurs groupes de recherche à s'intéresser à la localisation dans des systèmes à N corps.

Au cours de la dernière année, MM. Abanin et Papić ont travaillé avec un certain nombre d'autres chercheurs pour pousser ces idées encore plus loin. Certains de leurs récents articles font progresser des questions très peu étudiées sur le phénomène de localisation dans des systèmes à N corps, comme celle de savoir si elle peut se produire dans des systèmes sans désordre.

C'est une étape importante vers le saut quantique dont nous avons besoin.

Références

D.A. ABANIN (Institut Péricimètre), W. DE ROECK (Université de Louvain) et F. HUVENEERS (Université Paris Dauphine). *A theory of many-body localization in periodically driven systems*, arXiv:1412.4752.

Z. PAPIĆ (Institut Péricimètre et Institut d'informatique quantique de l'Université de Waterloo), E.M. SToudenMIRE (Institut Péricimètre) et D.A. ABANIN (Institut Péricimètre et Institut d'informatique quantique de l'Université de Waterloo). *Is Many-Body Localization Possible in the Absence of Disorder?*, arXiv:1501.00477.

La mer la plus froide

Le froid est quantique.

À de très basses températures, dans de nombreux systèmes tels que les supraconducteurs et les suprafluides, les particules semblent perdre leur identité individuelle et être régies par une seule fonction d'onde quantique. C'est comme si des étangs séparés se réunissaient pour former un océan. Le système ultrafroid devient un outil d'exploration des lois fondamentales de la nature.

Juan Carrasquilla, postdoctorant à l'Institut Péricimètre, travaille avec une équipe d'expérimentateurs basée à l'Université d'État de Pennsylvanie sur une nouvelle technique qui permet de repousser la limite inférieure du froid. Cette technique s'appelle la distillation quantique : l'évaporation sélective d'atomes qui sont dans des états précis, à partir d'un nuage ultrafroid d'atomes.

L'objectif de ces chercheurs était double : observer le phénomène de la distillation quantique, ce qui n'avait jamais été fait auparavant, et s'en servir pour créer ce qu'ils ont appelé une « mer de doublons ».

Leur méthode consiste à projeter un treillis de rayons laser à travers le gaz froid, emprisonnant les atomes dans un cristal de lumière. Chaque espace du treillis est occupé par un ou deux atomes, plus rarement trois – ou, dans le langage de la matière condensée, par des singlons, des doublons et des triplons. Le processus de distillation quantique consiste à faire évaporer les singlons, afin de ne conserver que des doublons.

Les chercheurs ont réussi à observer une distillation quantique, mais la mer pure de doublons qu'ils espéraient créer contenait encore quelques singlons. Ce n'est toutefois pas un échec, car l'importance réelle de ces travaux réside dans le fait qu'ils constituent une démonstration de principe : les chercheurs

ont montré que ce nouveau processus de distillation quantique fonctionne et qu'il a le potentiel de créer des états d'entropie extrêmement faible.

Ces travaux constituent une bonne démonstration de la manière dont des théoriciens et des expérimentateurs travaillent de concert dans des domaines comme celui des matériaux quantiques. L'idée de distillation quantique a d'abord été proposée en théorie. Les chercheurs ont conçu une expérience pour en vérifier la faisabilité, mais ils ont eu besoin d'un théoricien – Juan Carrasquilla – pour construire une simulation numérique du système.

Comme dans le cas des travaux de Dmitry Abanin et de Zlatko Papić (voir plus haut), le but ultime de ces recherches est d'aborder des questions générales de dynamique quantique dans des états de non-équilibre – l'une des limites les plus passionnantes de la compréhension du comportement de la matière quantique.

Référence

L. XIA (Université d'État de Pennsylvanie), L.A. ZUNDEL (Université d'État de Pennsylvanie), J. CARRASQUILLA (Institut Périmètre et Université d'État de Pennsylvanie), A. REINHARD (Université d'État de Pennsylvanie), J.M. WILSON (Université d'État de Pennsylvanie), M. RIGOL (Université d'État de Pennsylvanie) et D.S. WEISS (Université d'État de Pennsylvanie). « Quantum distillation and confinement of vacancies in a doublon sea », *Nature Physics*, vol. 11, 2015, p. 316-320, arXiv:1409.2882.

Cosmologie

Les cosmologistes de l'Institut Périmètre cherchent à comprendre la composition et la structure de l'univers, de même que les règles qui régissent ses origines et son évolution. Beaucoup des indices les plus intéressants concernant la physique au-delà du modèle standard viennent d'observations cosmologiques portant sur des échelles de longueur, de temps et d'énergie inaccessibles dans des laboratoires terrestres. La cosmologie est intrinsèquement liée à d'autres domaines de recherche de l'Institut Périmètre, dont la physique des particules, la théorie quantique des champs et la théorie des cordes, de même que la gravité forte.

À l'aube d'une ère nouvelle

La cosmologie est le domaine des questions ultimes : Comment l'univers a-t-il commencé? Comment a-t-il évolué? Vers quoi s'en va-t-il? Ces questions, parmi les plus anciennes et les plus profondes de l'humanité, sont au centre des préoccupations en cosmologie.

À cela s'ajoutent des questions plus récentes : Comment modéliser le Big Bang? Qu'est-ce que la matière sombre, indispensable pour expliquer pourquoi les amas de galaxies ne volent pas en éclats? Qu'est-ce que l'énergie sombre, cette chose mystérieuse à l'origine de l'expansion accélérée de notre univers?

Jusqu'à récemment, les réponses à ces questions étaient hors de notre portée. Mais avec les nouveaux outils disponibles pour sonder ces mystères, la cosmologie vient d'entrer dans un âge d'or.

Ces outils comprennent l'expérience WMAP (*Wilkinson Microwave Anisotropy Probe* – Sonde d'anisotropie de micro-onde de Wilkinson), qui a permis de cartographier le rayonnement fossile (ou fonds diffus cosmologique), reliquat du Big Bang. Sur cette base, le satellite Planck de l'Agence spatiale européenne a fourni au début de 2015 les meilleures cartes complètes de l'univers jamais produites. Des cosmologistes de l'Institut Périmètre font partie des grandes équipes qui analysent ces données en vue d'une meilleure compréhension de notre cosmos.

L'un de ces chercheurs est **Kendrick Smith**, qui dirige des études sur les perturbations primordiales de densité. Avec Leonardo Senatore et **Matias Zaldarriaga**, actuellement titulaire d'une chaire de chercheur invité distingué de l'Institut Périmètre, il a écrit 2 articles marquants publiés en 2009. Dans cet article, les auteurs expliquent comment ils ont utilisé les 5 années de données disponibles de l'expérience WMAP pour vérifier si les mesures du rayonnement fossile sont « gaussiennes » – autrement dit, si les données de température forment une courbe lisse.

Depuis une décennie, l'un des principaux objectifs de la cosmologie consiste à mesurer le caractère non gaussien des perturbations primordiales de densité. En effet, si ces perturbations sont non gaussiennes, les cosmologistes devraient revoir le concept d'inflation cosmique, ou cette inflation serait peut-être plus complexe que ce qu'ils croyaient.

Récemment, Kendrick Smith a joué un rôle central dans l'analyse des données de 2013 et 2015 du satellite Planck pour montrer, avec une précision sans précédent, que les conditions cosmologiques initiales semblent avoir été parfaitement gaussiennes, et qu'il n'y a jusqu'à maintenant aucun signe de leur éventuel caractère non-gaussien.

Ces résultats constituent un progrès important dans notre compréhension de l'univers primitif, ainsi qu'une nouvelle contrainte fondamentale en cosmologie théorique.

Référence

K. SMITH (Institut Périmètre) *et al.* *Planck 2015 Results. XVII. Constraints on primordial non-Gaussianity*, arXiv: 1502.01592.

Solutions nouvelles en cosmologie

Les cosmologistes mettent en général l'accent sur la compréhension de la physique et de l'évolution de l'univers depuis peu après le Big Bang jusqu'à nos jours.

Même si le modèle du Big Bang peut expliquer l'expansion de l'univers, son refroidissement ainsi que la production des galaxies et des étoiles que nous voyons aujourd'hui, le problème est que les équations échouent dans le passé très lointain à une singularité, où la densité, la température et la courbure de l'univers deviennent infinies.

Cela nous empêche de comprendre la nature du Big Bang. Les questions les plus fondamentales de la cosmologie demeurent donc grandes ouvertes : L'univers a-t-il vraiment commencé avec le Big Bang? Si oui, comment et pourquoi? Sinon, qu'en est-il vraiment?

Depuis quelques années, **Paul Steinhardt**, titulaire de la chaire Richard-P.-Feynman de physique théorique, et **Neil Turok**, directeur de l'Institut Périmètre, s'attaquent à ces questions sous différents angles. En proposant une modification de la gravité avec davantage de symétries, ils arrivent à maîtriser la singularité du Big Bang.

Dans une récente série d'articles, les 2 chercheurs révèlent un ensemble d'idées et phénomènes cosmologiques nouveaux inhérents à leur modèle, dont de nouvelles solutions cosmologiques dans lesquelles un univers en contraction passe par une phase exotique d'anti-gravité avant de commencer une nouvelle expansion.

Dans des travaux plus récents, ils suivent aussi l'évolution quantique de l'univers au cours d'une contraction puis d'une nouvelle expansion, avec le franchissement harmonieux de la singularité.

Ces recherches donnent à penser que les physiciens pourraient fort bien comprendre un jour le Big Bang et répondre aux questions les plus fondamentales sur le commencement de l'univers.

Références

I. BARS (Université de la Californie du Sud), P. STEINHARDT (Université de Princeton) et N. TUROK (Institut Péricimètre). « Local Conformal Symmetry in Physics and Cosmology », *Physical Review D*, vol. 89, 2014, article n° 043515, arXiv:1307.1848.

S. GIELEN (Collège impérial de Londres) et N. TUROK (Institut Péricimètre). *A Perfect Bounce*, arXiv:1510.00699.

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.

Des physiciens tissent une toile pour les mathématiques

L'année 2015 a vu une contribution majeure dans le domaine de la physique mathématique : la publication d'un imposant article de 400 pages par **Davide Gaiotto**, titulaire de la chaire Fondation-Krembil-Galilée de physique théorique de l'Institut Périclète, avec Gregory Moore et Edward Witten. Cet article réunit un certain nombre d'outils de mathématiques avancées et de théorie des cordes pour analyser la structure de théories des champs massifs bidimensionnels.

Avec la supersymétrie, proposée comme solution de mystères à la fois cosmiques et subatomiques de la physique, ces théories sont importantes en symétrie bilatérale, qui joue un rôle central dans les recherches actuelles en géométrie.

La symétrie bilatérale est également fondamentale pour comprendre certains aspects de la théorie quantique des champs, langage qui décrit toutes les interactions de N corps dans la nature, par exemple les interactions de particules dans un collisionneur.

Dans leur article, les auteurs ébauchent des manières d'appliquer la théorie qu'ils développent (la théorie des tissus) à des objets d'intérêt dans les recherches actuelles en mathématiques. Ces travaux illustrent l'impact important des chercheurs de l'Institut Périclète sur les mathématiques.

Référence

D. GAIOTTO (Institut Périclète), G. MOORE (Université Rutgers) et E. WITTEN (Institut d'études avancées de Princeton). *Algebra of the Infrared: String Field Theoretic Structures in Massive $N=(2,2)$ Field Theory In Two Dimensions*, arXiv:1506.04087.

Amélioration de la géométrie de Connes

À la fin des années 1970, le grand mathématicien français Alain Connes a élaboré une branche des mathématiques appelée *géométrie non commutative*, cadre dans lequel le modèle standard de la physique des particules, combiné à la gravité d'Einstein, pourrait être reformulé de manière élégante.

En 2014, **Latham Boyle**, professeur à l'Institut Périmètre, a découvert une manière de simplifier et de généraliser le principe de Connes, et d'en faire ainsi un outil permettant de construire de nouveaux modèles unifiés de la physique des particules.

L'innovation de Latham Boyle résout un certain nombre de questions ouvertes dans la formulation originale de la proposition de Connes, lui donnant un pouvoir prédictif potentiel plus grand.

Il s'agit d'un cas inhabituel où un physicien améliore un cadre mathématique – le genre d'interaction fructueuse entre domaines que l'Institut Périmètre cherche à encourager avec l'importance plus grande qu'il accorde depuis quelque temps à la physique mathématique.

Référence

S. FARNSWORTH (Institut Périmètre) et L. BOYLE (Institut Périmètre). « Rethinking Connes' approach to the standard model of particle physics via non-commutative geometry », *New Journal of Physics*, vol. 17, 2015, article n° 023021, arXiv:1408.5367.

Physique des particules

La physique des particules explore les constituants de la nature et leurs interactions au niveau le plus fondamental. Elle a donc des liens étroits avec la théorie des cordes, la gravitation quantique et la cosmologie. À l'Institut Périmètre, les physiciens des particules comparent souvent des idées théoriques avec des observations astrophysiques et des expériences menées sur terre, par exemple au grand collisionneur de hadrons, et étudient comment ces résultats peuvent nous aider à définir la physique au-delà du modèle standard.

Des horloges à la recherche de matière sombre

Les physiciens et les astronomes sont maintenant relativement convaincus de l'existence de la matière sombre. En se fondant sur la manière dont ils peuvent prédire son regroupement et détecter ses effets gravitationnels à grande échelle, ils en déduisent qu'elle constitue environ un quart de tout ce que contient l'univers.

Par contre, la véritable nature de la matière sombre demeure l'une des questions les plus épineuses de la physique, car cette matière n'interagit pas avec nous d'une manière que nous puissions normalement mesurer. Une bonne partie des recherches menées à l'Institut Périmètre en physique des particules vise à comprendre la nature réelle de cette matière abondante mais insaisissable.

La matière sombre est-elle formée de particules? Si oui, sont-elles petites ou grosses, légères ou lourdes? Et si la matière sombre ne ressemblait pas du tout à nos conceptions traditionnelles de la matière?

Dans un article publié dans la revue *Nature Physics*, **Maxim Pospelov**, professeur associé à l'Institut Périmètre, et son collaborateur Andrei Derevianko, de l'Université du Nevada, abordent cette possibilité. Au lieu d'être constituée de particules, la matière sombre pourrait-elle être formée de structures stables dans un champ envahissant tout l'espace-temps?

Imaginez un champ comportant des fissures, comme une vitre de sécurité fissurée. Le champ lui-même pourrait être indétectable, tout comme un verre parfaitement clair est invisible. Mais les fissures contenues dans le champ sont différentes. De la même manière que l'on peut voir les fissures dans une vitre, on pourrait peut-être détecter les fissures présentes dans le champ.

Selon les chercheurs, nous pourrions peut-être détecter ces fissures à l'aide d'instruments que nous possédons déjà : horloges atomiques, interféromètres laser, détecteurs d'ondes gravitationnelles.

Cette façon d'aborder la matière sombre est décrite par le terme *matière sombre topologique*, et les fissures elles-mêmes sont qualifiées de *défauts topologiques*. On peut considérer ces défauts topologiques comme une toile de fond stationnaire de l'univers, et imaginer que la Terre heurte cette toile à une vitesse d'environ 300 kilomètres par seconde.

Selon MM. Pospelov et Derevianko, lorsqu'une horloge atomique traverse un défaut topologique, elle pourrait ralentir ou accélérer, selon la nature de l'interaction qui survient. Si l'on disposait d'un réseau

d'horloges atomiques, la traversée d'un défaut topologique se traduirait par une onde de tels ralentissements ou accélérations, qui devrait être détectable.

Les chercheurs ont calculé que la traversée d'un défaut topologique de matière sombre par les satellites qui entourent la Terre entraînerait un défaut caractéristique de synchronisation des horloges du système GPS sur une durée d'environ 3 minutes.

Référence

A. DEREVIANKO (Université du Nevada) et M. POSPELOV (Institut Périmètre et Université de Victoria). « Hunting for topological dark matter with atomic clocks », *Nature Physics*, vol. 10, 2014, p. 933-936, doi:10.1038/nphys3137, arXiv:1311.1244.

Un atome gravitationnel céleste

Si la matière sombre est formée de particules, la question est de savoir quel genre de particule – et ce n'est pas une question anodine.

Asimina Arvanitaki, physicienne théoricienne des particules et professeure à l'Institut Périmètre, a récemment exploré un scénario selon lequel les trous noirs pourraient nous donner des indices sur la nature de la matière sombre.

Son raisonnement est le suivant : supposons que la taille d'une particule – ou, techniquement parlant, sa longueur d'onde de Compton – soit de l'ordre de celle d'un trou noir; une telle particule peut être confinée par l'intense gravité du trou noir, entraînée par son espace-temps en rotation dans une sorte d'état rigide, selon le processus de Penrose. La description théorique de ce processus est due à Roger Penrose, l'un des pionniers de l'astrophysique.

Liés l'un à l'autre par le processus de Penrose, la particule et le trou noir deviennent ce qu'Asimina Arvanitaki appelle « un atome gravitationnel céleste » [traduction]. Cette notion introduit des possibilités fascinantes dans la recherche des constituants élémentaires de la nature, y compris la matière sombre.

Alors que les forces incroyables du trou noir font des ravages dans l'espace-temps environnant, un processus dit de *superradiance* entraîne une augmentation très rapide – en fait exponentielle – du nombre de particules en orbite autour du trou noir, ce qui a pour effet de diminuer l'énergie et le moment angulaire du trou noir.

Des particules peuvent passer d'un état d'énergie à un autre, produisant des gravitons (tout comme les transitions entre états d'énergie des électrons d'un atome peuvent produire des photons – processus à l'origine du fonctionnement des lasers). Des paires de particules peuvent aussi s'annihiler, se transformant en une paire de gravitons – dont l'un est absorbé par le trou noir alors que l'autre s'en

échappe. Les deux phénomènes produisent un signal qui peut être détecté de la Terre : des ondes gravitationnelles.

Asimina Arvanitaki croit que ce processus pourrait permettre aux chercheurs de diagnostiquer la présence d'une particule appelée *axion*, particule élémentaire hypothétique considérée par plusieurs comme candidate possible pour la matière sombre.

Référence

A. ARVANITAKI (Institut Périmètre), M. BARYAKHTAR (Université Stanford) et X. HUANG (Université Stanford).
« Discovering the QCD Axion with Black Holes and Gravitational Waves », *Physical Review D*, vol. 91, 2015, article n° 084011, arXiv:1411.2263.

Théorie quantique des champs et théorie des cordes

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

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

Simplifier le chaos ultrachaud

Dans la matière ordinaire, les quarks ne sont jamais isolés. Ils sont toujours très fortement liés entre eux par des gluons au sein de particules plus grosses, comme des protons et des neutrons. Mais dans des conditions extrêmes, ces particules peuvent « fondre », formant un plasma ultrachaud, dans lesquels les quarks et les gluons se déplacent librement.

C'est ce que l'on appelle un plasma quark-gluon, ou PQG. On croit qu'un tel plasma a existé dans les premiers moments suivant le Big Bang. Et on le reproduit dans les petits bangs créés dans nos collisionneurs de particules qui ont la plus grande intensité.

Les minuscules gouttelettes de PQG produites par les collisionneurs ne durent qu'un instant. Comme des boules de feu incroyablement chaudes, elles prennent de l'expansion et refroidissent rapidement pour devenir de la matière ordinaire. Mais on ne comprend pas bien les détails de cette expansion. Le système est initialement loin d'un état d'équilibre, et sa modélisation exige des calculs extrêmement complexes.

Michal P. Heller, postdoctorant à l'Institut Périmètre, tente de simplifier ces calculs. Ses travaux font appel à deux domaines différents – l'hydrodynamique et la théorie des cordes.

Le modèle standard des expériences sur le plasma fait appel à l'hydrodynamique relativiste, théorie semblable à celle qui décrit le mouvement de l'eau, mais en intégrant la relativité restreinte. (Un PQG et ses constituants microscopiques se déplacent à de grandes vitesses, où les effets relativistes deviennent importants.)

Certains chercheurs, dont M. Heller, simplifient le problème à l'aide d'un truc de la théorie des cordes : ils assimilent le relâchement de la « boule de feu » de PQG à un trou noir qui atteint l'équilibre dans un espace hypothétique à 5 dimensions.

Mais les calculs faisant intervenir les équations d'Einstein dans un espace à 5 dimensions sont encore très complexes. M. Heller a poussé l'idée plus loin et simplifié les choses, en mettant au point une manière d'incorporer une partie de ces calculs dans une description à 4 dimensions combinée à des équations d'hydrodynamique conventionnelle.

Les méthodes expérimentales et théoriques actuelles ne sont pas assez précises pour saisir et analyser en détail l'évolution des boules de feu de PQG, mais les travaux de Michal P. Heller constituent un pas dans cette direction. Cela pourrait un jour permettre de mieux comprendre ce qui se passe après les petits bangs qui surviennent dans les collisionneurs de hadrons – et ce qui s'est passé après le Big Bang au commencement de l'univers.

Référence

M.P. HELLER (Institut Péricimètre, Université d'Amsterdam et Centre national de recherche nucléaire de Pologne), R.A. JANIK (Université jagellonne), M. SPALIŃSKI (Université de Białystok et Centre national de recherche nucléaire de Pologne) et P. WITASZCZYK (Université jagellonne). « Coupling Hydrodynamics to Nonequilibrium Degrees of Freedom in Strongly Interacting Quark-Gluon Plasma », *Physical Review Letters*, vol. 113, 2014, article n° 261601, arXiv:1409.5087.

Compléter la courtepoinTE

L'une des questions les plus fondamentales en théorie des cordes est de savoir ce qui se passe lorsque des cordes entrent en interaction. Une manière fructueuse de s'attaquer à cette question consiste à la transformer en un problème de topologie. Imaginons par exemple une corde fermée simple – c'est-à-dire une minuscule boucle d'énergie qui vibre. Tout comme un point se déplaçant dans l'espace trace une ligne droite ou courbe, cette corde se déplaçant dans l'espace trace un cylindre – une sorte de paille pour boire. Dans le langage de la théorie des cordes, cette surface s'appelle la feuille d'univers de la corde.

Lorsque la corde commence à interagir avec d'autres cordes et avec son environnement, elle crée des objets topologiques plus complexes – des feuilles d'univers plus complexes –, qui exigent bien entendu des calculs plus complexes.

Pedro Vieira, professeur à l'Institut Péricimètre, a entrepris un ambitieux projet de recherche à long terme dans le but de simplifier ces calculs, permettant d'espérer pour la première fois la résolution d'interactions entre cordes. De nombreux collaborateurs se sont joints à lui pour ce projet, dont plus récemment les doctorants **Lucia Cordova** et **Joao Caetano**, ainsi que les postdoctorants **Benjamin Basso**, **Shota Komatsu** et **Amit Sever**, tous de l'Institut Péricimètre.

La base de cette recherche consiste en premier lieu à apprendre à décomposer les objets topologiques complexes en composantes plus simples, puis à les remettre ensemble – comme pour fabriquer une courtepoinTE. Les chercheurs ont appris à découper les objets topologiques décrivant des cordes fermées (ou boucles) en hexagones et les cordes ouvertes en pentagones. Ils ont ensuite mis au point

les outils mathématiques qui permettent de recoudre ces pièces ensemble, créant ainsi des feuilles d'univers arbitrairement grandes et complexes.

Il y a toujours eu un risque que ce programme échoue à la dernière minute – que le comportement des feuilles d'univers aux endroits où elles sont mathématiquement découpées et recousues soit trop complexe pour pouvoir être traité. Mais le programme de recherche a franchi cette année une étape majeure, et les diverses pièces ont enfin été rassemblées.

Il s'agit d'un résultat important, qui pourrait bien avoir des répercussions à long terme tant sur la théorie des cordes que sur la physique des particules.

Références

B. BASSO (École normale supérieure de Paris), J. CAETANO (Institut Périmètre, Université de Waterloo, Collège royal de Londres et Université de Porto), L. CORDOVA (Institut Périmètre et Université de Waterloo), A. SEVER (Université de Tel Aviv) et P. VIEIRA (Institut Périmètre). « OPE for all Helicity Amplitudes », *Journal of High Energy Physics*, vol. 2015, n° 8, article n° 018, arXiv:1412.1132.

B. BASSO (École normale supérieure de Paris et Institut sud-américain de recherche fondamentale de l'ICTP), S. KOMATSU (Institut Périmètre et Institut sud-américain de recherche fondamentale de l'ICTP) et P. VIEIRA (Institut Périmètre et Institut sud-américain de recherche fondamentale de l'ICTP). *Structure Constants and Integrable Bootstrap in Planar N=4 SYM Theory*, arXiv:1505.06745.

B. BASSO (École normale supérieure de Paris et Institut sud-américain de recherche fondamentale de l'ICTP), J. CAETANO (Institut Périmètre, Université de Waterloo, Collège royal de Londres, Université de Porto et Institut sud-américain de recherche fondamentale de l'ICTP), L. CORDOVA (Institut Périmètre, Université de Waterloo et Institut sud-américain de recherche fondamentale de l'ICTP), A. SEVER (Université de Tel Aviv) et P. VIEIRA (Institut Périmètre et Institut sud-américain de recherche fondamentale de l'ICTP). *OPE for all Helicity Amplitudes II. Form Factors and Data analysis*, arXiv:1508.02987.

Fondements quantiques

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

Cause et effet dans le monde quantique

Corrélation n'implique pas causalité. Cet avertissement est inculqué dans la tête des scientifiques comme dans celle des statisticiens. Si vous avez 2 variables, A et B, dont les valeurs semblent augmenter et diminuer ensemble, cela ne signifie pas nécessairement que A entraîne B ou que B entraîne A. Les 2 variables pourraient tout simplement avoir une cause commune. À moins de pouvoir réaliser une expérience sur le système, il est impossible de déduire une relation de cause à effet à partir d'une relation de cause commune. D'où l'avertissement.

Mais cet avertissement doit maintenant être mis à jour. De récentes recherches effectuées à l'Institut Périmètre et à l'Institut d'informatique quantique montrent que, dans un monde quantique, certains types de corrélations peuvent entraîner une relation de causalité.

Ces recherches sont à la fois théoriques et expérimentales. **Robert Spekkens**, professeur à l'Institut Périmètre et la doctorante **Katja Ried** ont travaillé avec Dominik Janzing, scientifique à l'Institut Max-Planck, sur l'aspect théorique. Ils ont considéré le cas où un observateur mesure 2 variables quantiques – p. ex. les propriétés de polarisation de 2 photons – à 2 moments différents. L'observateur ne sait pas s'il regarde le même photon 2 fois (et donc mesure une relation de cause à effet) ou s'il regarde 2 photons intriqués (et donc mesure une relation issue de causes communes). L'idée cruciale des théoriciens est que, selon la physique quantique, les corrélations observées dans le cas d'une relation de cause à effet ont un comportement différent des corrélations observées dans le cas d'une cause commune, ce qui permet de distinguer les 2 scénarios.

La théorie est devenue réalité à l'Institut d'informatique quantique, où le groupe de Kevin Resch a construit un circuit où l'expérimentateur lui-même ne connaît pas la nature de la relation de causalité. Exactement comme les théoriciens l'avaient prédit, les comportements de corrélation ont révélé de quel type de structure causale il s'agissait.

La morale de l'histoire est que corrélation n'implique pas causalité, sauf dans le monde quantique. Cette découverte est importante en physique fondamentale tout en ayant un potentiel d'applications à la technologie quantique.

Référence

K. RIED (Institut Périmètre et Institut d'informatique quantique de l'Université de Waterloo), M. AGNEW (Institut d'informatique quantique de l'Université de Waterloo), L. VERMEYDEN (Institut d'informatique quantique de l'Université de Waterloo), D. JANZING (Institut Max-Planck sur les systèmes intelligents), R.W. SPEKKENS (Institut Périmètre) et K.J. RESCH (Institut d'informatique quantique de l'Université de Waterloo). « A quantum advantage for inferring causal structure », *Nature Physics*, vol. 11, 2015, p. 414-420, doi:10.1038/nphys3266.

Remise en question des valeurs faibles

Selon de nouvelles recherches effectuées par **Joshua Combes**, postdoctorant à l'Institut Périmètre, et Chris Ferrie, de l'Université du Nouveau-Mexique, une technique utilisée pour sonder les systèmes quantiques pourrait ne pas être si quantique.

La technique en question, dite « des mesures faibles », fonctionne un peu comme suit. Supposons que l'on veuille mesurer le [spin](#) de certaines particules. On prépare les particules dans un état particulier, par exemple celles qui ont le spin « vers le haut », en écartant les données des particules dont le spin est « vers le bas ». C'est ce que l'on appelle la *présélection*. Plus tard, on détecte les particules qui sont dans un état final donné, écartant à nouveau celles qui ne sont pas dans l'état voulu. C'est la *postsélection*.

On effectue également une mesure entre les états initial et final. Pour minimiser les perturbations que cette mesure entraîne pour le système, on mesure le spin aussi délicatement – ou faiblement – que possible.

En combinant présélection, postsélection et mesure faible, on obtient un résultat inattendu, comme en témoigne le titre d'un article phare de **Yakir Aharonov** (maintenant titulaire d'une chaire de chercheur invité distingué de l'Institut Périmètre) *et al.*, publié en 1988 : *How the measurement of a component of the spin of a spin-½ particle can turn out to be 100* (Comment la mesure d'une composante du spin d'une particule dont le spin est ½ peut donner un résultat égal à 100). Ce résultat étrange – une mesure dont la valeur devrait être de +½ ou -½ donne en fait 100 – s'appelle une « mesure faible », et l'on croit qu'il ouvre une nouvelle fenêtre importante sur le monde quantique.

Mais des valeurs faibles pourraient-elles avoir un analogue purement classique? C'est la question à laquelle Joshua Combes et Christopher Ferrie ont entrepris de répondre.

Alors que Yakir Aharonov *et al.* considéraient des particules dotées de spin, MM. Combes et Ferrie ont pris l'exemple du tirage de pièces à pile ou face. En combinant les mêmes règles de présélection, de postsélection et de mesure faible, ils ont reproduit l'obtention de valeurs faibles – même si les pièces de monnaie ne sont évidemment pas quantiques. Dans ce cas, la « valeur faible » est un artefact de statistiques classiques et de perturbations classiques. Les chercheurs ont intitulé leur article *How the result of a single coin toss can turn out to be 100 heads* (Comment un seul tirage à pile ou face peut donner 100 fois face).

Cet article provocateur a suscité 6 commentaires officiels de réfutation et un article connexe de **Matthew Pusey**, postdoctorant à l'Institut Péricimètre.

Référence

C. FERRIE (Université du Nouveau-Mexique) et J. COMBES (Institut Péricimètre et Université du Nouveau-Mexique). « How the Result of a Single Coin Toss Can Turn Out to be 100 Heads », *Physical Review Letters*, vol. 113, 2014, article n° 120404.

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 Périmètre 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.

Le temps d'abord

Il est omniprésent, mais insaisissable. Il définit tout, mais demeure indéfinissable. C'est le temps.

Le temps est une question épineuse pour bien des penseurs, mais c'est probablement chez les physiciens qu'il suscite le plus de controverse. **Lee Smolin**, professeur à l'Institut Périmètre, et sa collaboratrice Marina Cortês tentent de comprendre le temps, proposant une nouvelle classe de modèles de l'espace-temps quantique fondés sur l'ajout de l'énergie et du moment à des ensembles causaux. (Ces travaux sont liés à des travaux précédents sur les modèles d'ensembles causaux effectués par **Rafael Sorkin** et **Cohl Furey**, chercheurs à l'Institut Périmètre.)

M. Smolin et Mme Cortês sont partis de l'hypothèse que le temps est à la fois fondamental et irréversible – affirmation audacieuse si l'on considère que, pour la plupart des physiciens, le temps est une propriété qui « émerge » comme conséquence découlant de lois physiques plus fondamentales. La causalité résulte directement de cette irréversibilité; le futur est continuellement créé à partir du présent par l'activité du temps. L'énergie et le moment sont également des propriétés fondamentales; l'espace-temps émerge grâce à l'activité du temps – une fois de plus à l'encontre des théories dominantes. Tout événement possède une « empreinte » qui lui est propre : la somme unique des événements qui l'ont précédé et aucun autre.

Ces propriétés fondamentales résultent en un univers qui est aussi asymétrique que possible. Les auteurs élaborent leur théorie de manière analytique et l'illustrent par des simulations numériques d'un modèle simplifié d'univers dans lequel l'espace n'a qu'une seule dimension.

Dans 2 articles de suivi, les auteurs élaborent une version quantique du cadre d'ensembles causaux énergétiques et le relient à une méthode existante de jonction de la gravitation quantique et de l'espace-temps, appelée gravitation quantique à boucles. Le nouveau cadre proposé a des conséquences importantes pour la physique fondamentale – de fait, les auteurs font valoir qu'il faut intégrer dans la physique contemporaine la primauté et l'irréversibilité du temps. Il pourrait ultimement mener à une unification de la mécanique quantique et de la relativité – le « Graal » de la physique théorique contemporaine.

Ces travaux ont valu à leurs auteurs le nouveau grand prix Buchalter, créé « pour stimuler des recherches originales dans les secteurs de la théorie, de l'observation et de l'expérimentation en

cosmologie, qui remettent en question, étendent ou éclairent les modèles actuels, ou qui contribuent à expliquer l'expansion cosmique sur la base de principes fondamentaux » [traduction].

Références

M. CORTÈS (Institut Périmètre, Université d'Édimbourg et Université de Lisbonne) et L. SMOLIN (Institut Périmètre). « The Universe as a Process of Unique Events », *Physical Review D*, vol. 90, 2014, article n° 084007, arXiv:1307.6167.

M. CORTÈS (Institut Périmètre, Université d'Édimbourg et Université de Lisbonne) et L. SMOLIN (Institut Périmètre). « Quantum energetic causal sets », *Physical Review D*, vol. 90, 2014, article n° 044035.

M. CORTÈS (Institut Périmètre, Université d'Édimbourg et Université de Lisbonne) et L. SMOLIN (Institut Périmètre). *Spin foam models as energetic causal sets*, arXiv:1407.0032.

Un regard neuf (avec des cordes) sur l'espace-temps

Laurent Freidel, professeur à l'Institut Périmètre, a ramené la théorie des cordes à ses fondements, l'a reformulée et a révélé des implications étonnantes à propos de la nature de l'espace et du temps.

Il s'agit d'un projet de longue haleine, mené en grande partie avec la collaboration de Robert Leigh (Université de l'Illinois à Urbana-Champaign) et de Djordje Minic (Institut polytechnique et Université d'État de Virginie – Virginia Tech). Intitulé *Metastring Theory and Modular Spacetime* (Théorie des métacordes et espace-temps modulaire), l'article le plus récent de cette équipe s'ajoute à 2 articles précédents des mêmes auteurs. Ce projet consiste à appliquer à la théorie des cordes un principe récemment découvert, appelé principe de localité relative.

Ce principe de localité relative a été élaboré antérieurement par Laurent Freidel et **Lee Smolin**, également professeur à l'IP, en collaboration avec d'autres chercheurs.

Dans leur nouveau programme de recherche, MM. Freidel, Leigh et Minic appliquent à la théorie des cordes le principe de localité relative et découvrent que les cordes ne se déplacent pas dans un espace-temps classique, mais dans une nouvelle géométrie quantique qu'ils appellent *espace-temps modulaire*. Cela permet de mieux comprendre certaines symétries et dualités de la théorie des cordes en fonction d'une symétrie fondamentale de la physique quantique appelée dualité de Born, en vertu de laquelle la dynamique peut s'exprimer aussi bien dans l'espace-temps que dans l'espace des moments.

Ces travaux illustrent l'interdisciplinarité que l'Institut Périmètre cherche à encourager : Robert Leigh et Djordje Minic sont des théoriciens des cordes qui rendent régulièrement visite à l'Institut Périmètre et qui ont enseigné dans le programme PSI, alors que Laurent Freidel travaille surtout dans le domaine de la gravitation quantique.

Référence

L. FREIDEL (Institut Péricimètre), R.G. LEIGH (Université de l'Illinois à Urbana-Champaign) et D. MINIC (Institut polytechnique et Université d'État de Virginie – Virginia Tech). *Metastring Theory and Modular Space-time*, arXiv:1502.08005.

Information quantique

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

Échantillonnage dispersé de bosons

Si vous espérez obtenir simultanément 5 « face » en jouant à pile ou face, vous avez 2 possibilités : prendre 5 pièces de monnaie et les lancer jusqu'à ce que le hasard vous donne le résultat voulu, ou bien lancer un grand nombre de pièces en même temps et ne compter que celles qui donnent face.

Il s'avère que la seconde méthode est très efficace dans le cas d'un dispositif appelé échantillonneur de bosons, considéré comme un précurseur potentiel d'un ordinateur quantique.

Dans un échantillonneur de bosons, des photons sont envoyés dans un interféromètre, traversent des séparateurs de faisceau et ressortent à l'autre bout.

Pour produire les photons, les expérimentateurs font appel à l'abaissement paramétrique de fréquence (PDC pour *parametric down conversion*) pour créer des paires de photons qui se dirigent dans des directions opposées : un photon va dans l'interféromètre, et l'autre informe les scientifiques de l'existence des photons jumeaux.

Nous n'avons pas pour l'instant de moyen simple et fiable de produire sur demande des photons identiques. Pour créer 30 photons à la fois (soit suffisamment pour mener une expérience trop difficile à simuler à l'aide d'un ordinateur classique), les chercheurs pourraient devoir attendre très longtemps – des semaines, des mois ou davantage –, ce qui rend l'expérience impraticable.

En 2013, une nouvelle démarche d'« échantillonnage dispersé » a été suggérée. Tout comme le fait de lancer un grand nombre de pièces de monnaie augmente la probabilité d'obtenir 5 « face », le déclenchement simultané d'un grand nombre de PDC est susceptible de produire suffisamment de photons pour avoir une expérience valable.

Daniel Brod, postdoctorant à l'Institut Périmètre, a fait partie cette année d'une équipe internationale de théoriciens et d'expérimentateurs qui a précisément adopté cette démarche.

L'expérience d'échantillonnage dispersé de bosons effectuée au laboratoire d'optique quantique de Fabio Sciarrino à l'Université *La Sapienza* de Rome, et dont le compte rendu a été publié dans la nouvelle revue *Web Science Advances*, a permis de recueillir des données à un rythme 4,5 fois plus rapide que les échantillonneurs précédents.

« Cette méthode promet des améliorations exponentiellement plus grandes à mesure que l'ampleur de l'expérience augmente » [traduction], déclare M. Brod.

L'amélioration porte aussi sur l'un des principaux problèmes de l'échantillonnage de bosons : la dépendance à l'égard des sources de PDC. L'équipe de chercheurs a montré que même si l'on ne peut pas créer des photons sur demande, on peut en produire un nombre suffisant pour effectuer une expérience valable.

Référence

D.J. BROD (Institut Périmètre) *et al.* « Experimental scattershot boson sampling », *Science Advances*, vol. 1, 2015, n° 3, e1400255, DOI: 10.1126/sciadv.1400255.

Exploiter la décohérence quantique

Imaginez une balle de tennis bombardée par de petits trombones transparents qui viennent de tous côtés. Les trombones sont difficiles à voir, mais chaque fois qu'un trombone heurte la balle de tennis, celle-ci bouge un petit peu. Avec le temps, on peut déduire la présence des trombones même sans les voir directement, parce qu'on observe les mouvements apparemment aléatoires de va-et-vient de la balle de tennis.

Supposons maintenant que les trombones bombardent une boule de jeu de quilles. Celle-ci bougera beaucoup moins que la balle de tennis, de sorte que l'on ne pourra pas voir ses mouvements. Par contre, les trombones changent radicalement de direction lorsqu'ils heurtent la boule de quilles, et la direction dans laquelle ils rebondissent dépend de la position de la boule.

Si l'on pouvait mettre la boule de quilles dans une superposition quantique de 2 emplacements simultanés, les trombones permettraient de savoir où la boule est située, détruisant du même coup la propriété quantique de superposition de la boule et réduisant sa position à un seul emplacement.

Jess Riedel, postdoctorant à l'Institut Périmètre, a étudié ce scénario et montré que la décohérence quantique peut effectivement constituer un puissant outil de détection de particules qui seraient indétectables par des mesures purement classiques (comme les trombones transparents de l'exemple ci-dessus). Un tel processus pourrait par exemple être utile pour la détection de particules de matière sombre.

Cette recherche survient à point nommé, parce que la sensibilité de cette technique augmente rapidement avec la taille de l'objet superposé et que les expériences de création de superpositions de

grande taille ont connu récemment des progrès rapides. Des appareils appelés *interféromètres de matière* ont produit des superpositions de molécules géantes comportant une centaine d'atomes, et des superpositions de dizaines de milliers d'atomes seront possibles dans un avenir rapproché.

Référence

C.J. RIEDEL (Institut Périmètre et Centre de recherche Watson d'IBM). *Decoherence from classically undetectable sources: A standard quantum limit for diffusion*, arXiv:1504.03250.

Gravité forte

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

L'un des thèmes majeurs de la recherche en gravité forte cette année a été la correspondance entre théories conformes des champs (CFT) et espace-temps anti-de Sitter (AdS). Cette correspondance se manifeste naturellement dans des théories de la gravitation quantique telles que la théorie des cordes ou la théorie M (ou théorie des membranes).

Cela constitue un sujet de recherche populaire en physique théorique depuis une vingtaine d'années, soit depuis que le physicien Juan Maldacena a proposé l'existence de cette correspondance.

La correspondance AdS/CFT a mené au principe holographique, selon lequel un phénomène gravitationnel survenant dans un espace ayant $(d+1)$ dimensions peut être décrit à l'aide d'une théorie dans un espace de d dimensions. (C'est un peu comme de représenter le globe terrestre à l'aide d'une carte plane.)

Tout récemment, le professeur **Luis Lehner**, le professeur associé **Alex Buchel** et le postdoctorant **Stephen Green**, tous chercheurs à l'Institut Périmètre, ont étudié les répercussions d'instabilités dans un espace-temps anti-de Sitter sur la formation de trous noirs.

En plus de décrire plus en profondeur les processus d'effondrement et de dispersion qui régissent les ondes dans un AdS et l'effondrement gravitationnel qui survient au bout du compte, leurs travaux ont révélé un lien remarquable entre les propriétés de stabilité ou d'instabilité d'un AdS et le fameux problème de Fermi-Pasta-Ulam, paradoxe apparent en théorie du chaos selon lequel de nombreux systèmes physiques complexes ont un comportement pratiquement périodique.

Entre-temps, **David Kubiznak**, assistant dans le programme PSI, et **Robert Mann**, membre affilié de l'Institut Périmètre, ont travaillé dans un domaine qui donne une nouvelle perspective sur la thermodynamique des trous noirs, en examinant ceux-ci du point de vue de la chimie.

Ils ont trouvé que les trous noirs chargés aussi bien que les trous noirs en rotation ont le comportement d'un nouvel état de type chimique. Cela a ouvert une nouvelle avenue de recherche sur la thermodynamique des trous noirs, qui a entraîné la publication de plus de 120 articles au cours des 3 dernières années. David Kubiznak, Robert Mann et plusieurs étudiants diplômés à l'Institut Périmètre ont effectué des travaux sur divers aspects de cette démarche. Leur découverte la plus récente est celle d'une catégorie entièrement nouvelle de trous noirs, dits « super entropiques », dont l'entropie est supérieure à celle prédite par les lois standard de la thermodynamique.

Références

V. BALASUBRAMANIAN (Université Western), A. BUCHEL (Institut Périmètre et Université Western), S. GREEN (Université de Guelph), L. LEHNER (Institut Périmètre) et S. LIEBLING (Université de Long Island).

« Holographic Thermalization, stability of AdS, and the Fermi-Pasta-Ulam-Tsingou paradox », *Physical Review Letters*, vol. 113, 2014, article n° 071601, arXiv:1403.6471.

A. BUCHEL (Institut Périmètre et Université Western), S. GREEN (Institut Périmètre), L. LEHNER (Institut Périmètre) et S. LIEBLING (Université de Long Island). « Conserved quantities and dual turbulent cascades in Anti-de Sitter spacetime », *Physical Review D*, vol. 91, 2015, article n° 064026, arXiv:1412.4761.

B. DOLAN (Université nationale d'Irlande et Institut d'études avancées de Dublin), D. KASTOR (Université du Massachusetts), D. KUBIZNAK (Institut Périmètre), R.B. MANN (Université de Waterloo et Institut Périmètre) et J. TRASCHEN (Université du Massachusetts). « Thermodynamic Volumes and Isoperimetric Inequalities for de Sitter Black Holes », *Physical Review D*, vol. 87, 2013, article n° 104017, arXiv:1301.5926.

N. ALTAMIRANO (Institut Périmètre et Université nationale de Córdoba), D. KUBIZNAK (Institut Périmètre et Université de Waterloo), R.B. MANN (Université de Waterloo) et Z. SHERKATGHANAD (Université de Technologie d'Ispahan). « Thermodynamics of rotating black holes and black rings: phase transitions and thermodynamic volume », *Galaxies*, vol. 2, 2014, p. 89, arXiv:1401.2586.

R. HENNIGAR (Université de Waterloo), D. KUBIZNAK (Institut Périmètre et Université de Waterloo) et R.B. MANN (Université de Waterloo). « Entropy Inequality Violations from Ultraspinning Black Holes », *Physical Review Letters*, vol. 115, 2015, article n° 031101, arXiv:1411.4309.

Prix, distinctions et subventions majeures

De nombreux chercheurs de l'Institut Péricimètre ont obtenu en 2014-2015 des prix et distinctions d'envergure nationale et internationale soulignant leurs travaux. Mentionnons entre autres les suivants :

- Les professeurs Philip Schuster et Natalia Toro ont obtenu ensemble un prix *Nouveaux horizons en physique*, d'une valeur de 100 000 \$, accordé par la Fondation des Prix du progrès scientifique (*Breakthrough Prize Foundation*), autrefois appelée Fondation des Prix de physique fondamentale. C'était la 3^e année consécutive où un professeur de l'Institut Péricimètre figurait parmi les lauréats, alors qu'aucune autre institution au monde n'a remporté ce prix plus d'une fois.
- Le professeur Pedro Vieira a reçu une bourse de recherche Sloan 2015, d'une valeur de 55 000 \$ US, remise par la Fondation Alfred-P.-Sloan.
- Le professeur Pedro Vieira a reçu la prestigieuse médaille Gribov 2015 remise par la Société européenne de physique, devenant le 3^e professeur de l'Institut Péricimètre depuis 2009 à se mériter cet honneur.
- Neil Turok, directeur de l'Institut Péricimètre, a été élu membre de la Société royale du Canada.
- Matthew Fisher, titulaire d'une chaire de chercheur invité distingué, a été l'un des lauréats du prix Oliver-E.-Buckley 2015 remis par la Société américaine de physique.
- Le professeur associé Cliff Burgess a obtenu un poste d'associé scientifique du CERN.
- Neil Turok, directeur de l'Institut Péricimètre, a reçu un doctorat honorifique de l'Université de Stellenbosch, en Afrique du Sud.
- Le professeur Luis Lehner a été nommé au sein du Conseil scientifique de l'Institut sud-américain de recherche fondamentale du Centre international de physique théorique, au Brésil.
- Le professeur Lee Smolin a été classé au 22^e rang des grands penseurs du monde en 2015 par le magazine *Prospect*.
- Le professeur Lee Smolin et sa collaboratrice Marina Cortês ont été les premiers lauréats du nouveau grand prix Buchalter de cosmologie de la Société américaine d'astronomie, pour leur article intitulé *The Universe as a Process of Unique Events* (L'univers : une succession d'événements singuliers). Le professeur Luis Lehner et le professeur associé Matthew Johnson font partie des lauréats du 3^e prix.

- Le postdoctorant David Marsh a obtenu une bourse de recherche de la Société royale d'astronomie du Royaume-Uni.
- Joseph Ben Geloun, ancien postdoctorant à l'Institut Périmètre, s'est mérité le prix du jeune scientifique 2015 en physique mathématique, remis par l'Union internationale de physique pure et appliquée, pour des travaux effectués alors qu'il était à l'Institut Périmètre.
- L'adjoint invité Eduardo Martinez-Martin a obtenu un prestigieux prix John-Charles-Polyani 2015, d'une valeur de 20 000 \$, remis par le Conseil des universités de l'Ontario.
- Le professeur Lee Smolin s'est mérité un 3^e prix au concours d'essais de l'Institut FQXi (*Foundational Questions Institute*) sur les liens entre la physique et les mathématiques. Le postdoctorant associé Matthew Leifer s'est mérité un 2^e prix.
- Le professeur associé Avery Broderick est l'un des bénéficiaires d'une subvention de 6,5 millions de dollars US (pour la période 2015-2020) du programme d'innovations à échelle moyenne de la Fondation nationale des sciences des États-Unis. Cette subvention est destinée à soutenir l'infrastructure et les frais d'exploitation de l'expérience du télescope EHT (*Event Horizon Telescope* – Télescope horizon des événements).
- Le professeur associé Michele Mosca a obtenu du gouvernement du Canada un contrat d'une durée de 3 ans (d'une valeur de plus de 600 000 \$) pour travailler sur la cryptographie postquantique.
- Le professeur Lee Smolin a obtenu une subvention de 690 000 \$ US de la Fondation John-Templeton pour travailler sur l'asymétrie fondamentale du temps.
- Patrick Hayden et Ashvin Vishwanath, titulaires de chaire de chercheur invité distingué, ont reçu chacun une subvention de recherche de la Fondation Simons.
- Les professeurs Davide Gaiotto et Jaume Gomis ont reçu une subvention de la Fondation John-Templeton, d'une valeur de 190 000 \$ US, pour leur projet intitulé *Charting out the space of quantum field theories* (Représentation de l'espace des théories quantiques des champs).
- Le professeur Lucien Hardy a été coréceptiendaire d'une subvention de 148 000 \$ US de l'Institut FQXi (*Foundational Questions Institute*) pour son projet intitulé *Categorical Compositional Physics* (Physique compositionnelle catégorique).
- Le professeur Robert Spekkens a été coréceptiendaire, avec Kevin Resch, membre affilié de l'Institut Périmètre, d'une subvention de 99 000 \$ US de l'Institut FQXi (*Foundational Questions Institute*) pour leur projet intitulé *Experimental test of intrinsically quantum causal relations* (Mise à l'épreuve expérimentale de relations quantiques intrinsèques de causalité).

- Adrian Kent, titulaire d'une chaire de chercheur invité distingué, a obtenu une subvention de 105 000 \$ US de l'Institut FQXi (*Foundational Questions Institute*) pour son projet intitulé *Quasiclassical events in Relativistic Quantum Field Theory* (Événements quasi classiques en théorie quantique relativiste des champs).
- Le postdoctorant associé Matthew Leifer a obtenu une subvention de 52 000 \$ US de l'Institut FQXi (*Foundational Questions Institute*) pour son projet intitulé *Quantum Theory in the Block Universe* (Physique quantique dans l'Univers-bloc).
- Trois chercheurs de l'Institut Périmètre ont obtenu chacun une bourse de nouveau chercheur, d'une valeur de 140 000 \$, accordée par le gouvernement de l'Ontario :
 - le professeur Philip Schuster
 - le professeur Kendrick Smith
 - le professeur associé Itay Yavin
- Des chercheurs de l'Institut Périmètre ont obtenu des subventions à la découverte du CRSNG, d'un montant total de 2 364 000 \$ (pour des périodes allant jusqu'à 5 ans) :
 - la professeure Asimina Arvanitaki : 90 000 \$ (30 000 \$ par année pendant 3 ans);
 - le professeur Philip Schuster : 350 000 \$ (70 000 \$ par année pendant 5 ans);
 - le professeur Lee Smolin : 19 000 \$ pour 1 an;
 - le professeur Pedro Vieira : 365 000 \$ (73 000 \$ par année pendant 5 ans);
 - le professeur associé Niayesh Afshordi : 210 000 \$ (42 000 \$ par année pendant 5 ans);
 - le professeur associé Alex Buchel : 350 000 \$ (70 000 \$ par année pendant 5 ans);
 - le professeur associé Cliff Burgess : 400 000 \$ (80 000 \$ par année pendant 5 ans);
 - le professeur associé Itay Yavin : 340 000 \$ (68 000 \$ par année pendant 5 ans), plus un supplément d'accélération à la découverte de 40 000 \$ par année pendant 3 ans;
 - David Kubiznak, assistant dans le programme PSI : 120 000 \$ (24 000 \$ par année pendant 5 ans).

Objectif n° 2 : Devenir la résidence de recherche d'une masse critique des plus grands physiciens théoriciens

Résumé des réalisations

- Nomination de Kevin Costello, Freddy Cachazo, Pedro Vieira et Paul Steinhardt comme titulaires de chaire de recherche de l'Institut Périmètre, portant leur nombre à 8
- Obtention d'investissements de Gluskin Sheff et associés, de la Fondation de bienfaisance de la famille Riddell ainsi que de Cenovus Energy pour le financement de 3 chaires de recherche de l'Institut Périmètre
- Recrutement de Max Metlitski comme professeur à plein temps
- Nomination conjointe de 3 nouveaux professeurs associés (Alexander Braverman, Markus Mueller et Ue-Li Pen) et renouvellement du mandat de 5 autres, portant leur nombre à 17

Points saillants

Chaires de recherche de l'Institut Périmètre

Le programme de chaires de recherche de l'Institut Périmètre est conçu pour attirer des chercheurs de premier plan à l'échelle mondiale dans des domaines choisis de manière stratégique, leur offrant une occasion unique de maximiser leur productivité et la possibilité de réaliser des percées majeures. L'Institut fournit aux titulaires de ces chaires les ressources nécessaires pour faire des progrès rapides sur des problèmes clés, en leur permettant d'organiser des conférences, d'accueillir des collaborateurs, et d'attirer les meilleurs étudiants diplômés et postdoctorants au monde. L'IP leur permet en outre de se consacrer totalement à leurs recherches, en ne leur imposant aucune obligation d'enseignement et en leur offrant un excellent soutien administratif.

Portant les noms de scientifiques légendaires dont les idées ont contribué à définir la physique moderne, les chaires de recherche de l'Institut Périmètre se veulent les chaires les plus prestigieuses au monde en physique théorique. Elles sont financées grâce à des dons majeurs allant jusqu'à 4 millions de dollars, qui appuient des talents émergents exceptionnels, des jeunes professeurs qui arrivent à leur période de plus grande productivité ainsi que des pionniers reconnus de la physique. Avec ses initiatives Emmy-Noether, l'Institut Périmètre vise à réduire l'écart entre les sexes en physique. Par exemple, il recherche activement des partenaires privés afin de financer des chaires de recherche pour des femmes scientifiques de premier plan.

Les professeurs de l'Institut Périmètre sont mondialement connus pour être des chefs de file dans leurs domaines de recherche respectifs et reçoivent régulièrement des offres d'autres institutions. Le programme de chaires de recherche de l'Institut est donc crucial non seulement pour attirer des scientifiques de premier plan, mais aussi pour faire en sorte que ceux qui sont déjà à l'IP continuent de

bénéficiaire du milieu le meilleur qui soit au monde pour accélérer la découverte. Chaque nomination d'un nouveau titulaire envoie le message que l'Institut Périmètre est le lieu idéal pour faire de la recherche de pointe en physique théorique. Cela augmente d'autant l'attrait du Canada pour les spécialistes du domaine.

La dernière année a été faste pour le programme de chaires de recherche de l'Institut Périmètre, dont les objectifs ont été dépassés. En août 2014, l'Institut a accueilli son 5^e titulaire d'une chaire de recherche⁸ en la personne de **Kevin Costello**, l'un des meilleurs jeunes mathématiciens au monde, titulaire de la **chaire Fondation-Krembil-William-Rowan-Hamilton de physique théorique**.

Depuis lors, l'Institut Périmètre a nommé 3 nouveaux titulaires de chaire de recherche :

- **Paul Steinhardt, titulaire de la chaire Richard-P.-Feynman de physique théorique (à titre de chercheur invité)**, qui passera 3 mois par année à l'IP, en conjonction avec son poste à l'Université de Princeton;
- **Pedro Vieira, titulaire de la chaire Clay-Riddell-Paul-Dirac de physique théorique**, soutenue par un investissement de 1 million de dollars de la Fondation de bienfaisance de la famille Riddell;
- **Freddy Cachazo, titulaire de la chaire Gluskin-Sheff-Freeman-Dyson de physique théorique**, soutenue par un investissement de 2 millions de dollars de Gluskin Sheff et associés.

De plus, à l'été 2015, l'Institut Périmètre a obtenu un engagement de 300 000 \$ de Cenovus Energy pour appuyer Subir Sachdev comme titulaire de la chaire Cenovus-Energy-James-Clerk-Maxwell de physique théorique (à titre de chercheur invité).

Nouveaux titulaires de chaire de recherche nommés en 2014-2015

Freddy Cachazo (Ph.D., Université Harvard, 2002) est titulaire de la chaire Gluskin-Sheff-Freeman-Dyson de physique théorique de l'Institut Périmètre, où il est professeur depuis 2005. De 2002 à 2005, il a été membre de l'École de sciences naturelles de l'Institut d'études avancées de Princeton. M. Cachazo est l'un des plus grands experts mondiaux de l'étude et du calcul des amplitudes de diffusion en chromodynamique quantique (QCD) et dans les théories de Yang-Mills supersymétriques $N=4$. Il a reçu de nombreuses distinctions, dont la médaille Gribov de la Société européenne de physique (2009), la médaille commémorative Rutherford de physique de la Société royale du Canada (2011), la médaille Herzberg (2012) et un prix *Nouveaux horizons en physique* de la Fondation des Prix de physique fondamentale (2014).

⁸ Les autres titulaires de chaire de recherche sont (par ordre chronologique de leur nomination) : (1) Xiao-Gang Wen, titulaire de la chaire Groupe-financier-BMO-Isaac-Newton de physique théorique; (2) Neil Turok, titulaire de la chaire Mike-et-Ophelia-Lazaridis-Niels-Bohr de physique théorique; (3) Davide Gaiotto, titulaire de la chaire Fondation-Krembil-Galilée de physique théorique; (4) Subir Sachdev, titulaire de la chaire Cenovus-Energy-James-Clerk-Maxwell de physique théorique (à titre de chercheur invité).

Kevin Costello (Ph.D., Université de Cambridge, 2003) s'est joint à l'Institut Périclète en août 2014 en provenance de l'Université Northwestern, où il était professeur depuis 2006. Il est le premier titulaire de la chaire Fondation-Krembil-William-Rowan-Hamilton de physique théorique de l'Institut Périclète. Auparavant, il a été boursier Chapman au Collège impérial de Londres (2003-2005) et instructeur Dixon à l'Université de Chicago (2005-2006). M. Costello travaille sur les aspects mathématiques de la théorie quantique des champs et de la théorie des cordes. Il a récemment publié *Renormalization and Effective Field Theory* (Renormalisation et théorie effective des champs), monographie innovatrice qui introduit de nouveaux et puissants outils mathématiques dans la théorie quantique des champs. Entre autres distinctions, Kevin Costello a reçu une bourse de recherche Sloan et plusieurs subventions prestigieuses de la Fondation nationale des sciences des États-Unis.

Paul Steinhardt (Ph.D., Université Harvard, 1978) est titulaire de la chaire Richard-P.-Feynman de physique théorique de l'Institut Périclète (à titre de chercheur invité) et professeur Albert-Einstein de sciences à l'Université de Princeton, où il dirige également le Centre de sciences théoriques. Ses domaines de recherche sont la physique des particules, l'astrophysique, la cosmologie et la physique de la matière condensée. Avec Neil Turok, il a élaboré un modèle cosmologique cyclique, selon lequel le Big Bang serait le résultat d'une collision de deux « univers branaires » en théorie M (ou théorie des membranes). En plus de poursuivre ses recherches sur la cosmologie inflationnaire et cyclique, M. Steinhardt a participé à la mise au point d'une nouvelle classe de matériaux photoniques désordonnés « hyperuniformes » à largeurs de bande interdites. Ses recherches systématiques ont mené à la découverte du premier exemple connu de quasi-cristal naturel. En 2011, Paul Steinhardt a dirigé une expédition géologique fructueuse dans l'Extrême-Orient russe, afin de trouver d'autres renseignements sur l'origine de ce quasi-cristal et d'en recueillir d'autres échantillons. En 2014, l'Association internationale de minéralogie a introduit un nouveau minéral dans son catalogue officiel et l'a appelé la *steinhardtite*. Paul Steinhardt est membre élu de la Société américaine de physique (APS) et de l'Académie nationale des sciences des États-Unis. Il a été corécipiendaire de la médaille P.A.M.-Dirac du Centre international de physique théorique (2002) pour avoir été l'un des architectes du modèle inflationnaire de l'univers. Il a reçu le prix Oliver-E.-Buckley de l'APS (2010) pour ses contributions à la théorie des quasi-cristaux ainsi que le Prix John-Scott (2012), également pour ses travaux sur les quasi-cristaux.

Pedro Vieira (Ph.D., École normale supérieure de Paris et Centre de physique théorique de l'Université de Porto, 2008) est titulaire de la chaire Clay-Riddell-Paul-Dirac de physique théorique de l'Institut Périclète, où il est professeur depuis 2009. Auparavant, il a été chercheur associé à l'Institut Max-Planck de physique gravitationnelle (Institut Albert-Einstein) en 2008 et 2009. Ses recherches portent sur la mise au point de nouveaux outils mathématiques pour les théories de jauge et des cordes. 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 du Royaume-Uni (IOP) et le comité de rédaction du *Journal of Physics A*. En 2015, M. Vieira s'est mérité à la fois une bourse de recherche Sloan et la médaille Gribov de la Société européenne de physique.

Professeurs

En plus de recruter des titulaires de chaire de recherche, l'Institut Périmètre a continué d'enrichir son corps professoral à plein temps, formé d'éminents scientifiques d'expérience et de brillants jeunes chercheurs dans tous les domaines de la physique théorique. En 2014-2015, l'Institut a recruté Max Metlitski, jeune chercheur exceptionnel qui s'ajoutera aux capacités croissantes de l'Institut dans le domaine de la matière condensée. Il se joindra à l'IP à l'automne 2015, portant à 25 le nombre de professeurs à plein temps de l'Institut, conformément aux objectifs fixés.

Nouveau professeur recruté en 2014-2015

Max Metlitski (Ph.D., Université Harvard, 2011) se joindra au corps professoral de l'Institut Périmètre à l'automne 2015. Il arrivera à Waterloo en provenance de l'Institut Kavli de physique théorique de l'Université de la Californie à Santa Barbara, où il est postdoctorant depuis 2011. M. Metlitski est un physicien de la matière condensée dont les travaux ont contribué au développement de la théorie des points critiques quantiques dans les métaux ainsi qu'à la compréhension des phases topologiques en présence d'interactions. En 2014, il a remporté le prix William-L.-McMillan, qui souligne les contributions exceptionnelles d'un jeune physicien de la matière condensée.

Professeurs associés

Le programme de professeurs associés de l'Institut Périmètre est conçu pour attirer et retenir des scientifiques exceptionnels dans le cadre de nominations conjointes avec des universités canadiennes partenaires. Chaque professeur associé passe jusqu'à 50 % de son temps à l'IP, en plus d'enseigner et de faire de la recherche dans une institution partenaire.

Ce programme a permis d'amener au Canada des scientifiques jouissant d'une grande réputation internationale, en mettant en évidence les possibilités uniques offertes tant par l'Institut Périmètre que par ses institutions partenaires⁹. Chaque professeur ainsi recruté augmente la force de plus en plus grande du pays en physique fondamentale, tout en rendant l'IP et ses partenaires plus attrayants pour de jeunes professeurs, postdoctorants et étudiants diplômés exceptionnels.

En 2014-2015, conformément aux objectifs fixés, l'Institut Périmètre a recruté 3 nouveaux professeurs associés : **Alexander Braverman** (conjointement avec l'Université de Toronto), **Markus Mueller** (conjointement avec l'Université Western) et **Ue-Li Pen** (conjointement avec l'Institut canadien d'astrophysique théorique de l'Université de Toronto). MM. Braverman et Mueller, qui contribueront tous deux à l'essor de l'IP en physique mathématique, montrent que le programme réussit à attirer au Canada des scientifiques de l'étranger (respectivement des États-Unis et de l'Allemagne).

⁹ Au cours des dernières années, l'Institut Périmètre a attiré certains chercheurs de premier plan qui avaient des postes permanents aux États-Unis, dont David Cory (Institut de technologie du Massachusetts), Itay Yavin (Université de New York) et, tout récemment, Raffi Budakian (Université de l'Illinois à Urbana-Champaign).

MM. Braverman et Pen sont en outre les premiers professeurs recrutés conjointement avec l'Université de Toronto, l'une des universités les plus prestigieuses du pays.

Au cours de l'année écoulée, l'Institut Périmètre a également renouvelé le mandat de 5 professeurs associés¹⁰. L'Institut compte maintenant 17 professeurs associés.

Nouveaux professeurs associés recrutés en 2014-2015

Alexander Braverman (Ph.D., Université de Tel Aviv, 1998) s'est joint à l'Institut Périmètre en juillet 2015, dans le cadre d'une nomination conjointe avec l'Université de Toronto. Il a été auparavant membre du corps professoral de l'Université Brown (2004-2015), de même que chargé de cours à l'Université Harvard (2000-2004) et à l'Institut de technologie du Massachusetts (1997-1999).

M. Braverman se spécialise dans un certain nombre de domaines ayant des applications en physique mathématique, dont la géométrie algébrique, la théorie des représentations, la théorie des nombres et le programme de Langlands géométrique. Il a été boursier de l'Institut de mathématiques Clay et boursier Simons en mathématiques.

Markus Mueller (Ph.D., Université technique de Berlin, 2007) s'est joint à l'Institut Périmètre en juillet 2015, dans le cadre d'une nomination conjointe avec l'Université Western, où il est titulaire de la chaire de recherche du Canada sur les fondements de la physique. Auparavant, il a été chef de groupe de recherche débutant à l'Institut de physique théorique de l'Université de Heidelberg, ainsi que postdoctorant à l'Institut Périmètre, à l'Université de Potsdam et à l'Institut Max-Planck pour les mathématiques dans les sciences. Ce physicien mathématicien travaille dans les domaines de l'information quantique et des fondements quantiques. Il s'intéresse plus particulièrement à la physique statistique, aux théories probabilistes généralisées et à la théorie algorithmique de l'information.

Ue-Li Pen (Ph.D., Université de Princeton, 1995) s'est joint à l'Institut Périmètre en décembre 2014, dans le cadre d'une nomination conjointe avec l'Institut canadien d'astrophysique théorique de l'Université de Toronto, où il est professeur depuis 1998 et directeur adjoint depuis 2009. Auparavant, il a été boursier à l'Université de Princeton (1994-1995) et à l'Université Harvard (1995-1998). M. Pen est un astrophysicien théoricien qui étudie des systèmes où les effets physiques fondamentaux peuvent être isolés des complexités astronomiques. Ses domaines de recherche comprennent la cosmologie de la raie à 21 cm, les simulations en informatique de haute performance, les ondes gravitationnelles, les pulsars et l'interférométrie radio. Entre autres distinctions, Ue-Li Pen est membre du programme *Cosmologie et gravité* de l'Institut canadien de recherches avancées et professeur associé à l'Institut Tata de recherche fondamentale en Inde.

¹⁰ Les professeurs associés sont nommés pour des durées fixes de 3 à 7 ans. L'Institut a renouvelé avec succès le mandat des 5 professeurs associés qui se terminait au cours de l'exercice 2014-2015. Ces professeurs sont : Alex Buchel (Université Western), David Cory (Institut d'informatique quantique de l'Université de Waterloo), Raymond Laflamme (Institut d'informatique quantique de l'Université de Waterloo), Roger Melko (Université de Waterloo) et Michele Mosca (Institut d'informatique quantique de l'Université de Waterloo).

Objectif n° 3 : Devenir un incubateur des talents les plus prometteurs

Résumé des réalisations

- Embauche de 18 postdoctorants en 2014-2015 et recrutement de 17 autres pour 2015-2016
- Obtention de postes de professeur menant à la permanence pour 3 finissants en postdoctorat
- Succès de la 6^e année du programme PSI (*Perimeter Scholars International* – Boursiers internationaux de l’Institut Périmètre) pour 31 étudiants de maîtrise, et formation de 42 doctorants
- Accueil de 21 adjoints diplômés invités
- Formation à la recherche de 4 étudiants exceptionnels de 1^{er} cycle

Points saillants

Postdoctorants

Du niveau de la maîtrise à celui du postdoctorat, l’Institut Périmètre développe les talents nécessaires pour susciter des découvertes scientifiques et alimenter l’écosystème d’innovation.

L’Institut Périmètre accueille le groupe le plus nombreux de chercheurs postdoctoraux indépendants en physique théorique au monde, et il est connu pour son milieu stimulant et le soutien qu’il apporte. En 2014-2015, l’Institut a embauché 18 postdoctorants et en a recruté 17 autres pour 2015-2016, dépassant les objectifs fixés. L’Institut Périmètre a reçu 629 candidatures pour des postes en 2015-2016, et la proportion des candidats à qui l’IP a offert un poste et qui l’ont accepté a été la plus élevée de l’histoire de l’Institut, ce qui témoigne de sa réputation internationale croissante.

Les postdoctorants à l’Institut Périmètre jouissent d’une indépendance totale dans leurs recherches et sont encouragés à explorer des voies innovatrices et ambitieuses. L’Institut offre des occasions inégalées de collaboration, grâce à de nombreux partenariats stratégiques avec des centres d’observation et d’expérimentation tels que le Laboratoire TRIUMF, le CERN, ainsi que l’Institut d’informatique quantique de l’Université de Waterloo (voir l’objectif n° 6). L’Institut Périmètre met en outre à profit ses partenariats pour offrir à certains candidats de premier plan des postes conjoints de postdoctorant¹¹.

La formation à l’Institut Périmètre rapporte des dividendes. En 2014-2015, malgré un marché universitaire très concurrentiel partout dans le monde, 3 finissants en postdoctorat ont obtenu des postes de professeur menant à la permanence :

- Lilia Anguelova (Institut de recherche nucléaire et de l’énergie nucléaire de Bulgarie);

¹¹ À titre d’exemple, pour 2015-2016, l’Institut Périmètre a offert 1 poste de ce type à I-Sheng Yang, conjointement avec l’Institut canadien d’astrophysique théorique (ICAT) de l’Université de Toronto.

- Nikolay Bobev (Institut de physique théorique de l'Université de Louvain);
- Zlatko Papić (Université de Leeds).

Plusieurs autres finissants en postdoctorat ont décroché des emplois prestigieux dans des institutions de premier plan à l'échelle internationale, dont l'Université de Durham, le Collège impérial de Londres et l'Institut de technologie de la Californie.

Programme de maîtrise PSI (*Perimeter Scholars International* – Boursiers internationaux de l'Institut Périmètre)

« Si des étudiants de 1^{er} cycle extrêmement doués me demandaient quoi faire après l'obtention de leur diplôme, je leur dirais de faire le programme PSI... À mon avis, aucun programme ne surpasse celui-ci – ni même ne s'en approche. » [traduction]
– Nima Arkani-Hamed,
titulaire d'une chaire de chercheur invité distingué de l'Institut Périmètre

PSI (*Perimeter Scholars International* – Boursiers internationaux de l'Institut Périmètre) est un programme du niveau de la maîtrise qui attire des diplômés très doués venus du monde entier et les amène à la fine pointe de la physique théorique en une année universitaire. Ce programme innovateur comprend des modules de 3 semaines de cours donnés par des conférenciers de premier plan venus du monde entier, dont plusieurs sont chercheurs à l'IP même¹². Les étudiants bénéficient du soutien de 6 assistants à plein temps de niveau postdoctoral et de plusieurs assistants d'enseignement diplômés. Les finissants reçoivent un diplôme de maîtrise de l'Université de Waterloo.

Le programme PSI est conçu pour favoriser la pensée critique et les compétences en résolution de problèmes requises pour exceller en recherche, plutôt que la simple mémorisation encouragée par les modèles fondés sur des tests dans un contexte universitaire plus traditionnel. Le programme PSI amène au Canada des diplômés qui ont un potentiel scientifique élevé. Dans chaque promotion du programme, l'Institut Périmètre choisit les meilleurs pour qu'ils poursuivent leur formation au niveau du doctorat. Onze étudiants de la promotion de 2014-2015 – soit un bon tiers du groupe – restent au Canada pour leurs études de doctorat, dont 8 à l'Institut Périmètre. D'autres seront candidats au doctorat dans des institutions de premier plan à l'échelle internationale, dont l'Université d'Oxford, l'Université Stanford et l'Université de la Californie à Berkeley. Si le passé est garant de l'avenir, d'autres encore créeront des entreprises dans les domaines des services gouvernementaux, de la médecine ou des industries technologiques¹³.

¹² En 2014-2015, le corps professoral du programme PSI comprenait 21 conférenciers, dont 11 chercheurs de l'Institut Périmètre, 1 adjoint invité et 9 autres scientifiques de calibre international.

¹³ Mentionnons les exemples suivants de succès en dehors du monde universitaire : Saurabh Madaan (spécialiste des données chez Google, à San Francisco), Henry Reich (créateur des *MinutePhysics*, dans le Montana), Anabelle

Le programme PSI consolide en outre les liens entre l'Institut Périmètre et ses partenaires régionaux. Des professeurs d'universités voisines participent aux activités d'enseignement et à la supervision de projets de recherche. Tous les cours du programme PSI sont ouverts aux étudiants diplômés de l'extérieur de l'Institut Périmètre qui obtiennent une autorisation spéciale, ce qui enrichit d'autant l'offre de cours aux étudiants diplômés de toute la région.

- En 2014-2015, le programme PSI a formé 31 étudiants, dont 6 femmes, provenant de 16 pays, conformément aux objectifs fixés.
- Le programme PSI continue de voir son prestige et sa position concurrentielle s'améliorer. Pour la promotion de 2015-2016, l'Institut Périmètre a reçu 472 candidatures de 76 pays, soit 29 % de plus que l'année dernière¹⁴.

Programme de doctorat

La formation en physique théorique procure une combinaison unique de compétences avancées en études quantitatives, de capacité d'analyse et de créativité qui est très recherchée dans le secteur universitaire comme dans l'industrie. Les personnes formées en physique théorique à l'Institut Périmètre apportent des contributions importantes dans plusieurs domaines de la science, de l'industrie, de la finance et du secteur gouvernemental¹⁵.

Comme l'Institut Périmètre ne décerne pas lui-même de diplôme, son programme de doctorat amène des étudiants de premier plan à l'Institut et aussi dans les universités environnantes, où ils reçoivent leur diplôme, ce qui procure au Canada un important gain de talents. Comme prévu, les deux tiers des doctorants en résidence à l'IP sont des diplômés du programme PSI, et le corps professoral de l'Institut continue de recruter les meilleurs diplômés du programme PSI pour des études de doctorat.

À la fin de l'exercice, l'Institut Périmètre comptait 42 doctorants en résidence, plus 3 candidats au doctorat dans des universités partenaires sous la direction de professeurs associés à l'Institut.

- Sept étudiants supervisés par des professeurs de l'Institut Périmètre ont obtenu leur doctorat d'universités partenaires en 2014-2015.
- Siavesh Aslanbeigi a été embauché par la Banque Scotia, à Toronto, comme gestionnaire de l'analyse des risques; Anton van Niekerk s'est joint à la société Athena Software, de Waterloo, comme rédacteur de rapports et spécialiste de l'interrogation de bases de données; les autres

Spinoulas (analyste et spécialiste des modèles de transport chez TransPosition, à Brisbane, en Australie) et Imogen Wright (cofondatrice et développeuse d'algorithmes chez Hyrax Biosciences, au Cap, en Afrique du Sud).

¹⁴ Pour la promotion de 2015-2016, 30 étudiants, dont 9 femmes, de 18 pays ont été acceptés. Le programme a également connu un taux d'acceptation extrêmement élevé, puisque 74 % des étudiants qui ont reçu une offre d'admission l'ont acceptée, contre 61 % l'an dernier.

¹⁵ Mentionnons les exemples suivants de succès en dehors du monde universitaire : Jorge Escobedo (directeur de la technologie chez Canopy Labs, à Toronto), Jonathan Hackett (expert-conseil chez The Boston Consulting Group, à Toronto), Cozmin Ududec (cofondateur et directeur de la gestion des risques chez Invenia Technical Computing, à Winnipeg) et Alexandre Yale (analyste principal de données chez Alchemy Worx, à Montréal).

ont obtenu par voie de concours des bourses postdoctorales à l'Institut d'études avancées de Princeton, à l'Université de Calgary, à l'Université d'Islande, à l'Université de Cambridge et à l'Université Radboud de Nimègue.

Adjoins diplômés invités

Le programme d'adjoins diplômés invités permet à des doctorants avancés du monde entier de passer plusieurs mois à l'Institut Péricètre. Ils bénéficient ainsi du milieu dynamique de recherche de l'Institut tout en y contribuant à un moment charnière de leur formation. Ce programme constitue pour les participants une occasion d'échanger avec des chercheurs reconnus et d'assister à des réunions scientifiques auxquelles ils n'auraient pas accès dans leur institution d'appartenance.

- En 2014-2015, l'Institut Péricètre a accueilli 21 adjoins diplômés invités, pour un total de 22 séjours, conformément aux objectifs fixés.

Étudiants de 1^{er} cycle

Le programme pour étudiants de 1^{er} cycle permet à des étudiants exceptionnels de 1^{er} cycle, venant du Canada et de l'étranger, de mener à l'Institut Péricètre des projets de recherche de 2 à 4 mois pendant l'été avec des postdoctorants de l'Institut, qui acquièrent ainsi une expérience de mentorat. Ce programme agit aussi comme premier contact avec des étudiants extrêmement prometteurs, ce qui donne à l'IP un avantage pour leur recrutement pendant qu'ils progressent dans leurs études. Des anciens de ce programme sont revenus à l'Institut Péricètre en 2014-2015 : Shreya Prasanna Kumar, étudiant du programme PSI, le doctorant Dalimil Mazac et le postdoctorant Matteo Smerlak.

- Cette année, l'Institut Péricètre a donné une formation à la recherche à 4 étudiants exceptionnels de 1^{er} cycle, provenant d'institutions de premier plan, dont l'Institut de technologie du Massachusetts, l'Université de l'Alberta et l'Université de Cambridge.

Objectif n° 4 : Devenir la seconde résidence de recherche de plusieurs grands théoriciens du monde

Résumé des réalisations

- Nomination de 4 scientifiques de premier plan comme titulaires de chaire de chercheur invité distingué, et renouvellement du mandat de 9 autres, portant leur nombre total à 44
- Nomination de 8 jeunes chercheurs accomplis comme adjoints invités, et renouvellement du mandat d'un autre, portant leur nombre total à 22
- Accueil de 6 chercheuses en début de carrière, à titre de boursières Emmy-Noether, et recrutement de 7 autres
- Accueil de 450 chercheurs invités, pour un total de 530 séjours scientifiques

Points saillants

Chaires de chercheur invité distingué

Unique au monde, le programme de chaires de chercheur invité distingué de l'Institut Périmètre est l'un des programmes les plus fructueux de l'Institut – un moyen stratégique et peu coûteux d'amener à l'IP des scientifiques de premier plan, pour des séjours prolongés. Les titulaires de chaire de chercheur invité distingué sont nommés pour des termes renouvelables de 3 ans et conservent leur poste dans leur établissement d'origine.

Les titulaires de chaire de chercheur invité distingué de l'Institut Périmètre – dont des sommités comme Yakir Aharonov, Gabriela Gonzalez, Gerard 't Hooft et Leonard Susskind – couvrent une gamme extrêmement vaste de compétences (voir l'annexe B, *Titulaires de chaire de chercheur invité distingué*). Ils viennent à l'IP faire de la recherche, collaborer avec d'autres scientifiques et participer à tous les aspects de la vie de l'Institut. À titre d'exemple, Nima Arkani-Hamed a donné en novembre 2014 une conférence publique très populaire sur la mécanique quantique et l'espace-temps au XXI^e siècle.

Pour les titulaires de chaire de chercheur invité distingué, le temps passé à l'Institut Périmètre est très productif, puisqu'ils sont libérés de leurs tâches habituelles d'enseignement et d'administration. D'autre part, leur présence comme conférenciers à des séminaires, participants à des conférences et collaborateurs est très bénéfique pour le milieu de recherche de l'IP et inspirante pour la communauté des chercheurs résidants de l'Institut. En juin 2015, l'Institut a eu le grand plaisir d'accueillir 17 titulaires de chaire de chercheur invité distingué dans le cadre de la conférence *Convergence*.

En 2014-2015, l'Institut Péricimètre a nommé 4 nouveaux titulaires de chaire de chercheur invité distingué et a renouvelé le mandat de 9 autres¹⁶, dépassant les objectifs fixés et portant à 44 le nombre total de titulaires à la fin de l'exercice. Ce groupe est toujours aussi actif : 32 titulaires de chaire de chercheur invité distingué ont fait en tout 53 séjours à l'Institut au cours de l'année écoulée.

Nouveaux titulaires de chaire de chercheur invité distingué nommés en 2014-2015

Joseph Incandela (Ph.D. Université de Chicago, 1986) est titulaire de la chaire Pat-et-Joe-Yzurdiaga de sciences expérimentales et professeur de physique à l'Université de la Californie à Santa Barbara. Il se spécialise en physique expérimentale des hautes énergies et a travaillé à plusieurs expériences au cours de sa carrière. Mentionnons l'expérience UA2 au CERN, où il a étudié les bosons W et Z et cherché des bosons de Higgs chargés, ainsi que l'expérience CDF au Laboratoire national de l'accélérateur Fermi (Fermilab), où il a dirigé la conception et la construction de détecteurs au silicium de même que codirigé la recherche fructueuse du quark t (*top*) à l'aide du marquage de jets de quarks b (*bottom*). Plus récemment, M. Incandela a assumé des rôles de direction dans le cadre de l'expérience de solénoïde compact pour muons (CMS) au grand collisionneur de hadrons du CERN. À titre de porte-parole de l'expérience CMS, il a annoncé en juillet 2012 la découverte historique du boson de Higgs. En 2013, la Fondation des Prix du progrès scientifique (*Breakthrough Prize Foundation*) lui a accordé un prix spécial en physique fondamentale pour son rôle dans l'expérience CMS. Joseph Incandela a été élu en 2015 membre de l'Académie nationale des sciences des États-Unis.

Iakov (Yan) Soibelman (Ph.D., Université de Rostov, 1985) est professeur de mathématiques à l'Université d'État du Kansas. Ses domaines de recherche comprennent les groupes quantiques, la théorie des déformations, la géométrie algébrique, la topologie, la géométrie symplectique, la théorie des représentations, la géométrie non commutative, les équations différentielles, la physique mathématique et la théorie des cordes. En collaboration avec Maxim Kontsevich, M. Soibelman a mis au point de nouvelles méthodes algébriques et géométriques pour l'étude de la symétrie miroir homologique. Plus récemment, les deux chercheurs ont introduit une notion d'invariants de Donaldson-Thomas motiviques et proposé un nouveau type de formules de croisement de murs pour de tels invariants. Yan Soibelman est membre de la Société américaine de mathématiques et de la Société mathématique de Kiev, et fondateur des olympiades mathématiques de Manhattan. Il a été boursier de la Fondation Sloan et de l'Institut de mathématiques Clay, ainsi que professeur invité dans de nombreuses institutions prestigieuses, dont l'Université Harvard, l'Institut de technologie du Massachusetts et l'Université de Cambridge.

Frank Verstraete (Ph.D., Université de Louvain, 2002) est professeur de physique à l'Université de Vienne, où il dirige le groupe de physique quantique qui se consacre à l'étude de l'intrication dans des systèmes quantiques à N corps. Ses autres domaines de recherche comprennent la théorie de l'information quantique, les systèmes quantiques fortement corrélés et leur simulation numérique, de

¹⁶ Yakir Aharonov, Nima Arkani-Hamed, Ignacio Cirac, Patrick Hayden, Leo Kadanoff, Adrian Kent et Ramesh Narayan ont vu leur mandat renouvelé jusqu'en 2018, alors que les mandats de Leonard Susskind et de Bill Unruh ont été renouvelés jusqu'en 2019.

même que l'algèbre linéaire et multilinéaire. M. Verstraete est également professeur à l'Université de Gand. Il a travaillé dans le passé avec Ignacio Cirac à l'Institut Max-Planck d'optique quantique et avec John Preskill à l'Institut de technologie de la Californie. Il a remporté en 2009 le prix Lieben remis annuellement par l'Académie autrichienne des sciences.

Matias Zaldarriaga (Ph.D., Institut de technologie du Massachusetts, 1998) est professeur d'astrophysique à l'Institut d'études avancées de Princeton. Il est l'auteur de nombreuses contributions influentes et originales sur l'univers primitif, en astrophysique des particules, et sur la cosmologie comme outil d'exploration de la physique fondamentale. Ses travaux portent en grande partie sur la compréhension des indices relatifs aux premiers moments de notre univers contenus dans le rayonnement fossile issu du Big Bang. Au début de sa carrière, M. Zaldarriaga a été l'un des auteurs du logiciel CMBFAST, devenu un outil standard pour les astronomes qui interprètent des observations du rayonnement fossile. Matias Zaldarriaga a reçu de nombreuses distinctions, dont des bourses de recherche Sloan et McArthur, le prix Helen-B.-Warner de l'Union américaine d'astronomie et la médaille Gribov de la Société européenne de physique.

Adjoints invités

Le programme d'adjoints invités est un moyen important d'amener à l'Institut Périmètre des chercheurs accomplis pour des séjours réguliers. De manière assez semblable aux titulaires de chaire de chercheur invité distingué, les adjoints invités couvrent une vaste gamme de domaines, sont nommés pour des termes renouvelables et conservent leur poste dans leur établissement d'origine tout en venant à l'Institut pour de longs séjours de recherche allant jusqu'à 6 mois chaque année. Le programme permet aussi à l'Institut de maintenir des relations productives avec de jeunes chercheurs prometteurs ainsi qu'aux institutions de premier plan où ils travaillent.

Ce programme a poursuivi sa croissance en 2014-2015, avec la venue de 8 nouveaux adjoints invités et le renouvellement du mandat d'un autre¹⁷. À la fin de l'exercice, l'Institut Périmètre comptait 22 adjoints invités, dépassant les objectifs fixés. Ces chercheurs talentueux continuent d'enrichir le milieu de recherche de l'Institut : 12 d'entre eux ont fait en tout 15 séjours pendant l'année écoulée.

Nouveaux adjoints invités nommés en 2014-2015

Philippe Corboz (Ph.D., Institut fédéral suisse de technologie de Zurich, 2008) est professeur adjoint en physique théorique de la matière condensée à l'Institut de physique théorique de l'Université d'Amsterdam. Il a fait des stages postdoctoraux à l'Institut fédéral suisse de technologie de Zurich et à l'Université du Queensland. Ses domaines de recherche comprennent la matière condensée, la physique informatique, la physique des systèmes quantiques à N corps, les systèmes fortement corrélés et la programmation informatique.

Fay Dowker (Ph.D., Université de Cambridge, 1991) est professeure de physique théorique au Collège impérial de Londres et membre affiliée de l'Institut d'informatique quantique de l'Université de

¹⁷ Ruth Gregory a vu son mandat renouvelé jusqu'à l'automne 2020.

Waterloo. Ses travaux de recherche portent sur la gravitation quantique, les fondements de la mécanique quantique et la théorie des ensembles causaux. Mme Dowker a obtenu son doctorat sous la direction de Stephen Hawking et a occupé des postes à l'Université Queen-Mary de Londres, au Laboratoire Fermilab, à l'Institut de technologie de la Californie et à l'Université de la Californie à Santa Barbara.

Jerome Gauntlett (Ph.D., Université de Cambridge, 1991) dirige le groupe de physique théorique au Collège impérial de Londres. Auparavant, il a occupé des postes de chercheur à l'Université Queen-Mary de Londres, à l'Institut de technologie de la Californie et à l'Université de Chicago. Ses recherches portent principalement sur la théorie des cordes, la supersymétrie, la théorie quantique des champs et les trous noirs. Depuis quelque temps, M. Gauntlett examine si des techniques de la théorie des cordes peuvent servir à l'étude d'états exotiques de la matière qui se manifestent en physique de la matière condensée. Jerome Gauntlett est membre élu de l'Institut de physique du Royaume-Uni et a agi comme conseiller scientifique pour le film *The Theory of Everything*, dont la version française s'intitule *Une merveilleuse histoire du temps* en France et *La théorie de l'univers* au Québec.

Jutho Haegeman (Ph.D., Université de Gand, 2011) est postdoctorant à l'Université de Gand, où il travaille avec Frank Verstraete, titulaire d'une chaire de chercheur invité distingué de l'Institut Périclète. Ses travaux portent sur la description de systèmes de matière condensée et de théories quantiques des champs à l'aide d'états de réseaux de tenseurs ou de méthodes connexes. Il explore notamment des idées et algorithmes nouveaux pour extraire la description de la « limite énergie faible » d'hamiltoniens quantiques microscopiques en utilisant la philosophie des réseaux de tenseurs.

John Laiho (Ph.D., Université de Princeton, 2004) est professeur adjoint à l'Université de Syracuse, après avoir été chercheur au Laboratoire national de l'accélérateur Fermi (Fermilab), à l'Université Washington de Saint-Louis et à l'Université de Glasgow. M. Laiho est un physicien théoricien des particules, dont les domaines de recherche sont la chromodynamique quantique sur réseau, la physique de la saveur et la violation de la symétrie CP, la théorie des perturbations chirales de même que la gravité sur réseau.

Si Li (Ph.D., Université Harvard, 2011) est professeur au Centre de mathématiques Yau de l'Université Tsinghua et membre affilié de l'Institut Kavli de physique et de mathématiques de l'univers. Il a été auparavant professeur adjoint à l'Université de Boston. Ses recherches se situent à la rencontre de la géométrie et de la physique – et portent plus précisément sur la géométrie algébrique et complexe, la théorie quantique des champs et la théorie des cordes. M. Li a obtenu en 2012 un prix de mathématiques du Nouveau monde pour sa thèse de doctorat.

Eduardo Martin-Martinez (Ph.D., Université Complutense de Madrid, 2011) est professeur-chercheur adjoint à l'Institut d'informatique quantique de l'Université de Waterloo. Ses recherches se situent à l'intersection des domaines de l'informatique quantique, de la théorie quantique des champs et de la relativité générale; il étudie en particulier les effets de la gravité du point de vue de l'information quantique. M. Martin-Martinez a reçu de nombreux prix, dont une prestigieuse bourse postdoctorale Banting (2012) et le prix John-Charles-Polanyi de physique (2014).

Brian Swingle (Ph.D., Institut de technologie du Massachusetts, 2011) est postdoctorant à l'Université Stanford, après avoir été boursier Simons dans le domaine de la matière condensée à l'Université Harvard. Ses travaux se situent à la rencontre des domaines de la matière quantique, de l'information quantique et de la gravitation quantique. M. Swingle s'intéresse particulièrement à l'intrication quantique, aux systèmes fortement corrélés, aux liquides de spin et à la physique de la fractionnalisation, aux signatures expérimentales de phases fortement corrélées, à l'information et au calcul quantiques, ainsi qu'à la dualité holographique et à la théorie des cordes.

Boursières Emmy-Noether

Amalie Emmy Noether était une mathématicienne allemande. Elle est connue pour ses contributions révolutionnaires en algèbre abstraite et en physique théorique. Même si Albert Einstein l'a qualifiée de femme la plus importante de l'histoire des mathématiques, Emmy Noether a dû faire face à de nombreux obstacles en tant que femme dans une discipline dominée par les hommes. L'Institut Périclète a mis sur pied en son honneur le programme de bourses Emmy-Noether, qui vise à donner une impulsion décisive à des chercheuses prometteuses. Ce programme fait partie de l'initiative Emmy-Noether de l'IP, ensemble de programmes conçus pour augmenter de manière significative le nombre de femmes qui font carrière et réussissent en physique.

Les boursières Emmy-Noether couvrent un vaste éventail de domaines de compétence. Elles sont en congé de leur institution d'appartenance pour une période pouvant aller jusqu'à un an et poursuivent leurs recherches dans le milieu dynamique de l'Institut Périclète. On les encourage à participer à des conférences et ateliers, et elles ont généralement toute liberté de se concentrer sur leurs recherches à un moment crucial de leur jeune carrière.

L'Institut Périclète leur offre ainsi qu'à leur famille un soutien extraordinaire, et le programme est conçu pour être souple et adapté à leurs besoins¹⁸.

En 2014-2015, l'Institut Périclète a accueilli 6 boursières Emmy-Noether et en a recruté 7 autres pour 2015-2016¹⁹. Le nombre de candidates a triplé par rapport à l'année précédente, ce qui témoigne du prestige croissant du programme.

¹⁸ Cela comprend des dispositions concernant le logement et la garde des enfants, afin de permettre aux familles des boursières de les accompagner, ainsi que des reports de séjour lorsque les circonstances l'exigent. Par exemple, lorsque Kathryn Zurek, boursière Emmy-Noether pour 2014-2015, a obtenu un poste de professeure au Laboratoire national Lawrence-Berkeley, l'Institut Périclète lui a permis de reporter sa bourse pour qu'elle puisse déménager et s'installer dans son nouveau poste.

¹⁹ Les boursières Emmy-Noether recrutées pour 2015-2016 sont Fiona Burnell (Université du Minnesota), Barbara Drossel (Université technique de Darmstadt), Shirley Ho (Université Carnegie-Mellon), Natalia Perkins (Université du Minnesota), Katarzyna Rejzner (Université de York), Rachel Rosen (Université Columbia) et Sarah Shandera (Université d'État de Pennsylvanie).

Nouvelles boursières Emmy-Noether 2014-2015

Alejandra Castro, professeure adjointe à l'Université d'Amsterdam, se spécialise dans les nouvelles approches de la gravitation classique et de la gravitation quantique. Ses travaux cherchent à expliquer l'origine microscopique de la thermodynamique des trous noirs et l'émergence de l'espace-temps en gravitation quantique.

Orit Davidovich, professeure adjointe Ralph-Boas à l'Université Northwestern, se spécialise dans la théorie des champs topologiques, les catégories de fusion et les catégories modulaires.

Astrid Eichhorn, postdoctorante au Collège impérial de Londres, travaille dans le domaine de la gravitation quantique (surtout la sécurité asymptotique). Elle cherche à jeter des ponts entre la gravitation quantique et la physique des particules.

Belén Paredes est professeure adjointe à l'Institut de physique théorique (IFT) de Madrid, qui relève conjointement de l'Université autonome de Madrid et du Conseil national de recherches de l'Espagne. Elle s'intéresse aux nouveaux états de la matière, à l'intrication quantique et à l'ingénierie de matériaux quantiques pour l'informatique quantique.

Catherine Pépin est chercheuse permanente à l'Institut de physique théorique du CEA (Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives) à Saclay. Elle s'intéresse particulièrement aux phénomènes quantiques émergents. Ses travaux récents ont notamment porté sur les transitions de phase à température nulle (appelées points critiques quantiques) dans les systèmes à fermions lourds et les supraconducteurs à haute température.

Silke Weinfurtnner est titulaire d'une bourse de recherche de la Société royale de Londres et d'une bourse de recherche Nottingham à l'Université de Nottingham. Elle se spécialise dans les domaines de la gravitation quantique, de la gravité forte et de la physique de la matière condensée. Ses recherches portent en grande partie sur la conception d'expériences de laboratoire visant à explorer la gravitation quantique.

Programme de chercheurs invités

Le programme de chercheurs invités de l'Institut Périmètre amène à Waterloo des scientifiques du monde entier. Les chercheurs invités ont le temps et l'espace voulus pour accomplir le travail intense et soutenu nécessaire pour résoudre des problèmes difficiles, souvent en collaboration avec des scientifiques résidents de l'Institut. De plus, le programme permet aux chercheurs de l'IP de se tenir au courant des derniers développements dans leur domaine, d'échanger des idées et de susciter de nouvelles collaborations.

Le programme de chercheurs invités contribue en outre au recrutement de scientifiques, en faisant connaître aux candidats potentiels le milieu de recherche dynamique et l'excellent soutien administratif qui permettent aux chercheurs d'atteindre une productivité maximale. L'année dernière, des séjours de

recrues potentielles ont mené à de nouvelles nominations à tous les niveaux, notamment celles du professeur Max Metlitski ainsi que des professeurs associés Markus Mueller et Ue-Li Pen.

- En 2014-2015, l'Institut Périmètre a accueilli 450 chercheurs invités, pour un total de 530 séjours scientifiques, dépassant les objectifs fixés²⁰.

²⁰ Ces chercheurs invités comprennent des membres affiliés, des collaborateurs, des recrues potentielles, des conférenciers à des séminaires et colloques, ainsi que 32 titulaires de chaire de chercheur invité distingué et 12 adjoints invités.

Objectif n° 5 : Constituer une plaque tournante d'un réseau mondial de centres de physique théorique et de mathématiques

Résumé des réalisations

- Accueil en juillet 2015 de l'École d'été tripartite sur les particules élémentaires (TRISEP)
- Renouvellement de partenariats avec l'École internationale supérieure d'études avancées de Trieste, en Italie (SISSA), l'Institut sud-américain de recherche fondamentale du Centre international de physique théorique (ICTP-SAIFR) et l'Université de Porto
- Recrutement de Prince Osei comme 3^e boursier postdoctoral africain des instituts Fields et Périmètre
- Début des travaux en vue du prochain sommet du partenariat WGSJ, qui aura lieu au printemps 2016
- Poursuite de l'assistance à l'initiative *Next Einstein* (le prochain Einstein) de l'Institut africain des sciences mathématiques (AIMS-NEI)
- Organisation à l'Institut Périmètre de 8 conférences et ateliers conjoints avec des partenaires nationaux et internationaux, et parrainage de 11 autres conférences et ateliers à l'extérieur de l'Institut (voir l'objectif n° 7)

Points saillants

Collaborations et partenariats

L'Institut Périmètre maintient des partenariats avec de nombreuses institutions de premier plan au Canada et à l'étranger, renforçant sa position de plaque tournante mondiale et ouvrant des possibilités de collaboration pour ses scientifiques. En plus de partenariats officiels avec des institutions, l'IP profite, grâce à des membres de son corps professoral, de nombreux partenariats informels avec des organismes tels que le Laboratoire national de l'accélérateur Thomas-Jefferson, le projet CHIME (*Canadian Hydrogen Intensity Mapping Experiment* – Expérience canadienne de cartographie d'intensité de l'hydrogène), le télescope EHT (*Event Horizon Telescope* – Télescope horizon des événements), le télescope SKA (*Square Kilometre Array* – Réseau d'un kilomètre carré), le Laboratoire TRIUMF et le grand collisionneur de hadrons du CERN.

En 2014-2015, l'Institut Périmètre a renforcé ses liens dans la communauté internationale de la physique, grâce à un certain nombre de partenariats aussi bien officiels qu'informels.

- L'Institut a renouvelé des partenariats productifs avec l'École internationale supérieure d'études avancées de Trieste, en Italie (SISSA), l'Institut sud-américain de recherche fondamentale du Centre international de physique théorique (ICTP-SAIFR) et l'Université de Porto, respectivement jusqu'en 2016, 2019 et 2020.

- L'Institut a été l'hôte de plusieurs conférences internationales importantes, dont *EHT 2014* en novembre 2014. Le télescope EHT (*Event Horizon Telescope* – Télescope horizon des événements) est le premier instrument astronomique capable de produire une image de l'horizon d'un trou noir connu. Cette conférence a réuni plus de 100 membres de l'équipe de l'expérience EHT, qui ont échangé sur les manières d'exploiter pleinement les possibilités uniques de ce télescope²¹.

Bourse postdoctorale africaine des instituts Fields et Périmètre

L'Institut Périmètre et l'Institut Fields de recherche mathématique de l'Université de Toronto ont conclu un partenariat pour financer 4 bourses postdoctorales conjointes d'une durée d'un an, destinées à des Africains qui ont récemment obtenu leur doctorat. Prince Osei, du Ghana, vient d'être choisi comme 3^e boursier; il commencera à l'automne 2015 un séjour à l'IP. Ses travaux portent sur la gravitation quantique et la physique mathématique, et il a déjà collaboré avec Bianca Dittrich, professeure à l'Institut Périmètre.

École d'été tripartite sur les particules élémentaires (TRISEP)

L'École d'été tripartite sur les particules élémentaires (TRISEP) est une école d'été internationale d'une durée de 2 semaines sur des sujets de l'heure en physique des particules, organisée à l'intention d'étudiants diplômés et de postdoctorants. En partenariat avec les laboratoires canadiens TRIUMF et SNOLAB, l'Institut Périmètre a accueilli en juillet 2015 la 3^e édition de cette école d'été, qui a porté entre autres sur la cosmologie, le modèle standard, la physique des astroparticules et les techniques modernes de calcul d'amplitudes. Natalia Toro et Song He, chercheurs à l'Institut Périmètre, ainsi que Matias Zaldarriaga, titulaire d'une chaire de chercheur invité distingué, ont fait partie du corps enseignant de TRISEP.

Le partenariat WGS (Waterloo Global Science Initiative)

WGS (*Waterloo Global Science Initiative*) est un partenariat sans but lucratif, financé de manière indépendante, mis sur pied par l'Institut Périmètre et l'Université de Waterloo. Il a pour mandat de promouvoir le dialogue sur des problèmes complexes d'envergure mondiale et de susciter la réflexion élargie nécessaire pour faire progresser les idées, les possibilités et les stratégies favorisant un avenir sûr et durable. Les sommets qu'il organise, les plans qui en résultent et d'autres activités sont les moyens employés par WGS pour remplir son mandat.

En 2014-2015, l'équipe du partenariat WGS a continué de distribuer le document *Learning 2030 Blueprint* (Plan Formation 2030) et a complété les activités découlant du sommet sur la formation. Forte du succès des sommets de 2011 et de 2013, et conformément aux objectifs fixés, l'équipe travaille à la planification du sommet de 2016, qui portera sur les moyens scientifiques et technologiques visant à

²¹ James Bardeen et Gabriela Gonzalez, titulaires de chaire de chercheur invité distingué de l'Institut Périmètre, ont participé à cette conférence.

réduire la dépendance envers les sources d'énergie non renouvelables et à améliorer le bien-être de ceux qui n'ont pas facilement accès à des sources d'énergie.

Rayonnement international

AIMS-NEI

Jusqu'à ce jour, les efforts de rayonnement international de l'Institut Périmètre ont largement mis l'accent sur l'initiative *Next Einstein* (le prochain Einstein) de l'Institut africain des sciences mathématiques (AIMS-NEI), projet lancé en 2003 par Niel Turok, actuellement directeur de l'IP, pour mettre sur pied un réseau panafricain de centres dispensant une formation mathématique et scientifique avancée à des diplômés africains exceptionnels. Inauguré avec un premier centre en Afrique du Sud, le réseau de l'AIMS a grandi et compte maintenant 5 centres répartis sur le continent, dont le plus récent a ouvert ses portes en Tanzanie à l'automne 2014.

Dès le début, l'Institut Périmètre s'est donné pour objectif d'offrir aide et conseils à l'AIMS, et d'être disponible comme ressource alors que l'AIMS construit son propre succès. En 2014-2015, l'IP a continué de mettre à profit les compétences de ses chercheurs et de son personnel administratif pour soutenir le réseau de l'AIMS-NEI.

- Des membres du personnel de l'Institut Périmètre ont contribué au succès d'un engagement de 25 millions de dollars de la part de la Fondation MasterCard.
- Des membres du personnel de l'Institut Périmètre ont fourni une expertise administrative pour préparer l'ouverture de l'AIMS-Tanzanie, de même que le premier forum *Next Einstein* qui se tiendra au Sénégal en mars 2016.
- Neil Turok, directeur de l'Institut Périmètre, a participé en octobre 2014 à une activité organisée à Ottawa à l'intention des bailleurs de fonds actuels et potentiels de l'AIMS-NEI, pour les informer de l'état présent du réseau.
- Des chercheurs de l'Institut Périmètre continuent d'enseigner dans des centres de l'AIMS.

Objectif n° 6 : Renforcer le rôle de l'Institut Péricètre comme centre de convergence pour la recherche en physique fondamentale au Canada

Résumé des réalisations

- Nomination de 3 nouveaux professeurs associés, conjointement avec l'Université de Toronto et l'Université Western (voir l'objectif n° 2)
- Partenariat avec l'Université de Waterloo pour le programme de maîtrise PSI, avec la participation de professeurs d'universités canadiennes à titre de conférenciers et de superviseurs de projets de recherche²² (voir l'objectif n° 3)
- Organisation de 8 ateliers et conférences, conjointement avec des partenaires universitaires régionaux et nationaux, et parrainage de 11 autres conférences et ateliers (voir l'objectif n° 7)
- Approfondissement des liens avec des centres d'expérimentation et d'observation, au Canada et ailleurs dans le monde
- Poursuite du travail en collaboration étroite avec des partenaires régionaux, afin de soutenir l'écosystème de technologie quantique *Quantum Valley*
- Nomination de 9 nouveaux membres affiliés et renouvellement du mandat de 89 autres, pour un nombre total de 113 membres affiliés de toutes les régions du Canada

Points saillants

Engagement avec des centres d'expérimentation

L'expérimentation constitue le test ultime de toute théorie. Reconnaisant l'importance des interactions entre la théorie et l'expérience, l'Institut Péricètre a créé des liens avec des centres d'expérimentation et d'observation du monde entier, et a continué de renforcer ces liens en 2014-2015.

L'Institut d'informatique quantique (IQC) de l'Université de Waterloo demeure le principal partenaire d'expérimentation de l'Institut Péricètre. Le directeur général de l'IQC est Raymond Laflamme, et ses directeurs adjoints sont Michele Mosca, David Cory et Kevin Resch. MM. Laflamme, Mosca et Cory sont tous professeurs associés à l'Institut Péricètre, alors que M. Resch est membre affilié de l'IP. De nombreux autres chercheurs de l'IP ont été recrutés conjointement avec l'IQC²³.

²² Ces professeurs sont Anton Burkov, de l'Université de Waterloo, Joseph Emerson, de l'Institut d'informatique quantique de l'Université de Waterloo, Marcel Franz, de l'Université de la Colombie-Britannique, et David Morrissey, du Laboratoire TRIUMF.

²³ C'est le cas du professeur associé Raffi Budakian, de l'adjoint invité Eduardo Martin-Martinez, ainsi que des postdoctorants Gus Gutoski, Zhengfeng Ji, Huan Yang et Joshua Combes. Le professeur Dmitry Abanin et le chercheur affilié principal Steve MacLean sont associés à l'IQC, et les 2 instituts ont également un certain nombre de membres affiliés en commun.

De nombreux cas témoignent des progrès qui peuvent être accomplis lorsque des théoriciens et des expérimentateurs travaillent ensemble. Par exemple, Robert Spekkens, professeur à l'Institut Périmètre, et la doctorante Katja Ried ont récemment collaboré avec Kevin Resch, professeur à l'IQC, et d'autres scientifiques à l'ouverture de nouvelles avenues de recherche sur les systèmes quantiques. Juan Carrasquilla, postdoctorant à l'Institut Périmètre, fait partie d'une équipe qui a pris un gaz ultrafroid appelé condensat de Bose-Einstein et l'a « refroidi » encore davantage par distillation pour le mettre dans un état plus ordonné.

De telles collaborations devraient prendre de l'ampleur, alors que des scientifiques de l'Institut Périmètre intensifient leurs liens avec de nombreux projets majeurs d'expérimentation partout dans le monde.

Par exemple, dans les domaines de la physique des particules et de l'astrophysique des particules, l'Institut Périmètre a créé des liens étroits avec des centres d'expérimentation et d'observation, au pays comme à l'étranger. Les professeurs Philip Schuster et Natalia Toro ont des liens étroits avec des centres d'expérimentation, dont le Laboratoire national de l'accélérateur Thomas-Jefferson (JLab), le grand collisionneur de hadrons (LHC) du CERN et le Laboratoire national de l'accélérateur SLAC. Ils sont les porte-parole de l'expérience APEX (*A-Prime EXperiment* – Expérience A') du JLab – ce qui est exceptionnel pour des théoriciens. Ils sont également impliqués dans les expériences HPS (*Heavy Photon Search* – Recherche de photons lourds) et BDX (*Beam Dump Experiment* – Expérience de diffuseur d'énergie).

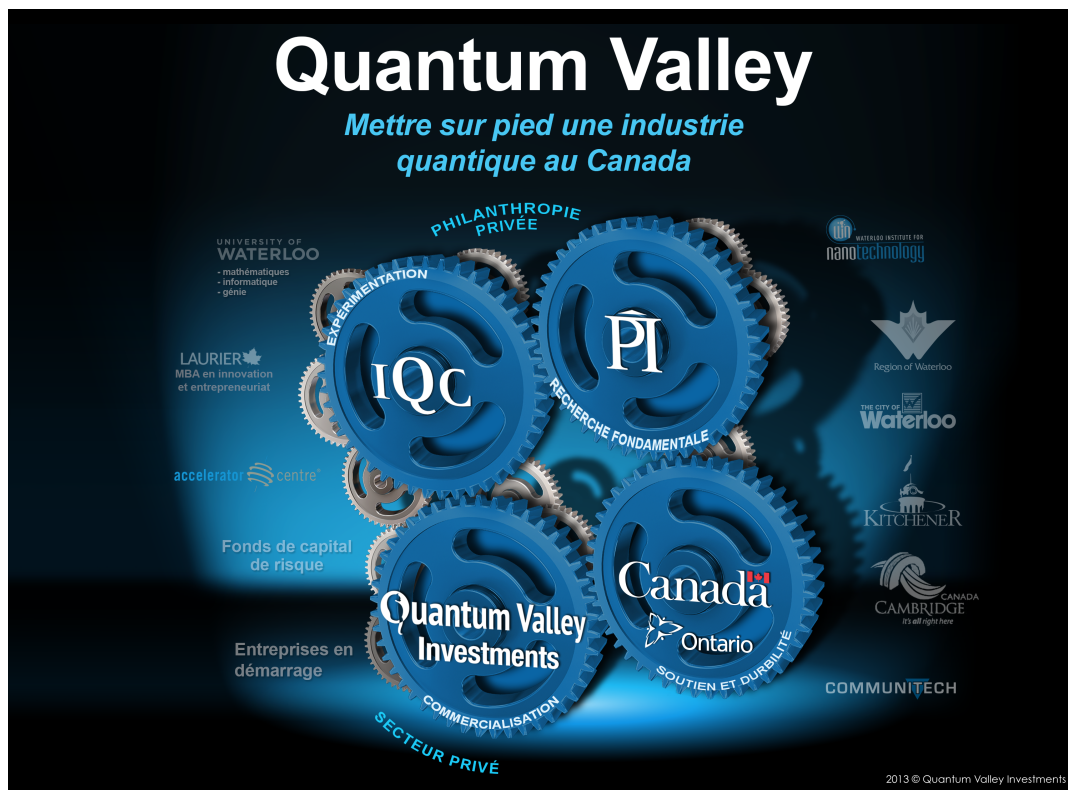
Au Canada, l'Institut Périmètre redouble d'efforts pour créer des liens avec l'Observatoire de neutrinos de Sudbury (SNOLAB) et d'autres centres d'expérimentation en astrophysique des particules. Art McDonald, dont les travaux sur l'expérience SNO lui ont valu le prix Nobel 2015 en physique, est membre du conseil d'administration de l'Institut Périmètre depuis 2011, et il conseille l'Institut pour la recherche de candidats en vue d'une embauche conjointe d'un nouveau professeur avec l'Université Queen's. De telles embauches conjointes stratégiques visent à favoriser un flux de personnel entre l'IP et des centres d'expérimentation de premier plan, suscitant de nouvelles idées pour l'analyse et l'exploitation d'expériences existantes comme pour la conception de nouvelles expériences. En plus de SNOLAB, l'Institut Périmètre est en pourparlers avec Jonathan Bagger, Ph.D., nouveau directeur du Laboratoire TRIUMF, en vue d'intensifier la collaboration entre les 2 institutions pour l'essor de la physique des particules au Canada.

Dans les domaines de la cosmologie et de l'astrophysique, l'Institut Périmètre est également en contact avec le monde de l'observation et de l'expérimentation. Le professeur associé Avery Broderick est membre de l'équipe de l'expérience EHT (*Event Horizon Telescope* – Télescope horizon des événements), qui vise la première observation directe de l'environnement immédiat d'un trou noir. Cette année, l'Institut a lancé l'initiative EHT, qui consiste à mettre sur pied une équipe de professeurs, de postdoctorants et d'étudiants diplômés pour effectuer des analyses de pointe de données astrophysiques recueillies par le télescope EHT. Entre-temps, le professeur Kendrick Smith participe à un certain nombre de collaborations expérimentales qui visent la mesure du rayonnement fossile (ou fonds diffus cosmologique), dont le satellite Planck, le projet HSC (*Hyper-Suprime Cam*) au télescope Subaru

d'Hawaii et le projet CHIME (*Canadian Hydrogen Intensity Mapping Experiment* – Expérience canadienne de cartographie d'intensité de l'hydrogène). Des discussions avec l'Institut Dunlap d'astronomie et d'astrophysique de l'Université de Toronto ont été entreprises afin de créer des liens de collaboration.

Enfin, l'Institut Péricimètre maintient des liens avec le monde de l'expérimentation par le truchement de son programme de conférences, et plusieurs conférences données en 2014-2015 portaient directement sur des constatations et défis expérimentaux²⁴. En partenariat avec les laboratoires TRIUMF et SNOLAB de physique des particules, l'Institut Péricimètre a été l'hôte de la 3^e édition de l'École d'été tripartite sur les particules élémentaires (TRISEP) en juillet 2015. (L'annexe G donne la liste complète des liens de l'Institut Péricimètre avec des centres d'expérimentation.)

Participation à la *Quantum Valley* à titre de catalyseur



« Nous sommes actuellement au milieu d'une deuxième révolution quantique. La première nous a donné de nouvelles règles qui régissent la réalité physique. Cette deuxième révolution quantique exploitera ces règles pour la mise au point de nouvelles technologies. » [traduction]

– Gerard Milburn, directeur du Centre d'ingénierie de systèmes quantiques de l'Université du Queensland

²⁴ Ce sont : *EHT 2014*, du 10 au 14 novembre 2014; *Preparing for the High-Luminosity Run of the LHC* (Préparation du LHC à forte luminosité), les 8 et 9 juin 2015; *Convergence*, du 20 au 24 juin 2015; *TRISEP 2015*, du 6 au 17 juillet 2015. Pour plus de détails, voir l'annexe G, *Liens de l'Institut Péricimètre avec le milieu de l'expérimentation*.

Au XX^e siècle, des milliers de milliards de dollars de nouvelle richesse, ainsi que des millions d'emplois, ont résulté de percées en physique fondamentale – transistors, ordinateurs, IRM, GPS, communications sans fil, téléphones multifonctions, etc. Maintenant, au XXI^e siècle, la révolution quantique vient de commencer, et son potentiel est plus grand encore.

L'informatique quantique est l'un des domaines scientifiques qui évolue le plus rapidement, avec des progrès rapides allant de la théorie fondamentale à la mise au point de composantes et dispositifs prototypes. Beaucoup sont maintenant d'avis que les technologies quantiques pourraient fort bien transformer la société comme ce fut le cas avec la première vague d'ordinateurs classiques. Les experts croient que d'ici une vingtaine d'années des appareils quantiques pourraient avoir des applications dans des domaines aussi divers que la cryptographie, l'exploration pétrolière et les diagnostics médicaux non effractifs.

Une *Quantum Valley* – analogue à la *Silicon Valley* – est en train de voir le jour dans la région de Waterloo. L'Institut Périmètre est la source d'un écosystème quantique florissant qui englobe la théorie et les découvertes fondamentales ainsi que la formation (à l'Institut Périmètre), de même que la recherche expérimentale (à l'Institut d'informatique quantique de l'Université de Waterloo). Une troisième composante de cet écosystème est Quantum Valley Investments, entreprise privée qui offre non loin de là une infrastructure de laboratoires (dans le bâtiment RAC II du *Research Advancement Centre* – Centre d'avancement de la recherche – et dans des laboratoires « tranquilles », c'est-à-dire qui ont un minimum de vibrations, de bruits acoustiques et d'interférences électromagnétiques), ainsi qu'une expertise en commercialisation et du capital de risque. Le tout bénéficie de la culture dynamique de démarrage d'entreprises de la région de Waterloo, fortement orientée vers le développement technologique.

En 2014-2015, l'Institut Périmètre a continué de collaborer étroitement avec des expérimentateurs de l'IQC et d'autres acteurs clés de la région de Waterloo²⁵ pour faire en sorte que le Canada demeure dans le peloton de tête de la course internationale pour la création d'une nouvelle industrie quantique, qui se traduira par une forte création d'emplois et de valeur ajoutée.

L'Institut Périmètre a de plus recruté un certain nombre de spécialistes de la physique quantique et de la matière condensée : Markus Mueller, professeur associé; Frank Verstraete, titulaire d'une chaire de chercheur invité distingué; Fay Dowker, Eduardo Martin-Martinez et Brian Swingle, adjoints invités; Belén Paredes et Catherine Pépin, boursières Emmy-Noether (voir l'objectif n° 4); de nombreux postdoctorants.

²⁵ Ceux-ci comprennent la communauté universitaire environnante (dont le Centre Quantum-Nano, l'Institut de nanotechnologie de Waterloo et l'Université de Waterloo), un ensemble dynamique d'entreprises en démarrage dans la région (dont Communitel et Universal Quantum Devices), de même que des investisseurs en capital de risque (dont Quantum Valley Investments, la plus récente entreprise de Mike Lazaridis).

Membres affiliés

Mis sur pied peu après la fondation de l'Institut Périmètre, le programme de membres affiliés constitue un moyen crucial de tisser des liens au sein de la communauté des chercheurs en physique fondamentale d'un bout à l'autre du Canada. Les membres affiliés sont des chercheurs choisis au sein d'universités et d'institutions de recherche canadiennes, qui sont invités à faire régulièrement des séjours informels à l'Institut Périmètre.

Les membres affiliés ont accès à une communauté active de chercheurs couvrant tout le spectre de la physique, ce qui leur permet d'explorer des idées auxquelles ils ne seraient pas nécessairement exposés dans leur établissement d'appartenance. Pour sa part, l'Institut Périmètre consolide ses liens avec plus de 25 centres de recherche canadiens de premier plan et offre à ses scientifiques résidents de nouvelles possibilités de collaboration. Toute la communauté des physiciens bénéficie de cette situation.

En 2014-2015, l'Institut Périmètre a nommé 9 nouveaux membres affiliés et a renouvelé le mandat de 89 autres jusqu'en 2018, faisant en sorte que cette communauté dynamique de chercheurs continue d'enrichir le milieu de recherche de l'Institut.

- L'Institut Périmètre compte maintenant 113 membres affiliés, conformément aux objectifs fixés (voir l'annexe D, *Membres affiliés*).

Objectif n° 7 : Organiser des conférences, ateliers, cours et séminaires ciblés et opportuns

Résumé des réalisations

- Tenue de 15 conférences et ateliers, auxquels ont participé 873 scientifiques du monde entier
- Tenue de 325 rencontres scientifiques (283 séminaires et 42 colloques)
- Collaboration pour l'organisation de 8 conférences et ateliers tenus à l'Institut Périmètre, et parrainage de 11 autres ateliers et conférences à l'extérieur de l'Institut
- Enseignement de 4 cours à des chercheurs et étudiants d'universités environnantes

Points saillants

Conférences et ateliers

- L'Institut Périmètre a organisé 15 conférences et ateliers ciblés, dépassant les objectifs fixés²⁶.
- L'Institut a accueilli plus de 250 scientifiques pour *Convergence*, réunion d'un nouveau genre donnant une vue d'ensemble de la physique fondamentale et de son avenir.

L'Institut Périmètre a mis sur pied un programme de conférences de renommée internationale, en choisissant des sujets ayant un potentiel exceptionnel de résultats importants. En 2014-2015, 873 scientifiques ont participé aux conférences et ateliers de l'Institut, illustrant son rôle de forum majeur d'échanges en physique théorique. De plus, le programme de conférences consolide les liens de l'Institut Périmètre avec ses partenaires institutionnels. Cette année, l'IP a également organisé 8 ateliers

²⁶ Ce sont : (1) *EHT 2014*; (2) *Mathematical Physics Workshop* (Atelier de physique mathématique); (3) *PI Day* (Journée de l'IP) [octobre 2014]; (4) *Superluminality in Effective Field Theories for Cosmology* (Supraluminicité dans les théories quantiques des champs pour la cosmologie); (5) *(Mock) Modularity, Moonshine, and String Theory* (Modularité, pseudomodularité, clair de lune et théorie des cordes); (6) *Superstring Perturbation Theory* (Théorie perturbative de supercordes); (7) *PI Day* (Journée de l'IP) [avril 2015]; (8) *4 Corners Southwest Ontario Condensed Matter Physics Symposium 2015* (Colloque des quatre coins du Sud-ouest ontarien sur la matière condensée 2015); (9) *PI-CITA Day 2015* (Journée IP-ICAT 2015); (10) *Information Theoretic Foundations for Physics* (Fondements de théorie de l'information pour la physique); (11) *Flux Tubes* (Tubes de flux); (12) *GAP 2015* (Géométrie et physique 2015); (13) *Preparing for the High-Luminosity Run of the LHC* (Préparation du LHC à forte luminosité); (14) *Convergence*; (15) *TRISEP 2015*.

et conférences avec des partenaires canadiens et étrangers²⁷. Il a aussi parrainé 11 autres ateliers et conférences à l'extérieur de l'Institut²⁸.

Voici quelques conférences dignes de mention parmi celles de l'année écoulée :

- **PI Days** (Journées de l'IP), les 22 et 23 octobre 2014, et le 28 avril 2015 – Maintenant à leur 2^e année d'existence, les Journées de l'Institut Périmètre sont des ateliers internes destinés à favoriser des discussions interdisciplinaires et de nouvelles collaborations entre chercheurs de l'Institut. Des professeurs et postdoctorants des 9 domaines de recherche de l'IP présentent leurs travaux les plus récents, se lancent mutuellement des défis et participent à des discussions animées visant à créer des liens de recherche au sein de la communauté de l'Institut. Plus de 75 étudiants et chercheurs ont participé à l'atelier d'octobre 2014, qui a mis l'accent sur de nouvelles orientations, notamment la physique du non-équilibre. L'atelier d'avril 2015 a réuni 19 chercheurs de l'IP, qui ont exploré diverses idées sur des sujets d'intérêt général dans plusieurs disciplines. Les débats ont été animés, parfois houleux, en particulier sur la question de savoir si des expériences permettraient de confirmer les origines quantiques des inhomogénéités dans l'univers primitif.
- **EHT 2014**, du 10 au 14 novembre 2014 – Le télescope EHT (*Event Horizon Telescope* – Télescope horizon des événements) est le premier instrument astronomique capable de produire une image de l'horizon d'un trou noir connu. En réunissant un réseau mondial d'observatoires fonctionnant dans le domaine des ondes millimétriques et submillimétriques, le télescope EHT permet d'obtenir par interférométrie à très grande base les résolutions exceptionnelles requises. Il a déjà permis de détecter une structure à l'échelle de l'horizon des événements autour des trous noirs supermassifs situés au centre de la Voie lactée et de la galaxie elliptique géante M87. *EHT 2014* a été la 2^e d'une série de conférences visant à rassembler toute la communauté du télescope EHT, des constructeurs d'instruments aux auteurs de modèles théoriques, afin d'exploiter tout le potentiel des occasions uniques offertes par ce télescope.

²⁷ Ce sont : (1) *EHT 2014*, (2) *Mathematical Physics Workshop* (Atelier de physique mathématique), (3) *Superluminality in Effective Field Theories for Cosmology* (Supraluminicité dans les théories quantiques des champs pour la cosmologie), (4) *Superstring Perturbation Theory* (Théorie perturbative de supercordes), (5) *Information Theoretic Foundations for Physics* (Fondements de théorie de l'information pour la physique) et (6) *Convergence*, tous avec la Fondation Templeton; (7) *GAP 2015* (Géométrie et physique 2015), avec l'Institut Fields et l'Université de Waterloo; (8) *TRISEP 2015*, avec les laboratoires TRIUMF et SNOLAB.

²⁸ Voici la liste de ces activités, avec pour chacune l'organisme partenaire : (1) 5^e conférence internationale de l'UIPPA sur les femmes en physique, Université Wilfrid-Laurier; (2) *New Phenomena at the Upgraded LHC* (Phénomènes nouveaux au LHC rénové), Laboratoire TRIUMF; (3) *Isham at 70* (Les 70 ans de Chris Isham), Collège impérial de Londres, Royaume-Uni; (4) *PQCrypto 2014*, Université de Waterloo; (5) *Testing Gravity 2015* (Test de la gravité 2015), Université Simon-Fraser; (6) Institut d'hiver 2015 du lac Louise, Université de l'Alberta; (7) *Progress in Ab Initio Techniques in Nuclear Physics* (Progrès des techniques *ab initio* en physique nucléaire), Laboratoire TRIUMF; (8) *Theory Canada 10* (Théorie Canada 10), Université de Calgary; (9) *Contextuality and Non-Locality as Resources for Quantum Information* (La contextualité et la non-localité en tant que ressources pour l'information quantique), Université de la Colombie-Britannique; (10) 5^e conférence sur l'imagerie par résonance magnétique à l'échelle nanométrique, Institut d'informatique quantique de l'Université de Waterloo; (11) *Women in Physics Canada 2015* (Les femmes et la physique au Canada 2015), Université de Toronto.

Cette conférence a en outre mené à une étape que l'on attendait depuis longtemps, soit la mise sur pied d'une collaboration officielle autour du télescope EHT.

- **Convergence**, du 20 au 24 juin 2015 – Comptant plus de 250 participants inscrits, *Convergence* a réuni un grand nombre des plus grands physiciens de la planète pour discuter des idées les plus palpitantes dans le domaine et dresser une feuille de route pour la physique au XXI^e siècle. Conçue comme une réunion scientifique d'un nouveau genre donnant une vue d'ensemble de la physique fondamentale et de son avenir, elle a attiré 17 titulaires de chaire de chercheur invité distingué et un nombre important d'anciens étudiants de l'Institut Périmètre. L'activité a également célébré, au moyen de conférences commémoratives, le centenaire de 2 découvertes marquantes du XX^e siècle : le théorème de Noether et la théorie de la relativité générale d'Einstein.
- **TRISEP 2015**, du 6 au 17 juillet 2015 – Cette école d'été internationale est organisée conjointement par l'Institut Périmètre de physique théorique, le laboratoire SNOLAB de l'Observatoire de neutrinos de Sudbury et TRIUMF, le laboratoire national canadien pour la recherche en physique nucléaire et en physique des particules. *TRISEP 2015*, qui a comporté des conférences données par des experts de premier plan en physique des particules, était conçue comme une activité hautement interactive, avec amplement de temps pour des questions, des discussions et des interactions avec les conférenciers. Cette école d'été était destinée aux étudiants diplômés de tous les niveaux qui avaient déjà été exposés à la théorie quantique des champs. Un participant a exprimé en ces termes l'utilité de cette école d'été : « Ces 2 semaines ont été plus utiles que 2 mois de n'importe quel cours que j'ai suivi dans toute ma vie. »

Séminaires et colloques

Les séminaires et les colloques favorisent la collaboration et le partage de connaissances de la part de chercheurs de premier plan au monde, permettant aux scientifiques de l'Institut Périmètre de demeurer à la fine pointe de la recherche dans tout le spectre de la physique théorique. Constituant un volet important de la vie intellectuelle de l'Institut, ils sont animés par des scientifiques résidants et invités. En 2014-2015, les titulaires de chaire de chercheur invité distingué Nima Arkani-Hamed, Abhay Ashtekar, James Bardeen, Savas Dimopoulos, S. James Gates Jr., Matilde Marcolli, Barbara Terhal, Senthil Todadri, Bill Unruh, Ashvin Vishwanath, Steven White et Mark Wise ont fait des exposés scientifiques à l'intention des chercheurs de l'IP.

- En 2014-2015, l'Institut Périmètre a tenu 325 rencontres scientifiques (283 séminaires et 42 colloques), dépassant les objectifs fixés.

Cours

L'Institut Péricimètre cherche à partager les connaissances de ses scientifiques résidants et invités, en leur faisant donner des cours spécifiques sur des sujets à la fine pointe de la recherche. Ces cours sont ouverts aux étudiants des universités environnantes, ce qui améliore d'autant l'offre de cours de ces universités.

En 2014-2015, l'Institut Péricimètre a offert 1 cours avancé donnant droit à des crédits – *Fundamentals of Astrophysics* (Notions fondamentales d'astrophysique), donné par le professeur associé Niayesh Afshordi de septembre à décembre 2014 – et 3 mini-cours non crédités : *Entanglement Entropy and the Area Law* (Entropie d'intrication et loi de l'aire), donné par le chercheur principal Rafael Sorkin en octobre 2014; *Higher-Spin Gravity: One Learner's Perspective* (Gravité des spins élevés : point de vue d'un apprenant), donné par le postdoctorant Yasha Neiman en mai 2015; *Unruh-DeWitt Detectors in RQI: From the Basics to Frontiers* (DéTECTEURS d'Unruh-DeWitt en informatique quantique relativiste : fondements et limites), donné par Shih-Yuin Lin, professeur à l'Université nationale d'éducation de Changhua en mai 2015. L'Institut a également ouvert tous les cours du programme PSI aux étudiants des universités environnantes (avec autorisation spéciale), sous forme de mini-cours non crédités de 3 semaines.

Archives vidéo en ligne

Presque tous les exposés présentés à l'Institut Péricimètre sont enregistrés et accessibles en ligne dans la vidéothèque du site Web de l'Institut ou dans le système d'archivage en ligne de l'IP (PIRSA), à l'adresse www.pirsa.org. Ce système d'archives vidéo de séminaires, conférences, ateliers 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, et est devenu une source importante et largement utilisée dans le domaine.

- En 2014-2015, 82 845 visiteurs distincts de plus de 170 pays ont accédé aux archives vidéo de l'Institut Péricimètre, pour un total de 628 796 pages consultées.

Objectif n° 8 : Mener une action de diffusion des connaissances à fort impact

Résumé des réalisations

- Programmes et ressources pédagogiques qui ont bénéficié à plus de 1 million d'élèves au cours de l'année, pour un total de plus de 5 millions d'élèves à ce jour
- Tenue de la 13^e École d'été internationale pour jeunes physiciens et physiciennes (ISSYP) et organisation de 18 exposés *Physica Phantastica* – pour plus de 2 400 élèves de toutes les régions du Canada
- Présentation de 130 ateliers à plus de 3 000 enseignants au Canada et à l'étranger, qui ont bénéficié ultimement à plus de 225 000 élèves
- Création de 3 nouveaux modules d'enseignement, intitulés *Black Holes* (Trous noirs), *The Physics of Innovation* (La physique de l'innovation) et *Contemporary Physics* (Physique contemporaine)
- Conclusion d'un partenariat de distribution numérique avec Chalk.com pour diffuser les ressources pédagogiques de l'Institut Périmètre, actuellement utilisées dans 61 pays
- Présentation à guichets fermés de 8 conférences publiques passionnantes, également suivies par un auditoire plus nombreux que jamais grâce à des webdiffusions en collaboration avec d'importants partenaires médiatiques
- Lancement de la planification et de la stratégie en vue de *Canada 150*, grande célébration nationale dont l'Institut Périmètre dirigera le pilier Innovation
- Augmentation significative des communications de l'Institut Périmètre dans les médias numériques, ainsi que de son impact dans les médias sociaux

Points saillants

Programmes et produits destinés aux élèves

École d'été internationale pour jeunes physiciens et physiciennes (ISSYP)

L'École d'été internationale pour jeunes physiciens et physiciennes (ISSYP) est l'un des piliers des efforts de diffusion des connaissances de l'Institut Périmètre. Ce programme consiste à choisir des élèves du secondaire, canadiens et étrangers, qui ont fait la preuve de leur potentiel scientifique, et de les accueillir à l'IP pour 2 semaines de cours intensifs sur la physique moderne, en plus de séances de mentorat et de visites de laboratoires de partenaires expérimentaux de l'Institut. Ces élèves bénéficient d'un contact direct avec la recherche de pointe, à un âge où ils songent sérieusement à leurs possibilités de carrière. Des sondages de suivi menés auprès d'anciens de l'ISSYP montrent que, pour plus de 70 % d'entre eux, le programme les a incités à poursuivre une carrière en mathématiques ou en physique.

- En juillet 2015, l'Institut Périmètre a tenu la 13^e édition de l'ISSYP, à laquelle ont participé 40 élèves – 20 Canadiens de 7 provinces et 20 étrangers de 12 pays, également répartis entre garçons et filles.
- La Fondation RBC a renouvelé son appui à l'ISSYP pour 3 ans à compter de 2014-2015, devenant le commanditaire principal de ce programme.

Exposés *Physica Phantastica*

Les exposés *Physica Phantastica* constituent une introduction divertissante et accessible à la physique moderne. Ces exposés à grande échelle sont généralement présentés à des auditoires de 50 à 200 personnes. Ils sont conçus pour faire connaître les merveilles, les mystères et les joies de la science à des élèves, à des enseignants et au grand public.

- En 2014-2015, 18 exposés *Physica Phantastica* ont été présentés à plus de 1 700 élèves et enseignants, ainsi qu'à plus de 900 personnes du grand public.

Participation des Autochtones

En 2014-2015, l'Institut Périmètre a poursuivi son partenariat avec Actua, l'un des principaux organismes canadiens de diffusion des connaissances en sciences, technologie, génie et mathématiques (STGM) auprès des jeunes, et en particulier des Autochtones. Le personnel de diffusion des connaissances de l'IP a formé à l'utilisation des ressources de l'Institut des membres d'Actua de partout au pays, qui ont à leur tour transmis ce contenu à des élèves autochtones pendant les mois d'été. L'Institut Périmètre et Actua ont aussi commencé à définir une stratégie pour atteindre davantage de collectivités autochtones partout au Canada, dans le cadre des célébrations de *Canada 150*.

- Grâce aux partenaires de l'Institut Périmètre, plus de 1 000 jeunes Autochtones ont bénéficié des ressources de l'Institut.

Partenariat avec le ministère de l'Éducation

L'Institut Périmètre a conclu avec le ministère de l'Éducation de l'Ontario un partenariat de 4 ans qui permettra aux enseignants de toute la province de bénéficier de ressources et d'une formation modernes, ainsi que d'inspirer et d'intéresser les jeunes en classe et par des activités parascolaires d'enrichissement. Grâce à ce partenariat, l'Institut Périmètre pourra créer de nouvelles ressources pédagogiques liées aux programmes d'enseignement et accessibles en ligne, de même que rejoindre les enseignants et les élèves dans leurs milieux avec de nouvelles expositions scientifiques itinérantes et numériques, avec le concours d'autres organismes de diffusion des connaissances scientifiques.

L'objectif principal de ce partenariat est de fournir à tous les élèves des écoles financées par le secteur public de l'Ontario – y compris les élèves à risque et ceux qui vivent dans des régions sous-desservies de la province – les compétences et connaissances scientifiques nécessaires pour relever les défis à venir.

Programmes et ressources destinés aux enseignants

EinsteinPlus

Le camp *EinsteinPlus* pour enseignants est un atelier intensif d'une semaine en été, destiné aux enseignants du secondaire. Il permet de mettre en commun des stratégies efficaces d'enseignement des concepts clés de la physique moderne, facilite les échanges entre pairs et présente aux enseignants les ressources pédagogiques de l'Institut Périmètre. Les sondages menés auprès des participants d'éditions antérieures montrent qu'ils considèrent cette expérience comme une occasion de perfectionnement professionnel de toute première qualité.

- En juillet 2015, l'Institut Périmètre a accueilli 45 enseignants du monde entier pour la plus récente édition d'*EinsteinPlus*²⁹.

Le réseau des enseignants de l'Institut Périmètre

D'anciens participants à *EinsteinPlus* continuent de former le noyau du réseau des enseignants de l'Institut Périmètre, réseau de pairs constitué d'enseignants compétents et très motivés, formés à faire connaître à leurs collègues enseignants de leur région les ressources pédagogiques éprouvées de l'IP pour l'enseignement de la physique moderne. Le réseau des enseignants de l'IP compte plus de 55 personnes de toutes les régions de l'Ontario et du Canada, et fait partie intégrante de la stratégie de l'Institut pour accroître la capacité des enseignants à faire connaître la science moderne à leurs élèves.

- Au cours de l'année écoulée, des membres du réseau des enseignants de l'Institut Périmètre ont animé 104 ateliers, auxquels ont participé plus de 2 000 enseignants et qui ont ultimement bénéficié à quelque 150 000 élèves.
- Conformément aux objectifs fixés, l'Institut Périmètre a tenu 4 camps de formation de son réseau des enseignants, à Waterloo (2), à Calgary et à Vancouver, auxquels ont participé en tout 445 enseignants.

²⁹ Ce nombre comprend 23 enseignants canadiens venant de 8 provinces et 22 enseignants étrangers venant de 11 pays.

Ateliers et exposés sur place pour enseignants

Les exposés à des conférences et rencontres éducatives importantes constituent un moyen économique d'augmenter de manière significative la portée des produits et programmes de diffusion des connaissances de l'Institut Périmètre. L'Institut continue de choisir des rencontres ciblées pour les enseignants de la 7^e à la 12^e année de scolarité, au Canada et à l'étranger.

- En 2014-2015, l'équipe de diffusion des connaissances a animé, dans le cadre de conférences d'enseignants au Canada et à l'étranger, 27 ateliers qui ont bénéficié à plus de 1 000 enseignants et 75 000 élèves, dépassant les objectifs fixés³⁰.

Ressources pédagogiques

Création de modules éducatifs

Produits en tenant compte de l'opinion d'enseignants en physique et de scientifiques en exercice, les modules éducatifs constituent le principal moyen employé par l'Institut Périmètre pour initier les élèves à la physique moderne. Même si ces modules visent en premier lieu les élèves canadiens, ils ont été déployés dans plus de 60 pays. Les réactions montrent qu'ils sont utilisés et réutilisés dans les écoles, ce qui multiplie leur impact avec le temps.

L'Institut adopte une approche équilibrée de la création de produits éducatifs. Les modules *Inspirations* visent à piquer la curiosité des élèves plus jeunes et à les motiver à continuer de suivre plus tard des cours de mathématiques et de sciences, alors que les modules *Explorations* présentent des idées et du contenu technique plus complexes aux élèves du 2^e cycle du secondaire, ce qui constitue une excellente préparation pour les cours de niveau postsecondaire en mathématiques, en sciences et en génie.

- À l'automne 2014, l'Institut Périmètre a publié un nouveau module *Inspirations*, intitulé *L'univers en expansion*, qui met les élèves de la 7^e à la 12^e année de scolarité en contact avec la recherche de pointe en cosmologie (comme les récents développements venant du satellite Planck).
- Au cours de la dernière année, conformément aux objectifs fixés, l'Institut a converti ses ressources pédagogiques existantes en vue d'une distribution numérique et a créé 3 nouveaux modules électroniques, intitulés *Black Holes* (Trous noirs), *The Physics of Innovation* (La physique de l'innovation) et *Contemporary Physics* (Physique contemporaine).

³⁰ Il y a eu entre autres des exposés aux congrès annuels des organismes suivants : Association de professeurs de science de l'Ontario (Toronto, Canada); réunion estivale de l'Association américaine des enseignants de physique (Maryland, États-Unis); Association pour l'éducation scientifique (Reading, Angleterre, et Aberdeen, Écosse); Association nationale des enseignants de sciences (Chicago, États-Unis); Association des enseignants en physique de l'Ontario (Guelph, Canada); Agents de ressources pédagogiques en physique (College Park, États-Unis); Programme du CERN pour les enseignants du secondaire (Genève, Suisse).

- Deux cours électroniques sur la physique moderne ont été mis au point. Ils offrent aux élèves en mathématiques et en physique des leçons avancées, afin de les préparer aux cours de physique de niveau universitaire.

Ressources en ligne

La publication en ligne de ressources de grande qualité permet à l'Institut Périmètre d'accroître sa portée et son impact dans le monde entier. L'Institut a maintenant subdivisé ses grandes troupes pédagogiques, conçues pour être utilisées en classe, en modules électroniques plus accessibles, afin de les distribuer en ligne. La portée de ces modules a été élargie de manière à convenir à des élèves de la 7^e à la 12^e année de scolarité.

Toutes les ressources pédagogiques de l'Institut Périmètre, tant les troupes physiques que les ressources en ligne, continueront d'être offertes gratuitement aux enseignants canadiens, mais elles sont aussi en vente à l'extérieur du Canada, par le truchement de la boutique en ligne de l'Institut. L'IP a également intensifié ses efforts pour offrir une formation cruciale à l'utilisation de ces ressources.

En février 2015, l'Institut Périmètre a annoncé la conclusion d'un partenariat de distribution avec Chalk.com, espace de collaboration en ligne pour enseignants. Ce partenariat rend les ressources pédagogiques de l'Institut accessibles à plus de 100 000 enseignants dans le monde. Chalk.com permet aux enseignants d'accéder à l'ensemble des ressources pédagogiques de l'IP et facilite la collaboration, en matière de planification des cours, d'enseignement et d'évaluation, entre les écoles et les conseils scolaires qui utilisent ces ressources. Les ressources de l'Institut Périmètre constituent le premier contenu de choix dans Chalk.com, ce qui témoigne de leur excellente réputation chez les enseignants.

Enfin, l'Institut Périmètre et le ministère canadien des Affaires étrangères, du Commerce et du Développement continuent de collaborer en matière de stratégie et de distribution de contenu au Canada et à l'étranger. Des discussions sont en cours sur les manières dont l'Institut Périmètre peut contribuer à renforcer l'enseignement secondaire en Birmanie.

Médias numériques et sociaux

L'Institut Périmètre cherche à être la première source d'un contenu en ligne fascinant, exact et diffusible dans le domaine de la physique. Les médias numériques et sociaux constituent des composantes cruciales de cette stratégie, car ils atteignent tous les publics de l'Institut : élèves, enseignants, journalistes, influenceurs, décideurs, chercheurs.

En 2014-2015, l'Institut Périmètre a beaucoup intensifié ses efforts de diffusion dans les médias numériques et sociaux, en utilisant davantage ses canaux Facebook et Twitter, en augmentant considérablement la création de vidéos et leur diffusion par le truchement de son canal YouTube, ainsi qu'en mettant sur pied de nouvelles initiatives de diffusion par des médias numériques, dont la populaire série *Slice of PI* (Tranche d'IP), qui présente chaque mois un contenu scientifique amusant.

Slice of PI (Tranche d'IP)

La série mensuelle *Slice of PI (Tranche d'IP)* présente un contenu accessible à un nombre croissant d'abonnés en ligne, par l'intermédiaire d'influenceurs ciblés en physique et en sciences (*Physics Today*, *Physics is Awesome*, etc.) et par le truchement de médias sociaux (Facebook, Twitter, Google+, etc.).

- Voici quelques numéros de la série qui ont connu du succès en 2014-2015 :
 - ***Pioneering Women of Physics*** (Des pionnières en physique) a été largement diffusé (entre autres par io9.com et *Scientific American*) et a amené 16 000 visiteurs au site Web de l'Institut Périmètre.
 - ***Science Fiction That Became Science Fact*** (Science-fiction devenue réalité) a été partagé dans des comptes Twitter influents, dont ceux de Physics Central, Fermilab, Discovery News et Communitex, amenant 7 500 visiteurs au site Web de l'Institut Périmètre.
 - ***General Relativity from A to Z*** (La relativité générale de A à Z), qui célèbre le 100^e anniversaire de la théorie d'Einstein, a été largement diffusé, y compris par la succession d'Albert Einstein, ce qui a amené 52 000 visiteurs au site Web de l'Institut Périmètre.

Vidéos

En 2014-2015, l'Institut Périmètre a beaucoup enrichi le contenu de son canal YouTube. Cela s'est traduit par une augmentation considérable du nombre de visionnements. Le nombre d'abonnés à ce canal a augmenté de plus de 5 400 pour pratiquement atteindre les 10 000.

- La fréquentation du canal YouTube de l'IP a augmenté de **119 %** en 2014-2015, pour atteindre 537 322 visionnements³¹.

Médias sociaux

Le compte Twitter de l'Institut Périmètre a été suivi par quelque 3 400 personnes de plus en 2014-2015, pour un total de 10 808 abonnés, alors que la page Facebook de l'Institut a gagné environ 8 200 nouveaux amis, pour un total de 13 782. Cela est dû à la mise en ligne quotidienne de contenu, à l'amélioration de la qualité de ce contenu, aux gazouillis en ligne transmis pendant les conférences publiques et d'autres activités, ainsi qu'à la diffusion auprès d'influenceurs ciblés.

- Les comptes Twitter et Facebook de l'Institut Périmètre ont tous deux connu en 2014-2015 leur croissance la plus rapide depuis leur création.

³¹ Voici quelques exemples de succès dans ce domaine : la conférence publique de Nima Arkani-Hamed, avec 37 500 visionnements; *The Black Hole at the Birth of the Universe* (Le trou noir à la naissance de l'univers) avec 19 100 visionnements; la conférence publique de Subir Sachdev, avec 37 000 visionnements; la conférence publique d'Amanda Peet, avec 16 448 visionnements.

Programmes destinés au grand public

Conférences publiques

La principale série de conférences publiques de l'Institut Périmètre demeure l'un des programmes les plus populaires de l'Institut. En 2014-2015, conformément aux objectifs fixés, l'IP a présenté à guichets fermés 8 conférences accessibles et intéressantes dans l'amphithéâtre des idées Mike-Lazaridis de l'Institut Périmètre. De plus, toutes les conférences sont maintenant webdiffusées à des publics en ligne partout dans le monde, par l'intermédiaire du site Web de l'IP ainsi que par le truchement de partenaires médiatiques comme *Maclean's*, *CBC*, *National Post*, *Scientific American* et *COSMOS*.

La webdiffusion en direct a dépassé les attentes, avec plus de 2 000 visionnements par conférence. Toutes les conférences sont enregistrées de manière professionnelle, puis accessibles sur demande dans le site Web de l'Institut Périmètre, YouTube et des partenaires médiatiques. Elles ont fait l'objet de plus de 235 000 visionnements en 2014-2015. L'Institut a de plus considérablement augmenté l'accessibilité aux conférences, avec des bandes-annonces et de la publicité diffusées à l'avance, ainsi que l'ajout de séances de clavardage en direct avec des chercheurs de l'IP.

La série 2014-2015 a permis d'assister à des exposés intéressants sur des sujets allant des voyages interstellaires aux propriétés inhabituelles de l'eau. Mentionnons notamment la conférence de Subir Sachdev sur l'intrication quantique et la supraconductivité, celle de Jon Butterworth sur le travail au grand collisionneur de hadrons du CERN, et celle de Kendrick Smith sur la cosmologie au XXI^e siècle, qui a présenté une sorte d'« état de l'univers ».

- Les conférences publiques de l'Institut Périmètre ont fait l'objet de plus de 235 000 visionnements en 2014-2015.

Canada 150

En 2014-2015, l'Institut Périmètre a été choisi par le ministère du Patrimoine canadien pour diriger le pilier Innovation des célébrations de *Canada 150* qui auront lieu en 2017. L'Institut a mis en marche les étapes de planification et de coordination de cet effort supplémentaire de diffusion des connaissances, qui comprendra une tournée éducative d'un bout à l'autre du pays, un pôle de contenu numérique fourni par le public sur l'innovation au Canada, ainsi qu'une campagne nationale de sensibilisation du public. À titre de chef de file du pilier Innovation de *Canada 150*, l'Institut Périmètre mènera ces projets en étroite collaboration avec des organismes partenaires comme Actua, l'Institut d'informatique quantique, l'Association canadienne des centres de sciences ainsi que la Société des musées de sciences et technologies du Canada.

Festival de Stratford

Au cours de la dernière année, conformément aux objectifs fixés, l'Institut Périmètre a commencé à travailler à une collaboration avec le Festival de Stratford, dont le thème de 2015 est celui de la découverte. En septembre 2015, l'IP et le Festival de Stratford tiendront ensemble à l'Institut une activité visant à célébrer les liens entre l'art et la science ainsi qu'à présenter l'Institut Périmètre à de nouveaux publics. La soirée comprendra la lecture d'extraits de la pièce *Copenhagen* de Michael Frayn, qui évoque une rencontre entre Niels Bohr et Werner Heisenberg. Elle se terminera par une discussion entre Lucien Hardy, professeur à l'Institut Périmètre, et Antoni Cimolino, directeur artistique du Festival de Stratford, sur les aspects scientifiques et dramatiques de cette œuvre.

Présence dans les médias

L'Institut Périmètre a continué de faire connaître les merveilles et les découvertes de la physique théorique par le truchement de médias importants. En 2014-2015, l'Institut a bénéficié d'une large couverture dans des médias canadiens et étrangers, dont *Nature*, Radio-Canada, *WIRED* et bien d'autres. En voici quelques exemples dignes de mention :

- *Are 'weak values' quantum after all? (Les « valeurs faibles » sont-elles quantiques après tout?)*, par Tushna Commissariat, dans *Physics World*³²
 - Cet article passe en revue de nouveaux résultats de la recherche sur les valeurs faibles. L'un des participants à ce projet est Joshua Combes, postdoctorant à l'Institut Périmètre, qui a été interviewé et est abondamment cité dans cet article.
- *Scientists Search for Evidence of the Multiverse in the Big Bang's Afterglow (Des scientifiques cherchent des signes du multivers dans l'écho du Big Bang)*, par Olena Shmahalo, dans *WIRED*³³
 - Cet article sur l'élaboration d'un test de la théorie du multivers met en vedette Matthew Johnson, professeur associé à l'Institut Périmètre, qui y est abondamment cité. La version en ligne de l'article comprend en outre une vidéo produite par l'IP sur le sujet.
- *Looking for the keys to the next big thing in physics (À la recherche des clés de la prochaine découverte majeure en physique)*, par Ashley Csanady, dans *Canada.com*³⁴
 - Voici un exemple de la couverture médiatique de l'obtention par Natalia Toro et Philip Schuster, professeurs à l'Institut Périmètre, d'un prix *Nouveaux horizons en physique*, à l'occasion de la cérémonie de remise des prix de la Fondation des Prix du progrès scientifique (*Breakthrough Prize Foundation*). Leurs travaux y sont mis en évidence, ils sont abondamment cités, et l'article insiste sur le fait que l'IP constitue le milieu qu'il faut pour susciter des percées scientifiques.

³² Édition du 9 octobre 2014 : <http://physicsworld.com/cws/article/news/2014/oct/09/are-weak-values-quantum-after-all>

³³ Édition du 18 novembre 2014 : <http://www.wired.com/2014/11/multiverse-big-bang>

³⁴ Édition du 3 décembre 2014 : <http://o.canada.com/news/looking-for-the-keys-to-the-next-big-thing-in-physics>

- *Perimeter Institute's formula for a calculated reboot* (La formule de l'Institut Péricimètre pour une relance calculée de la physique), par Ivan Semeniuk, dans *The Globe and Mail*³⁵
 - Dans ce reportage sur la position unique qu'occupe l'Institut Péricimètre pour relancer la physique et susciter des percées scientifiques, l'auteur compare le talent des chercheurs de l'Institut à celui d'Einstein et de Noether. L'article comporte également une brève mention de l'annonce d'un financement de 4 millions de dollars faite à la conférence *Convergence*.
- *Physicists launch fight to make data more important than theory* (Des physiciens militent pour rendre les données plus importantes que la théorie), par Michael Brooks, dans *New Scientist*³⁶
 - Cet article vedette sur le besoin de théories physiques que l'on puisse mettre à l'épreuve parle abondamment de la conférence *Convergence* tenue à l'Institut Péricimètre et cite à maintes reprises son directeur Neil Turok.

³⁵ Édition du 23 juin 2015 : <http://www.theglobeandmail.com/news/national/formula-for-a-calculated-physics-reboot/article25080342>

³⁶ Édition du 1^{er} juillet 2015 : <https://www.newscientist.com/article/mg22730283-900-physicists-launch-fight-to-make-data-more-important-than-theory>

Objectif n° 9 : Créer le milieu et l'infrastructure les meilleurs au monde pour la recherche, la formation et la diffusion des connaissances en physique théorique

Résumé des réalisations

- Efforts pour accroître la diversité des idées et l'importance de la collaboration au sein de l'Institut, et rencontre avec des dirigeants ayant de l'expérience dans la promotion d'un climat d'échanges en milieu universitaire
- Obtention de la certification LEED Argent pour le Centre Stephen-Hawking de l'Institut Périmètre
- Lancement de la 1^{ère} phase d'un nouveau portail Intranet et début des travaux sur la 2^e phase du projet

Points saillants

Création d'un climat de collaboration et d'échange

L'Institut Périmètre s'efforce de créer et de maintenir une culture de collaboration et d'inclusion qui attire les meilleurs éléments du monde entier. L'Institut reconnaît que la diversité à tous les niveaux, des étudiants jusqu'aux chercheurs confirmés, en passant par le personnel administratif, est cruciale pour favoriser une pensée créatrice et innovatrice.

Dans l'ensemble, relativement peu de femmes travaillent en physique théorique. Le redressement de ce déséquilibre fait partie des priorités de l'Institut Périmètre. L'Institut a mis sur pied plusieurs initiatives pour attirer et retenir des femmes exceptionnelles à tous les échelons – dont la conférence *Inspiring Future Women in Science* (Inspirer les futures scientifiques) pour les élèves du secondaire, les bourses Emmy-Noether (voir l'objectif n° 4) et le conseil Emmy-Noether, qui vise à attirer davantage de femmes scientifiques à l'IP (voir l'objectif n° 10).

Dans le passé, bon nombre des grandes percées scientifiques ont résulté de collaborations par-delà les frontières des disciplines. L'Institut Périmètre a été conçu pour favoriser de telles collaborations. Au fur et à mesure de sa croissance, il a mis en place des programmes qui nourrissent la collaboration et les échanges interdisciplinaires.

En février 2015, l'Institut Périmètre a accueilli Abigail Stewart, professeure distinguée Sandra-Schwartz-Tangri et directrice du programme ADVANCE de l'Université du Michigan, qui vise à améliorer le milieu universitaire pour tous les professeurs – en particulier les femmes et les minorités sous-représentées – en ce qui concerne le recrutement, la rétention, le climat et les postes de direction. Forte de son expérience à l'Université du Michigan, Mme Stewart a animé un colloque sur le processus de

changement institutionnel et a eu une discussion approfondie avec des membres du corps professoral et du personnel administratif sur les améliorations possibles à l'Institut Périmètre. L'Institut poursuit ses efforts pour être un chef de file en matière de diversité.

- L'Institut a entrepris la recherche de financement pour des chaires de recherche destinées à des physiciennes de premier plan (voir l'objectif n° 2).
- L'Institut Périmètre a inauguré des réunions hebdomadaires interdisciplinaires du midi, afin de favoriser les interactions scientifiques informelles entre étudiants, postdoctorants, professeurs et scientifiques invités dans tous les domaines de recherche.
- Six chercheuses en début de carrière sont venues à l'Institut Périmètre dans le cadre du programme de bourses Emmy-Noether pour scientifiques invitées. Ce programme leur a permis d'être immergées pendant 1 à 3 mois dans le milieu de collaboration scientifique de l'Institut pendant qu'elles étaient en congé de leur institution d'appartenance (voir l'objectif n° 4).

Action en matière environnementale

Les installations emblématiques et primées de l'Institut Périmètre, dont le Centre Stephen-Hawking, ont été conçues non seulement pour inspirer une réflexion profonde, favoriser la collaboration et maximiser la productivité de la recherche, mais aussi avec le souci de l'environnement.

En mars 2015, le Centre Stephen-Hawking de l'Institut Périmètre a obtenu la certification LEED Argent suite à un examen indépendant effectué par le Conseil du bâtiment durable du Canada. Le système d'évaluation LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*) tient compte de tous les aspects, depuis la conception et la construction du bâtiment jusqu'au choix des plantes pour les jardins, en passant par la gestion des déchets et l'efficacité énergétique. Le Centre Stephen-Hawking a été conçu par le cabinet d'architectes Teeple de Toronto et a bénéficié du soutien de la Fondation canadienne pour l'innovation, du ministère de la Recherche et de l'Innovation de l'Ontario, ainsi que de donateurs privés.

Collections de la bibliothèque et accès électronique à des revues

Une bibliothèque interne est essentielle pour la communauté des chercheurs et étudiants de l'Institut Périmètre. En 2014-2015, l'Institut a poursuivi l'expansion de ses collections, conformément à un plan pluriannuel visant à fournir aux chercheurs résidents et invités des ressources de recherche complètes. La bibliothèque a acquis 89 nouveaux ouvrages, portant à 5 313 le nombre d'éléments de sa collection imprimée (5 811 en comptant tous les formats), en plus d'abonnements à 123 revues électroniques auxquelles les chercheurs et les étudiants ont accès sur place et à distance.

Mise à niveau des systèmes et autres initiatives en matière de TI

En 2014-2015, conformément aux objectifs fixés, l'Institut Péricône a poursuivi ses efforts de mise à niveau de son infrastructure informatique et des fonctions de son site Web, en vue d'optimiser les flux de travaux et de faire des économies.

En particulier, l'IP a lancé en novembre 2014 la première phase d'un projet de nouveau portail Intranet qui constituera un point d'accès privilégié aux données organisationnelles, aux demandes de subvention, aux divers formulaires, aux outils de gestion d'activités et à un calendrier commun. Les travaux ont commencé en ce qui concerne la phase suivante du projet, qui permettra d'intégrer la communauté élargie de l'Institut – dont les anciens, les conjoints et les visiteurs – et d'améliorer les mécanismes de suivi et de compte rendu des activités scientifiques.

D'autres mises à jour aux installations de TI ont été effectuées comme prévu :

- Mise à niveau des systèmes de billetterie, d'inscription aux conférences, de comptabilité, de liste de paie et de gestion des employés
- Déploiement d'équipement et de systèmes informatiques favorisant les collaborations scientifiques à distance
- Migration des communications de l'Institut Péricône vers le réseau ORION, augmentation de la capacité de l'environnement d'informatique scientifique (grappe de serveurs de recherche partagés) et début de la mise à niveau de PIRSA, le système d'archivage en ligne de l'Institut Péricône

Objectif n° 10 : Continuer d'exploiter le modèle de financement public-privé qui a fait ses preuves à l'Institut Périmètre

Résumé des réalisations

- Conclusion d'un engagement de 2 millions de dollars de Gluskin Sheff et associés pour le financement d'une nouvelle chaire de recherche de l'Institut Périmètre
- Obtention de promesses de dons pour le financement de 3 nouvelles chaires de recherche de l'Institut Périmètre, de la part de la Fondation Stavros-Niarchos (4 millions de dollars), de la Fondation de bienfaisance de la famille Riddell (1 million de dollars) ainsi que de Cenovus Energy (300 000 \$)
- Obtention d'investissements privés substantiels pour des initiatives de formation et de diffusion des connaissances, dont 500 000 \$ de la Fondation familiale de Peter et Shelagh Godsoe, 300 000 \$ de la Fondation RBC et 100 000 \$ de la Financière Sun Life
- Collaboration avec Affaires étrangères, Commerce et Développement Canada pour étendre la portée des programmes de formation et de diffusion des connaissances de l'Institut

Points saillants

Partenaires publics

L'Institut Périmètre est financé dans le cadre d'un partenariat public-privé innovateur, qui partage les possibilités et les bénéfices d'un investissement à long terme dans la recherche fondamentale. Les partenaires publics de l'Institut Périmètre comprennent que des investissements stratégiques continus en physique théorique fondamentale mettent le Canada et l'Ontario sur la voie du succès dans un domaine extrêmement rentable, qui a démontré sa capacité sans égale de faire avancer le savoir humain et d'engendrer l'innovation. Comme de nombreux examens et audits indépendants le montrent, les investissements consentis dans l'Institut Périmètre donnent déjà un excellent rendement^{37 38 39}.

³⁷ Voir par exemple le rapport d'évaluation présenté par KPMG en 2011

(http://www.perimeterinstitute.ca/files/articles/attachements/pi_final_evaluation_report.pdf), qui concluait : « Les recherches menées dans les principaux domaines d'activité de l'Institut Périmètre sont d'une grande importance et ont des conséquences considérables. Certaines d'entre elles sont particulièrement révolutionnaires et transforment la science. Des experts du monde entier ont une opinion très favorable de l'Institut et de ses chercheurs. » [traduction]

³⁸ Voir le rapport de l'examen de l'Institut Périmètre effectué en 2006 par le CRSNG :

http://www.perimeterinstitute.ca/files/page/attachements/info_drawn_from_2006_nserc_review_information.pdf

³⁹ « Les experts canadiens et étrangers ont nommé plusieurs infrastructures, liées au domaine de la physique et de l'astronomie, qui constituent un avantage pour le Canada, dont le Centre canadien de rayonnement synchrotron, l'Observatoire et le laboratoire de neutrinos de Sudbury, TRIUMF (laboratoire national du Canada en physique nucléaire et corpusculaire) et l'Institut Périmètre de physique théorique. » – LE COMITÉ D'EXPERTS SUR L'ÉTAT DE LA SCIENCE ET DE LA TECHNOLOGIE AU CANADA — CONSEIL DES ACADÉMIES CANADIENNES. *L'état de la science et de la technologie au Canada*, 2012, p. 174. »

Les gouvernements du Canada et de l'Ontario peuvent à juste titre s'attribuer le crédit d'une bonne part des réalisations considérables de l'Institut Péricimètre. Des investissements de tous les paliers de gouvernement ont contribué à la mise sur pied de l'Institut Péricimètre, et le soutien du secteur public a été un élément crucial des succès de l'Institut jusqu'à ce jour. Ces partenariats jouent en outre un rôle central dans l'établissement du Canada comme siège mondial de la *Quantum Valley*, prêt à tirer les bénéfices de la prochaine grande révolution technologique (voir l'objectif n° 6).

L'exercice 2014-2015 a marqué la 3^e année d'une entente de financement de 50 millions de dollars avec le gouvernement du Canada et d'une entente de financement de 50 millions de dollars avec la Province de l'Ontario. L'Institut Péricimètre continue de gérer de manière responsable toutes les sommes investies par le secteur public, en suivant des pratiques exemplaires en matière de gestion financière, et de satisfaire à toutes les exigences de reddition de comptes.

En 2014-2015, conformément aux objectifs fixés, l'Institut Péricimètre a continué de collaborer avec ses partenaires publics afin de placer le Canada à l'avant-garde de la physique fondamentale, à l'une des époques les plus passionnantes de la longue histoire de cette science. Voici les points saillants de ces activités :

- Mises à jour et séances d'information pour des dirigeants clés de ministères et d'agences des divers paliers de gouvernement, dont son Excellence le très honorable David Johnston, gouverneur général du Canada, le nouveau président du CRNSG Mario Pinto, Ph.D., ainsi que des dirigeants importants d'Industrie Canada, du Bureau du Conseil privé, et de plusieurs ministères du gouvernement de l'Ontario (Éducation; Développement économique, Emploi et Infrastructure; Recherche et Innovation; Finances; etc.)
- Collaboration avec Affaires étrangères, Commerce et Développement Canada (MAECD) à des efforts conjoints pour profiter de la mobilité des cerveaux, par exemple pour le programme de maîtrise PSI, ce qui a contribué à une augmentation du nombre de candidatures de grande qualité⁴⁰
- Conclusion en principe d'un protocole d'accord avec le MAECD concernant la diffusion internationale des connaissances
- Exploration avec le ministère du Patrimoine canadien des possibilités de programmation dans le cadre de *Canada 150*, candidature au pilier Innovation et mise en place d'une relation officielle de travail avec le Musée des sciences et de la technologie du Canada, dans la perspective d'autres célébrations en 2017
- Exploration avec le ministère ontarien de l'Éducation de nouvelles possibilités de programmation visant à accélérer la participation aux STGM dans les classes et les collectivités partout dans la province
- Collaboration sur d'autres fronts avec des partenaires de tous les paliers de gouvernement, par exemple pour fournir sur demande des idées et des conseils sur des initiatives de politique

⁴⁰ En 2014-2015, le nombre de candidatures au programme PSI a augmenté de 29 %, et 10 pays ont proposé des candidats pour la première fois : Azerbaïdjan, Bahreïn, Cambodge, Hongrie, Irak, Kosovo, Maurice, Ouganda, Palestine et Tanzanie.

publique en matière de sciences et technologies ou pour accueillir des collègues étrangers afin de soutenir des initiatives provinciales et nationales

Partenaires privés

Les partenaires privés qui partagent la vision de l'Institut Périmètre et y investissent jouent un rôle crucial dans la capacité de l'Institut de devenir et demeurer à long terme un chef de file mondial de la recherche, de la formation et de la diffusion de connaissances en physique théorique.

De manière générale, les efforts de développement de l'Institut Périmètre visent à sensibiliser ses interlocuteurs à l'importance d'avoir au Canada un « joyau » de la recherche fondamentale. Par leur soutien, ces investisseurs privés témoignent de leur engagement envers la recherche comme moteur de la science et de la technologie de la prochaine génération, et ultimement du bien-être de la société. Les donateurs – qu'ils soient des individus, des entreprises ou des fondations – sont de plus en plus réceptifs à ce message, comme en témoigne la croissance des engagements que l'Institut Périmètre a obtenus du secteur privé en 2014-2015.

La stratégie de développement à long terme de l'Institut Périmètre repose à la fois sur des philanthropes, des entreprises et des fondations dont la mission rejoint celle de l'Institut, ainsi que sur des personnes du grand public qui veulent jouer un rôle dans la joie et la passion de la découverte.

En 2014-2015, comme on le voit plus loin, l'Institut a continué d'améliorer sa stratégie, notamment dans les 3 domaines suivants : les chaires de recherche de l'Institut Périmètre, les initiatives Emmy-Noether et les dons majeurs.

Comme l'Institut Périmètre est jeune et n'a pas un grand réservoir d'anciens, il met beaucoup d'efforts à faire connaître son existence et ses activités. En 2014-2015, l'Institut a recruté davantage de membres au sein de son conseil d'orientation et de son Conseil Emmy-Noether. Ces comités de collecte de fonds, formés de personnes connues, défenseurs bénévoles et très motivés de l'Institut Périmètre, font appel à leurs réseaux pour accroître les appuis à l'Institut partout au Canada et aux États-Unis.

L'Institut a également organisé au cours de la dernière année plusieurs activités spéciales couronnées d'un grand succès, dont des discours et réunions de prestige, à l'Institut Périmètre, partout au Canada, ainsi qu'à l'étranger⁴¹. Ces activités ont aidé l'IP à élargir substantiellement son bassin de supporteurs. Il

⁴¹ Mentionnons les activités suivantes : des dîners privés organisés par des membres du conseil d'administration, du conseil d'orientation et des bailleurs de fonds de l'Institut Périmètre à Calgary, dans la *Silicon Valley* et à Toronto; un repas du Ticker Club à Toronto, avec Mike Lazaridis comme orateur invité, en novembre 2014; une activité Emmy-Noether pour 25 invités, animée par Jennifer Scully chez Goldman Sachs à Toronto, en février 2015; la journée *Inspiring Future Women in Science* (Inspirer les futures scientifiques) en mars 2015, à laquelle ont participé 11 invitées du conseil d'orientation, de l'Institut, avec leurs filles et leurs amies; la publication du rapport de la Banque TD sur les femmes canadiennes et la philanthropie, et une discussion de ses répercussions, avec 30 participants, à l'IP, en mai 2015; des invitations de prestige lancées à près de 70 partenaires actuels et donateurs potentiels, à des activités publiques de la conférence *Convergence*, conférence majeure tenue à l'Institut Périmètre en juin 2015.

possède maintenant des réseaux de donateurs potentiels dans un certain nombre de grands centres, dont Vancouver, Montréal, Toronto, Calgary, New York et la *Silicon Valley*.

Financement des chaires de recherche de l'Institut Périmètre

En 2014-2015, l'Institut a connu des succès majeurs en ce qui concerne le financement privé de chaires de recherche de l'Institut Périmètre :

- La Fondation Stavros-Niarchos a promis un don de 4 millions de dollars pour soutenir la chaire Fondation-Stavros-Niarchos-Aristarque, dont la titulaire sera Asimina Arvanitaki, professeure à l'Institut Périmètre.
- La firme Gluskin Sheff et associés a conclu un engagement de 2 millions de dollars pour le financement de la chaire Gluskin-Sheff-Freeman-Dyson de physique théorique, dont le titulaire sera Freddy Cachazo, actuellement professeur à l'IP.
- La Fondation de bienfaisance de la famille Riddell a promis un don de 1 million de dollars pour le financement de la chaire Clay-Riddell-Paul-Dirac de physique théorique, dont le titulaire sera Pedro Vieira, actuellement professeur à l'IP.
- Cenovus Energy a accepté de fournir 300 000 \$ destinés à la chaire Cenovus-Energy-James-Clerk-Maxwell en physique théorique, dont le titulaire est Subir Sachdev (à titre de chercheur invité).

Le programme de chaires de recherche de l'Institut Périmètre est une composante clé de la stratégie de l'Institut pour réaliser des percées scientifiques majeures (voir l'objectif n° 2). Se voulant les chaires les plus prestigieuses au monde en physique théorique et conçues pour réunir des scientifiques de tout premier plan dans des domaines choisis de manière stratégique, les chaires de recherche de l'Institut Périmètre sont soutenues par des dons majeurs allant jusqu'à 4 millions de dollars.

Un investissement dans une chaire de recherche de l'Institut Périmètre est un investissement dans les forces vives de la science : des chercheurs brillants, motivés par la curiosité. Ce programme procure à l'Institut un avantage concurrentiel dans le recrutement et la rétention de physiciens théoriciens de tout premier ordre, dont chacun agit comme un aimant attirant d'autres grands scientifiques. Les titulaires de ces chaires sont des talents émergents exceptionnels, des jeunes professeurs qui arrivent à leur période de plus grande productivité ainsi que des pionniers reconnus de la physique.

Initiatives Emmy-Noether

Les femmes sont traditionnellement sous-représentées en physique, en particulier dans les postes de haut niveau. Les initiatives Emmy-Noether de l'Institut Périmètre visent à corriger cette situation, en attirant davantage de scientifiques exceptionnelles dans son groupe de chercheurs et en amenant davantage de jeunes filles et jeunes femmes à poursuivre des études en physique au secondaire et à l'université. Les initiatives Emmy-Noether de l'IP ont continué de prendre de l'ampleur en 2014-2015, faisant œuvre de sensibilisation, attirant de nouveaux partenaires et tissant des liens pour l'avenir.

- En mars 2015, à l'occasion de la Journée internationale de la femme, l'Institut Périmètre a organisé sa conférence *Inspiring Future Women in Science* (Inspirer les futures scientifiques), qui a donné à plus de 200 jeunes filles du secondaire un aperçu de la vie de femmes en sciences, technologie, génie et mathématiques.
- L'Institut a entrepris la recherche de financement pour des chaires de recherche destinées à des femmes scientifiques de premier plan, montrant son soutien envers des physiciennes au plus haut niveau (voir l'objectif n° 2).
- L'Institut a accueilli Abigail Stewart, experte en amélioration de la culture institutionnelle pour les femmes et les autres groupes sous-représentés (voir l'objectif n° 9).
- L'Institut a accueilli 6 boursières Emmy-Noether et en a recruté 7 autres (voir l'objectif n° 4).

Dons majeurs

Au-delà des chaires de recherche de l'Institut Périmètre et des initiatives Emmy-Noether, l'Institut est à la recherche de financement, selon les intérêts des donateurs, pour : la formation scientifique exceptionnelle qu'il dispense à ses étudiants diplômés et à ses postdoctorants; ses programmes de diffusion des connaissances destinés aux élèves, aux enseignants et au grand public; des activités spéciales telles que la conférence *Convergence*. Voici quelques-uns des dons les plus importants dans cette catégorie au cours de la dernière année :

- La Fondation familiale de Peter et Shelagh Godsoe s'est engagée à fournir 500 000 \$ afin de doter le Prix de la Fondation familiale de Peter et Shelagh Godsoe pour un talent émergent exceptionnel, prix annuel de 25 000 \$ destiné à soutenir des étudiants méritants de l'Institut.
- La Fondation RBC a renouvelé son appui à l'École internationale d'été pour jeunes physiciens et physiciennes (ISSYP), en investissant 300 000 \$ sur 3 ans à compter de 2014-2015 pour devenir le commanditaire principal de l'ISSYP (voir l'objectif n° 8).
- La Financière Sun Life a renouvelé pour 1 an sa commandite des conférences publiques de l'Institut Périmètre, en investissant 100 000 \$.
- La Banque de Montréal (BMO) a fait un don de 50 000 \$ à titre de commanditaire de *Convergence*, la plus importante conférence de l'Institut Périmètre en 2014-2015 et la première réunion de ses anciens étudiants.
- Joanne Cuthbertson et Charlie Fisher ont fait à titre privé un don de 65 000 \$ pour soutenir un étudiant diplômé exceptionnel.

Aperçu des états financiers, des dépenses, des critères d'évaluation et de la stratégie d'investissement

États financiers résumés de

L'INSTITUT PÉRIMÈTRE

pour l'exercice terminé le 31 juillet 2015

Zeifmans



RAPPORT DES AUDITEURS INDÉPENDANTS SUR LES ÉTATS FINANCIERS RÉSUMÉS

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

Les états financiers résumés ci-joints, qui comprennent l'état résumé de la situation financière au 31 juillet 2015, ainsi que l'état résumé des résultats et de l'évolution du solde des fonds pour l'exercice terminé à cette même date, ont été établis à partir des états financiers audités de l'Institut Périmètre (« l'Institut ») pour l'exercice terminé le 31 juillet 2015. Nous avons exprimé une opinion sans réserve sur ces états financiers dans notre rapport daté du 11 décembre 2015. Ces états financiers, de même que les états financiers résumés ci-joints, ne tiennent pas compte d'événements survenus après la date de notre rapport sur les états financiers audités.

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

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

La direction est responsable de la préparation d'un résumé des états financiers audités selon les normes comptables canadiennes pour les organismes à but non lucratif.

Responsabilité des auditeurs

Notre responsabilité consiste à exprimer une opinion sur les états financiers résumés, d'après nos procédures, qui sont conformes à la Norme canadienne d'audit 810, *Missions visant la délivrance d'un rapport sur des états financiers résumés*.

Opinion

À notre avis, les états financiers résumés établis à partir des états financiers audités de l'Institut pour l'exercice terminé le 31 juillet 2015 constituent un résumé fidèle de ces états financiers, établi selon les normes comptables canadiennes pour les organismes à but non lucratif.

Zeifmans LLP

Toronto (Ontario)
Le 11 décembre 2015

Comptables agréés
Experts-comptables autorisés

INSTITUT PÉRIMÈTRE

État résumé de la situation financière
au 31 juillet 2015

(en milliers de dollars)

	2015	2014
ACTIF		
Actif à court terme :		
Trésorerie et équivalents	9 230 \$	15 958 \$
Investissements	302 796	264 333
Subventions gouvernementales à recevoir	4 671	5 680
Autre actif à court terme	<u>706</u>	<u>809</u>
	317 403	286 780
Immobilisations	<u>46 412</u>	<u>49 457</u>
TOTAL DE L'ACTIF	<u>363 815 \$</u>	<u>336 237 \$</u>
PASSIF ET SOLDE DES FONDS		
Passif à court terme :		
Comptes créditeurs et autre passif à court terme	<u>1 095 \$</u>	<u>1 692 \$</u>
TOTAL DU PASSIF	<u>1 095</u>	<u>1 692</u>
Solde des fonds :		
Investis dans les immobilisations	46 399	49 974
Grevés d'affectations d'origine externe	117 866	121 873
Grevés d'affectations d'origine interne	188 840	78 840
Non grevés	<u>9 615</u>	<u>83 858</u>
SOLDE TOTAL DES FONDS	<u>362 720</u>	<u>334 545</u>
	<u>363 815 \$</u>	<u>336 237 \$</u>

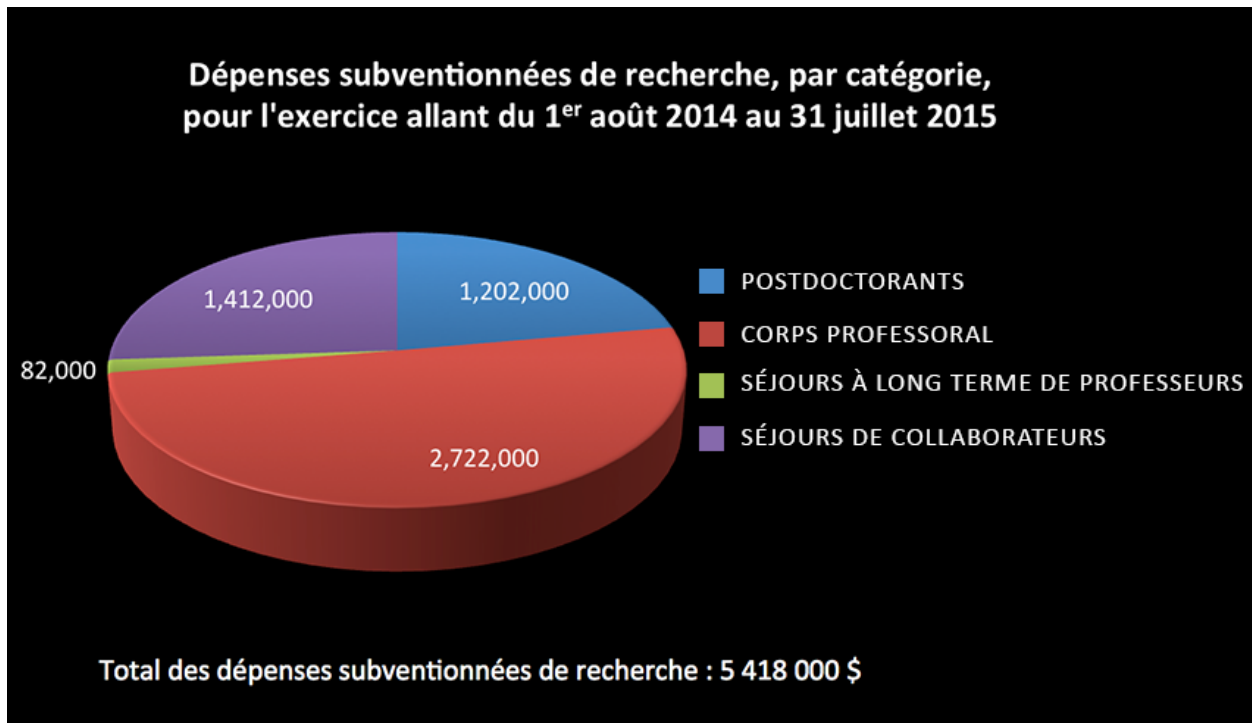
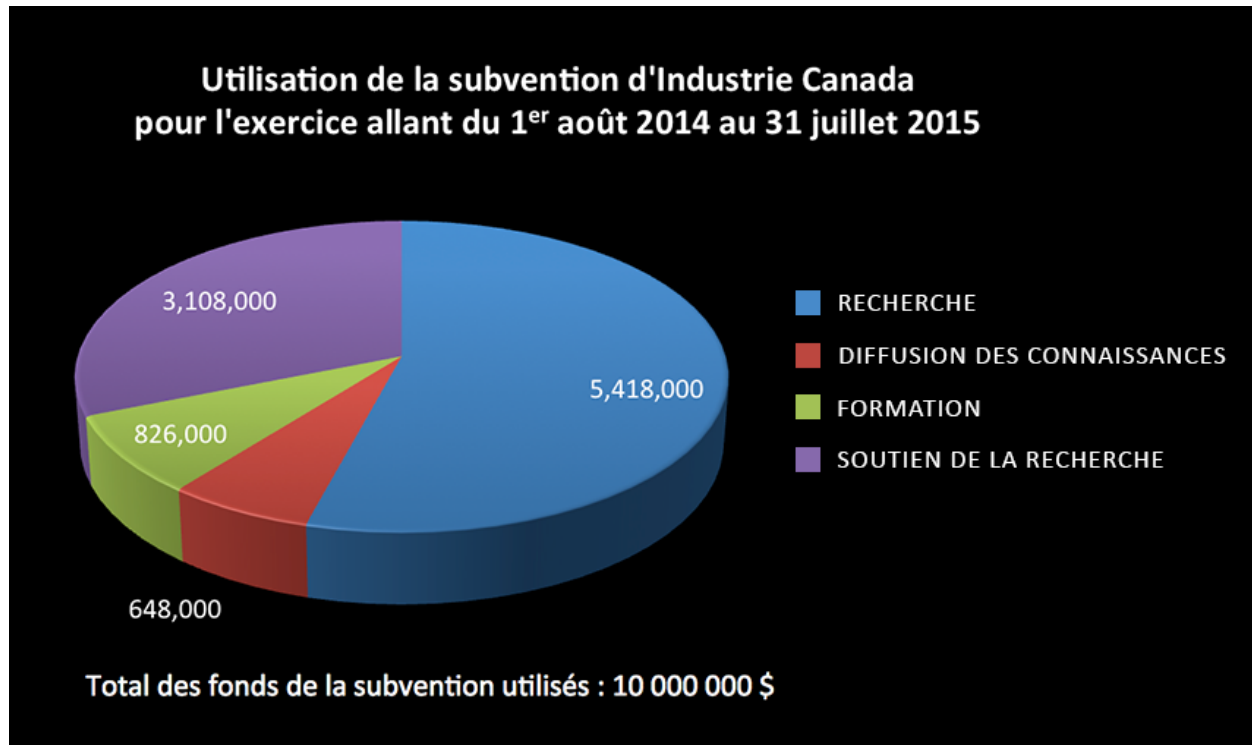
INSTITUT PÉRIMÈTRE

État résumé des résultats et du solde des fonds
pour l'exercice terminé le 31 juillet 2015

(en milliers de dollars)

	2015	2014
Produits		
Subventions gouvernementales	21 548 \$	19 526 \$
Autres produits	3 073	1 850
Dons	<u>2 691</u>	<u>761</u>
	<u>27 312</u>	<u>22 137</u>
Charges		
Recherche	14 635	13 002
Formation à la recherche	1 799	2 034
Diffusion des connaissances et communications scientifiques	2 694	3 112
Charges indirectes de recherche et de fonctionnement	<u>6 313</u>	<u>5 770</u>
	<u>25 441</u>	<u>23 918</u>
Excédent des produits par rapport aux charges (des charges par rapport aux produits) avant amortissement, gain sur la disposition d'immobilisations et produits de placement	1 871	(1 781)
Amortissement	(2 941)	(3 838)
Gain sur la disposition d'immobilisations	111	
Produits de placement	<u>29 134</u>	<u>41 635</u>
Excédent des produits par rapport aux charges	28 175	36 016
Solde des fonds au début de l'exercice	<u>334 545</u>	<u>298 529</u>
Solde des fonds à la fin de l'exercice	<u>362 720 \$</u>	<u>334 545 \$</u>

Utilisation de la subvention d'Industrie Canada



Stratégie d'évaluation du rendement

Rendement scientifique

L'Institut Périmètre possède un large éventail de politiques, systèmes et processus (internes et externes) de suivi et d'évaluation du rendement, qui ont été mis au point au fil des ans et sont régulièrement réévalués et mis à jour. Ces moyens de mesure des résultats et de l'impact sont présentés ci-dessous.

Suivi interne du rendement scientifique

- Rapports annuels d'activité de recherche remis pour évaluation au directeur de l'Institut par tous les professeurs et professeurs associés
- Examen annuel du rendement de tout le personnel de recherche
- Suivi continu des publications et citations
- Rapports et évaluations après les conférences
- Rapports d'activité de recherche des chercheurs invités et suivi continu de toute leur production
- Comptes rendus et suivis périodiques des progrès de tous les programmes scientifiques
- Évaluation du rendement des chercheurs à mi-mandat
- Programme de mentorat des postdoctorants
- Suivi des postdoctorants qui ont obtenu un poste dans un autre établissement après leur départ de l'Institut
- Suivi de la présence et de l'impact des chercheurs dans le monde, par les collaborations et les invitations à donner des conférences
- Examen et évaluation internes de tous les programmes et produits de diffusion des connaissances

Suivi externe du rendement scientifique

- Rapports périodiques au comité consultatif scientifique international, suivi d'une évaluation du rendement et de recommandations (voir la liste des membres du comité à l'annexe F)
- Examen par le comité consultatif scientifique de toutes les embauches et promotions des membres du corps professoral
- Évaluation des publications par des pairs
- Audits opérationnels et examens, conformément aux accords de subvention
- Examen et évaluation externes de tous les programmes et produits de diffusion des connaissances

Stratégie d'investissement

Partenariat public-privé

L'Institut Périmètre doit son existence à une approche de co-investissement public-privé très fructueuse qui pourvoit aux activités courantes tout en garantissant les possibilités futures.

Les partenaires publics contribuent aux activités de recherche, de formation et de diffusion des connaissances de l'Institut et, conformément aux règles d'attribution des différentes subventions, reçoivent régulièrement des comptes rendus, rapports et états financiers audités annuels pour s'assurer de l'usage optimal des ressources tout en restant informés de la productivité de la recherche et des effets des activités de diffusion des connaissances de l'Institut.

Les contributions privées, provenant d'un nombre croissant de donateurs, servent entre autres à financer les activités de l'Institut, mais une partie est placée dans un fonds de dotation conçu principalement pour recevoir des sommes d'argent et les faire fructifier en maximisant leur appréciation tout en minimisant les risques, de façon à contribuer au maximum à la santé financière à long terme de l'Institut.

L'Institut Périmètre demeure un exemple innovateur de partenariat public-privé réunissant gouvernements et philanthropes dans le but commun de réaliser le potentiel transformateur de la recherche scientifique au Canada.

Gouvernance

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

Le conseil d'administration est soutenu par 2 comités dans l'exécution de ses obligations fiduciaires relatives à la gestion financière. Le comité de gestion des investissements est chargé de superviser l'investissement et la gestion des sommes reçues, conformément à une politique d'investissement approuvée par le conseil d'administration, et qui définit les règles, normes et procédures prudentes à appliquer en la matière. Le comité des finances et de l'audit est chargé de superviser les politiques, processus et activités de l'Institut en matière de comptabilité, de contrôles internes, de gestion des risques, d'audit et d'information financière. Le conseil d'administration forme également d'autres comités en fonction des besoins pour l'aider à exercer ses fonctions.

Relevant du conseil d'administration, le directeur général de l'Institut est un scientifique éminent chargé d'établir et de mettre en œuvre l'orientation stratégique globale de l'Institut. Le directeur administratif et chef de l'exploitation est responsable du fonctionnement quotidien de l'établissement et relève du directeur général. Il est soutenu dans sa tâche par une équipe de cadres administratifs. Les chercheurs résidents jouent un rôle actif dans la gestion opérationnelle des activités, en participant à différents comités chargés des programmes scientifiques. Les présidents de comité relèvent du président et du vice-président du corps professoral, qui assistent le directeur général de l'Institut sur des questions telles que le recrutement, l'octroi de la permanence et la révision des programmes.

Le comité consultatif scientifique, composé d'éminents scientifiques de renommée mondiale (voir l'annexe F, *Membres du comité consultatif scientifique*), offre un contrôle et des conseils indépendants pour aider à faire en sorte que les activités de l'Institut répondent à des critères élevés d'excellence scientifique. Ses membres participent à des examens attentifs des programmes de recherche scientifique, de formation et de diffusion des connaissances de l'IP, après quoi son président rédige un rapport adressé au conseil d'administration et au directeur général.

Objectifs pour 2015-2016

Énoncé des objectifs pour 2015-2016

Les succès résumés dans les pages précédentes indiquent très clairement que la planification stratégique de l'Institut Périmètre est à la fois judicieuse et efficace, et que l'Institut est en bonne voie d'atteindre son objectif primordial à long terme : créer et pérenniser le plus grand centre mondial pour la recherche, la formation et la diffusion des connaissances en physique théorique, afin de promouvoir l'excellence scientifique et de favoriser des percées scientifiques qui transformeront notre avenir.

Les objectifs stratégiques énumérés ci-dessous, qui ont guidé les orientations de l'Institut Périmètre depuis plus de 5 ans, font actuellement l'objet d'une révision. Au cours du prochain exercice, l'Institut les modifiera selon les besoins, afin qu'ils reflètent sa stature internationale et les nouvelles possibilités qui s'offrent à lui d'être un chef de file en science fondamentale. La réalisation de la mission essentielle de l'IP continuera d'orienter toutes les facettes de ses efforts de recherche, de formation et de diffusion des connaissances.

Objectif n° 1 : Réaliser des découvertes de classe mondiale.

Objectif n° 2 : Devenir la résidence de recherche d'une masse critique des plus grands physiciens théoriciens au monde.

Objectif n° 3 : Devenir un incubateur des talents les plus prometteurs.

Objectif n° 4 : Devenir la seconde résidence de recherche de plusieurs grands théoriciens du monde.

Objectif n° 5 : Constituer une plaque tournante d'un réseau mondial de centres de physique théorique et de mathématiques.

Objectif n° 6 : Renforcer le rôle de l'Institut Périmètre comme centre de convergence pour la recherche en physique fondamentale au Canada.

Objectif n° 7 : Organiser des conférences, ateliers, cours et séminaires ciblés et opportuns.

Objectif n° 8 : Mener une action de diffusion des connaissances à fort impact.

Objectif n° 9 : Créer l'environnement et l'infrastructure les meilleurs au monde pour la recherche, la formation et la diffusion des connaissances en physique théorique.

Objectif n° 10 : Continuer d'exploiter le modèle de financement public-privé qui a fait ses preuves à l'Institut Périmètre.

Annexes

Remarque : Le contenu des annexes correspond à la situation de l'Institut Périmètre au 31 juillet 2015.

Annexe A : Corps professoral

Professeurs

Neil Turok (Ph.D., Collège impérial de Londres, 1983) a été professeur de physique à l'Université de Princeton et titulaire de la chaire de physique mathématique de l'Université de Cambridge, avant de devenir directeur de l'Institut Périmètre, où il est également titulaire de la chaire Mike-et-Ophelia-Lazaridis-Niels-Bohr de physique théorique. Les recherches de M. Turok mettent l'accent sur l'élaboration de théories fondamentales en cosmologie et de nouveaux tests d'observation. Ses prédictions concernant les corrélations entre la polarisation et la température du rayonnement fossile (ou fonds diffus cosmologique) et du rayonnement de fond produit par l'énergie sombre ont été confirmées. Avec Stephen Hawking, Neil Turok a découvert les solutions instanton qui décrivent la naissance d'univers inflationnaires. Ses travaux sur l'inflation ouverte constituent le fondement du modèle de « multivers » (ou multiunivers), qui fait maintenant l'objet de nombreuses discussions. Avec Paul Steinhardt, il a élaboré un nouveau modèle cosmologique cyclique, dont les prédictions concordent jusqu'à maintenant avec tous les tests d'observation. M. Turok a reçu de nombreuses distinctions, dont des bourses Sloan et Packard, de même que la médaille James-Clerk-Maxwell de l'Institut de physique du Royaume-Uni. Il est membre du programme *Cosmologie et gravité* de l'Institut canadien de recherches avancées (ICRA), membre élu de la Société royale du Canada et membre principal du Collège Massey de l'Université de Toronto. En 2012, il a prononcé les conférences Massey de la radio anglaise de Radio-Canada. Ces conférences ont été également publiées dans le livre *The Universe Within* (traduit en français sous le titre *L'univers vu de l'intérieur*), bestseller qui a valu à son auteur le prix Lane-Anderson 2013, prix de vulgarisation scientifique le plus important au Canada. Né en Afrique du Sud, M. Turok a fondé l'Institut africain des sciences mathématiques (AIMS) dans la ville du Cap en 2003. L'AIMS est depuis devenu un réseau de 5 centres – situés en Afrique du Sud, au Sénégal, au Ghana, au Cameroun et en Tanzanie – qui est maintenant l'institution de formation supérieure en sciences mathématiques la plus renommée de l'Afrique. Pour ses découvertes scientifiques et son œuvre de fondation et de développement de l'AIMS, Neil Turok s'est vu décerner un prix TED en 2008. Il a également reçu des prix du Sommet mondial sur l'innovation et l'esprit d'entreprise (WSIE) ainsi que du Sommet mondial de l'innovation en éducation (WISE).

Dmitry Abanin (Ph.D., Institut de technologie du Massachusetts, 2008) s'est joint à l'Institut Périmètre en 2012, après avoir été postdoctorant à l'Université Harvard et au Centre de sciences théoriques de Princeton. M. Abanin est un jeune théoricien de premier plan dans le domaine de la matière condensée. Ses recherches portent principalement sur l'élaboration d'une compréhension théorique des matériaux de Dirac, en mettant l'accent sur le transport quantique de charge et de spin, et sur la recherche de nouvelles manières de contrôler leurs propriétés électroniques. Certains de ses résultats théoriques ont

été confirmés par des groupes d'expérimentateurs des universités Harvard et Columbia, de l'Université de Manchester, de l'Université de la Californie à Riverside, de l'Institut Max-Planck, ainsi que d'autres établissements. Dmitry Abanin a reçu une bourse de recherche Sloan en 2014.

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

Latham Boyle (Ph.D., Université de Princeton, 2006) s'est joint au corps professoral de l'Institut Périclète en 2010. De 2006 à 2009, il a été boursier postdoctoral à l'Institut canadien d'astrophysique théorique (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 également 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 titulaire de la chaire Gluskin-Sheff-Freeman-Dyson de physique théorique de l'Institut Périclète, où il est professeur depuis 2005. De 2002 à 2005, il a été membre de l'École de sciences naturelles de l'Institut d'études avancées de Princeton. M. Cachazo est l'un des plus grands experts mondiaux de l'étude et du calcul des amplitudes de diffusion en chromodynamique quantique (QCD) et dans les théories de Yang-Mills supersymétriques $N=4$. Il a reçu de nombreuses distinctions, dont la médaille Gribov de la Société européenne de physique (2009), la médaille commémorative Rutherford de physique de la Société royale du Canada (2011), la médaille Herzberg de l'Association canadienne des physiciens et physiciennes (2012) et un prix *Nouveaux horizons en physique* de la Fondation des Prix de physique fondamentale (2014).

Kevin Costello (Ph.D., Université de Cambridge, 2003) s'est joint à l'Institut Périclète en août 2014, en provenance de l'Université Northwestern, où il était professeur depuis 2006. Il est le premier titulaire de la chaire Fondation-Krembil-William-Rowan-Hamilton de physique théorique de l'Institut Périclète. Auparavant, il a été boursier Chapman au Collège impérial de Londres (2003-2005) et instructeur Dixon à l'Université de Chicago (2005-2006). M. Costello travaille sur les aspects mathématiques de la théorie quantique des champs et de la théorie des cordes. Il a récemment publié *Renormalization and Effective Field Theory* (Renormalisation et théorie effective des champs), monographie innovatrice qui introduit de nouveaux et puissants outils mathématiques dans la théorie quantique des champs. Entre autres

distinctions, Kevin Costello a reçu une bourse de recherche Sloan et plusieurs subventions prestigieuses de la Fondation nationale des sciences des États-Unis.

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

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

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

Jaume Gomis (Ph.D., Université Rutgers, 1999) est devenu professeur à l'Institut Périclète en 2004, renonçant du même coup à une bourse de jeune chercheur européen qui lui avait été attribuée par la Fondation européenne de la science. Auparavant, il a travaillé à l'Institut de technologie de la Californie à titre de postdoctorant et de boursier principal Sherman-Fairchild. Ses domaines privilégiés de recherche sont la théorie des cordes et la théorie quantique des champs. En 2009, M. Gomis a obtenu une bourse de nouveau chercheur pour un projet visant à mettre au point de nouvelles techniques de description des phénomènes quantiques en physique nucléaire et en physique des particules.

Daniel Gottesman (Ph.D., Institut de technologie de la Californie, 1997) est professeur à l'Institut 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 50 articles qui ont fait l'objet de plus de 4 000 citations à ce jour. Daniel Gottesman est également boursier principal du programme *Information quantique* de l'Institut canadien de recherches avancées (ICRA) et a été élu membre de la Société américaine de physique (APS).

Lucien Hardy (Ph.D., Université de Durham, 1992) est devenu professeur à l'Institut Périmètre en 2002, après avoir occupé des postes de chercheur et d'enseignant dans diverses universités européennes, dont l'Université d'Oxford, l'Université *La Sapienza* de Rome, l'Université de Durham, l'Université d'Innsbruck et l'Université nationale d'Irlande. En 1992, il a trouvé une preuve très simple de la non-localité en physique quantique, aujourd'hui appelée *théorème de Hardy*. Son travail actuel vise à caractériser la physique quantique sous forme de postulats opérationnels et à appliquer les résultats obtenus au problème de la gravitation quantique.

Luis Lehner (Ph.D., Université de Pittsburgh, 1998) est devenu professeur associé à l'Institut Périmètre en 2009, dans le cadre d'une nomination conjointe avec l'Université de Guelph, puis professeur à plein temps à l'IP en 2012. Auparavant, il a été postdoctorant à l'Université du Texas à Austin et à l'Université de la Colombie-Britannique, puis professeur à l'Université d'État de Louisiane de 2002 à 2009. M. Lehner a reçu de nombreuses distinctions, dont le Prix d'honneur de l'Université nationale de Córdoba, en Argentine, une bourse de doctorat de la Fondation Mellon, le prix CGS/UMI pour une thèse exceptionnelle, de même que le prix Nicholas-Metropolis. Il a été boursier de l'Institut du Pacifique pour les sciences mathématiques (PIMS), boursier national de l'Institut canadien d'astrophysique théorique (ICAT), ainsi que récipiendaire d'une bourse de recherche Sloan. Luis Lehner est actuellement membre élu de l'Institut de physique du Royaume-Uni et de la Société américaine de physique. Il est également membre de la Société internationale de la relativité générale et de la gravitation, ainsi que boursier principal du programme *Cosmologie et gravité* de l'Institut canadien de recherches avancées (ICRA).

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

Subir Sachdev (Ph.D., Université Harvard, 1985) est devenu en 2014 titulaire de la chaire James-Clerk-Maxwell de physique théorique de l'Institut Périmètre (à titre de chercheur invité). Il est professeur de physique à l'Université Harvard depuis 2005. M. Sachdev a fait d'abondantes contributions à la physique quantique de la matière condensée, notamment par ses recherches sur les transitions de phase quantiques et leur application aux systèmes à électrons corrélés tels que les supraconducteurs à haute température. Il est l'auteur d'un ouvrage majeur intitulé *Quantum Phase Transitions* (Transitions de phase quantiques). Au cours des dernières années, il a exploité un lien remarquable entre les propriétés

électroniques de matériaux au voisinage d'une transition de phase quantique et la théorie quantique des trous noirs. Entre autres distinctions, Subir Sachdev a reçu une bourse de recherche Sloan et une bourse de la Fondation commémorative John-Simon-Guggenheim. Il est membre élu de la Société américaine de physique et de l'Académie nationale des sciences des États-Unis. Il a été titulaire d'une chaire de chercheur invité distingué de l'Institut Péricimètre de 2009 à 2014.

Philip Schuster (Ph.D., Université Harvard, 2007) est devenu professeur à l'Institut Péricimètre en 2010. Il a été associé de recherche au Laboratoire national de l'accélérateur SLAC de 2007 à 2010. Son domaine de spécialité est la théorie des particules, et notamment la physique au-delà du modèle standard. Il a des liens étroits avec le milieu expérimental et a travaillé sur diverses théories qui pourraient être vérifiées par des expériences au grand collisionneur de hadrons (LHC) du CERN. Avec des membres de l'expérience de solénoïde compact pour muons (CMS) du LHC, il a mis au point des méthodes visant à caractériser des signaux potentiels de nouvelle physique et des résultats nuls à l'aide de modèles simplifiés, facilitant une interprétation théorique plus solide des données. Philip Schuster est en outre co-porte-parole de l'expérience APEX au Laboratoire national de l'accélérateur Thomas-Jefferson, en Virginie. Il a reçu avec Natalia Toro un prix *Nouveaux horizons en physique* 2015 de la Fondation des Prix du progrès scientifique (*Breakthrough Prize Foundation*).

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

Lee Smolin (Ph.D., Université Harvard, 1979) est l'un des membres fondateurs du corps professoral de l'Institut Péricimètre. Auparavant, il a été chercheur à l'Institut d'études avancées de Princeton, à l'Institut Kavli de physique théorique de l'Université de la Californie à Santa Barbara, à l'Institut Enrico-Fermi de l'Université de Chicago, à l'Université Yale, à l'Université de Syracuse et à l'Université d'État de Pennsylvanie. Les recherches de M. Smolin portent surtout sur le problème de la gravitation quantique, notamment la gravitation quantique à boucles et la relativité restreinte déformée (ou relativité doublement restreinte), mais il est l'auteur de contributions dans beaucoup de domaines, ainsi que de cinq ouvrages non techniques. Ses articles ont fait l'objet de plus de 6 500 citations à ce jour. Lee Smolin a reçu de nombreuses distinctions, dont le prix Majorana (2007), le prix commémoratif Klopsteg (2009) et le prix Buchalter de cosmologie (2014). Il a aussi été élu membre de la Société américaine de physique et de la Société royale du Canada.

Robert Spekkens (Ph.D., Université de Toronto, 2001) est devenu professeur à l'Institut Péricimètre 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.

Paul Steinhardt (Ph.D., Université Harvard, 1978) est titulaire de la chaire Richard-P.-Feynman de physique théorique de l'Institut Péricimètre (à titre de chercheur invité) et professeur Albert-Einstein de sciences à l'Université de Princeton, où il dirige également le Centre de sciences théoriques. Ses domaines de recherche sont la physique des particules, l'astrophysique, la cosmologie et la physique de la matière condensée. Avec Neil Turok, il a élaboré un modèle cosmologique cyclique, selon lequel le Big Bang serait le résultat d'une collision de deux « univers branaires » en théorie M (ou théorie des membranes). En plus de poursuivre ses recherches sur la cosmologie inflationnaire et cyclique, M. Steinhardt a participé à la mise au point d'une nouvelle classe de matériaux photoniques désordonnés « hyperuniformes » à largeurs de bande interdites. Ses recherches systématiques ont mené à la découverte du premier exemple connu de quasi-cristal naturel. En 2011, Paul Steinhardt a dirigé une expédition géologique fructueuse dans l'Extrême-Orient russe, afin de trouver d'autres renseignements sur l'origine de ce quasi-cristal et d'en recueillir d'autres échantillons. En 2014, l'Association internationale de minéralogie a introduit un nouveau minéral dans son catalogue officiel et l'a appelé la *steinhardtite*. Paul Steinhardt est membre élu de la Société américaine de physique (APS) et de l'Académie nationale des sciences des États-Unis. Il a été corécepteur de la médaille P.A.M.-Dirac du Centre international de physique théorique (2002) pour avoir été l'un des architectes du modèle inflationnaire de l'univers. Il a reçu le prix Oliver-E.-Buckley de l'APS (2010) pour ses contributions à la théorie des quasi-cristaux ainsi que le Prix John-Scott (2012), également pour ses travaux sur les quasi-cristaux.

Natalia Toro (Ph.D., Université Harvard, 2007) est devenue professeure à l'Institut Péricimètre 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 de recherche lié à l'expérience de solénoïde compact pour muons (CMS) au grand collisionneur de hadrons (LHC) du CERN. Mme Toro est une experte de l'étude des forces sombres d'interaction très faible avec la matière ordinaire et est co-porte-parole de l'expérience APEX, qui recherche de telles forces au Laboratoire national de l'accélérateur Thomas-Jefferson, en Virginie. Elle a reçu avec Philip Schuster un prix *Nouveaux horizons en physique* 2015 de la Fondation des Prix du progrès scientifique (*Breakthrough Prize Foundation*).

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

Pedro Vieira (Ph.D., École normale supérieure de Paris et Centre de physique théorique de l'Université de Porto, 2008) est titulaire de la chaire Clay-Riddell-Paul-Dirac de physique théorique de l'Institut Périclès, où il est professeur depuis 2009. Auparavant, il a été chercheur associé à l'Institut Max-Planck de physique gravitationnelle (Institut Albert-Einstein) en 2008 et 2009. Ses recherches portent sur la mise au point de nouveaux outils mathématiques pour les théories de jauge et des cordes. 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 du Royaume-Uni (IOP) et le comité de rédaction du *Journal of Physics A*. En 2015, M. Vieira s'est mérité à la fois une bourse de recherche Sloan et la médaille Gribov de la Société européenne de physique.

Xiao-Gang Wen (Ph.D., Université de Princeton, 1987) est devenu professeur à l'Institut Périclès en 2012 à titre de titulaire de la chaire Groupe-financier-BMO-Isaac-Newton de physique théorique. Reconnu mondialement comme un chef de file de la théorie de la matière condensée, il a été un pionnier du concept nouveau d'ordre topologique quantique, utilisé pour décrire des phénomènes allant de la supraconductivité aux particules de charge fractionnaire. M. Wen a aussi 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, Xiao-Gang Wen a été chercheur distingué Moore à l'Institut de technologie de la Californie, professeur de physique Cecil-et-Ida-Green à l'Institut de technologie du Massachusetts, ainsi que titulaire d'une chaire de chercheur invité distingué de l'Institut Périclès. Il est également membre élu de la Société américaine de physique.

Professeurs associés

Niyesh Afshordi (Ph.D., Université de Princeton, 2004), nommé conjointement avec l'Université de Waterloo, a été de 2004 à 2007 boursier de l'Institut de théorie et de calcul du Centre Harvard-Smithsonian d'astrophysique, puis boursier de recherche distingué à l'Institut Périmètre 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 accordé par le Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada (CRSNG).

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

Avery Broderick (Ph.D., Institut de technologie de la Californie, 2004) est devenu professeur associé à l'Institut Périmètre en septembre 2011, dans le cadre d'une nomination conjointe avec l'Université de Waterloo. Auparavant, il a été postdoctorant à l'Institut de théorie et de calcul du Centre Harvard-Smithsonian d'astrophysique (2004-2007) et à l'Institut canadien d'astrophysique théorique (2007-2011). M. Broderick est un astrophysicien aux intérêts de recherche variés, depuis la formation des étoiles jusqu'à la physique des extrêmes au voisinage des naines blanches, des étoiles à neutrons et des trous noirs. Il a récemment participé à un projet international visant à produire et à interpréter des images témoignant de l'horizon de trous noirs supermassifs – afin d'étudier comment les trous noirs accumulent de la matière et projettent les rayonnements ultrarelativistes observés – et il sonde la nature de la gravité au voisinage de ces trous noirs.

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

Raffi Budakian (Ph.D., Université de la Californie à Los Angeles, 2000) est devenu professeur associé à l'Institut Périmètre en juin 2014, dans le cadre d'une nomination conjointe avec l'Institut d'informatique quantique de l'Université de Waterloo (IQC). Il est également titulaire de la chaire financée par un fonds de dotation de l'Institut de nanotechnologie de Waterloo (WIN) en supraconductivité. Auparavant,

M. Budakian a été professeur à l'Université de l'Illinois à Urbana-Champaign, et chercheur à l'Université de la Californie à Los Angeles et au Centre de recherches Almaden d'IBM à San Jose. M. Budakian est un physicien expérimentateur de la matière condensée. Ses recherches portent sur la mise au point de techniques ultrasensibles de détection de spin pour visualiser des spins uniques et faire des mesures quantiques. En 2005, Raffi Budakian a remporté un *World Technology Award* pour ses travaux sur la détection et la manipulation de spins quantiques.

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

David Cory (Ph.D., Université Case Western Reserve, 1987), nommé conjointement avec l'Institut d'informatique quantique de l'Université de Waterloo, a été chercheur à l'Université de Nimègue, aux Pays-Bas, au Laboratoire de recherches navales du Conseil national de recherches des États-Unis, à Washington (District de Columbia), ainsi qu'à l'Institut de technologie du Massachusetts. Il a également dirigé les activités de recherche-développement en résonance magnétique nucléaire chez Bruker Instruments. Depuis 1996, M. Cory explore les défis expérimentaux de la construction de petits processeurs quantiques fondés sur les spins nucléaires, les spins électroniques, les neutrons, les dispositifs supraconducteurs à courant persistant et l'optique. En 2010, il s'est vu attribuer la chaire d'excellence en recherche du Canada sur le traitement de l'information quantique. David Cory préside le comité consultatif du programme *Information quantique* de l'Institut canadien de recherches avancées (ICRA).

James Forrest (Ph.D., Université de Guelph, 1994) s'est joint à l'Institut Périclète en 2014 à titre de directeur des programmes d'enseignement et professeur associé, dans le cadre d'une nomination conjointe avec l'Université de Waterloo, où il est professeur depuis 2000. Ses recherches portent sur la physique de la matière souple à l'échelle nanométrique, notamment les polymères et les protéines, sur la transition vitreuse en géométrie confinée, de même que sur les propriétés de surface et d'interface des polymères. Entre autres distinctions, James Forrest est membre élu de la Société américaine de physique et corécepteur de la médaille Brockhouse 2013 de l'Association canadienne des physiciens et physiciennes.

Matthew Johnson (Ph.D., Université de la Californie à Santa Cruz, 2007) est devenu professeur associé à l'Institut Périmètre en 2012, dans le cadre d'une nomination conjointe avec l'Université York.

Auparavant, il a été boursier postdoctoral Moore à l'Institut de technologie de la Californie, puis postdoctorant à l'Institut Périmètre. M. Johnson est un cosmologiste dont les recherches interdisciplinaires visent à comprendre comment l'univers a commencé, comment il a évolué et vers quoi il s'en va. Pour ce faire, il conçoit des algorithmes d'analyse de données pour confronter les théories fondamentales avec les observations du rayonnement fossile. En 2012, il a obtenu une subvention du programme *Nouvelles frontières en astronomie et cosmologie* de l'Université de Chicago et de la Fondation John-Templeton.

Raymond Laflamme (Ph.D., Université de Cambridge, 1988) est membre fondateur du corps professoral de l'Institut Périmètre et directeur fondateur de l'Institut d'informatique quantique de l'Université de Waterloo (IQC). Il est professeur associé à l'IP dans le cadre d'une nomination conjointe avec l'IQC. Il a été chercheur à l'Université de la Colombie-Britannique et au Collège Peterhouse de l'Université de Cambridge, avant de passer au Laboratoire national de Los Alamos en 1992, où il a réorienté sa recherche de la cosmologie à l'informatique quantique. Depuis le milieu des années 1990, M. Laflamme a élaboré des méthodes théoriques de correction d'erreurs quantiques et en a mis certaines en œuvre dans des expériences. Il est directeur du programme *Information quantique* de l'Institut canadien de recherches avancées (ICRA) depuis 2003. Il est boursier principal de l'ICRA, ainsi que membre élu de la Société américaine de physique et de l'Association américaine pour l'avancement de la science. Raymond Laflamme est également titulaire de la chaire de recherche du Canada sur l'information quantique. Avec des collègues, il a fondé l'entreprise Universal Quantum Devices, qui commercialise certaines retombées des technologies quantiques.

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

Roger Melko (Ph.D., Université de la Californie à Santa Barbara, 2005) est devenu professeur associé à l'Institut Périmètre en 2012, dans le cadre d'une nomination conjointe avec l'Université de Waterloo, où il est professeur depuis 2007. Auparavant, il a été boursier postdoctoral Wigner au Laboratoire national d'Oak Ridge (2005-2007). M. Melko est un théoricien de la matière condensée qui élabore de nouveaux algorithmes et méthodes de calcul afin d'étudier les systèmes fortement corrélés à N corps. Il se concentre sur les phénomènes émergents, les phases des états fondamentaux, les transitions de phase,

les systèmes critiques quantiques et l'intrication. Entre autres distinctions, il a obtenu une bourse de nouveau chercheur, de même que le Prix du jeune scientifique en physique informatique de l'Union internationale de physique pure et appliquée, remis par le Conseil de physique informatique. Il a également été nommé titulaire de la chaire de recherche (de niveau 2) du Canada en physique informatique quantique à N corps.

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

Markus Mueller (Ph.D., Université technique de Berlin, 2007) s'est joint à l'Institut Périmètre en juillet 2015, dans le cadre d'une nomination conjointe avec l'Université Western, où il est titulaire de la chaire de recherche du Canada sur les fondements de la physique. Auparavant, il a été chef de groupe de recherche débutant à l'Institut de physique théorique de l'Université de Heidelberg, ainsi que postdoctorant à l'Institut Périmètre, à l'Université de Potsdam et à l'Institut Max-Planck pour les mathématiques dans les sciences. Ce physicien mathématicien travaille dans les domaines de l'information quantique et des fondements quantiques. Il s'intéresse plus particulièrement à la physique statistique, aux théories probabilistes généralisées et à la théorie algorithmique de l'information.

Ue-Li Pen (Ph.D., Université de Princeton, 1995) s'est joint à l'Institut Périmètre en décembre 2014, dans le cadre d'une nomination conjointe avec l'Institut canadien d'astrophysique théorique de l'Université de Toronto, où il est professeur depuis 1998 et directeur adjoint depuis 2009. Auparavant, il a été boursier à l'Université de Princeton (1994-1995) et à l'Université Harvard (1995-1998). M. Pen est un astrophysicien théoricien qui étudie des systèmes où les effets physiques fondamentaux peuvent être isolés des complexités astronomiques. Ses domaines de recherche comprennent la cosmologie de la raie à 21 cm, les simulations en informatique de haute performance, les ondes gravitationnelles, les pulsars et l'interférométrie radio. Entre autres distinctions, Ue-Li Pen est membre du programme *Cosmologie et gravité* de l'Institut canadien de recherches avancées et professeur associé à l'Institut Tata de recherche fondamentale en Inde.

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

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

Annexe B : Titulaires de chaire de chercheur invité distingué

Yakir Aharonov est professeur de physique théorique de la matière condensée à l'Université Chapman et professeur émérite à l'Université de Tel Aviv. Il a apporté des contributions majeures à la mécanique quantique, aux théories quantiques des champs relativistes et aux interprétations de la mécanique quantique. En 1998, il a reçu le prestigieux prix Wolf pour avoir co-découvert l'effet Aharonov-Bohm en 1959. En 2010, M. Aharonov a reçu des mains du Président Barack Obama la Médaille nationale de la science, la plus haute distinction accordée à un scientifique par le gouvernement des États-Unis.

Nima Arkani-Hamed, de l'Institut d'études avancées de Princeton, est l'un des plus grands physiciens des particules au monde et un ancien chercheur invité à long terme de l'Institut Périclète. Il a mis au point des théories sur les dimensions supplémentaires émergentes, des théories du « petit Higgs », et a récemment proposé de nouveaux modèles pouvant être testés au moyen du grand collisionneur de hadrons (LHC) du CERN, en Suisse. En 2012, M. Arkani-Hamed a été l'un des premiers lauréats du Prix de physique fondamentale.

Abhay Ashtekar a le titre de professeur Eberly de physique et dirige l'Institut de la gravitation et du cosmos à l'Université d'État de Pennsylvanie. En tant que créateur des variables d'Ashtekar, il est l'un des fondateurs de la théorie de la gravitation quantique à boucles. Ses nombreux domaines de recherche comprennent l'entropie des trous noirs, la cosmologie quantique et l'univers naissant, les généralisations de la mécanique quantique, les aspects mathématiques de la théorie quantique des champs, ainsi que de nombreux domaines de la gravitation quantique et de la relativité générale. Entre autres distinctions, Abhay Ashtekar a été boursier de recherche Sloan, et il est membre honoraire de l'Académie des sciences de l'Inde, président de la Société internationale de la relativité générale et de la gravitation, ainsi que membre élu de la Société américaine de physique et de l'Association américaine pour l'avancement de la science. En 2007, il a reçu le Prix de scientifique éminent de la section américaine de l'Association indienne de physique.

Leon Balents est professeur de physique et membre permanent de l'Institut Kavli de physique théorique de l'Université de la Californie à Santa Barbara. Ses recherches portent sur presque tous les domaines de la théorie de la matière condensée et contribuent à la théorie des nouveaux états topologiques des électrons. M. Balents travaille sur le magnétisme frustré (surtout quantique), les phénomènes de corrélation dans les hétérostructures d'oxyde, la dynamique des électrons couplés et les interactions hyperfines dans les boîtes quantiques, l'effet Hall quantique dans le graphène, les atomes ultrafroids piégés, les gaz électroniques unidimensionnels, ainsi que les aspects topologiques des isolants ayant de fortes interactions spin-orbite. Entre autres distinctions, Leon Balents a obtenu un prix de la Fondation nationale des sciences des États-Unis pour l'ensemble de sa carrière, une bourse de recherche Sloan et une bourse de la Fondation Packard. Il a été élu membre de la Société américaine de physique en 2013.

James Bardeen est professeur émérite de physique à l'Université de l'État de Washington à Seattle. Il est l'auteur de contributions importantes à la relativité générale et à la cosmologie. Il a notamment formulé, avec Stephen Hawking et Brandon Carter, les lois de la mécanique des trous noirs. Il a également élaboré une approche invariante de jauge des perturbations cosmologiques et de l'origine de

la structure à grande échelle de l'univers actuel à partir de fluctuations quantiques au cours d'une ère primitive d'inflation. Ses recherches récentes mettent l'accent sur l'amélioration des calculs de la production de rayonnement gravitationnel par la fusion de trous noirs et d'étoiles doubles à neutrons, en formulant les équations d'Einstein sur des hypersurfaces à courbure moyenne constante asymptotiquement nulle. Cela permet de faire des calculs numériques avec une limite extérieure à l'infini nul futur, où les formes d'onde peuvent être connues directement sans extrapolation. James Bardeen a obtenu son doctorat à l'Institut de technologie de la Californie, sous la direction de Richard Feynman.

Ganapathy Baskaran est professeur émérite à l'Institut de mathématiques de Chennai, en Inde, où il a récemment fondé le Centre de sciences quantiques. Il a apporté d'importantes contributions dans le domaine de la matière quantique fortement corrélée. Il s'intéresse principalement aux nouveaux phénomènes quantiques émergents dans la matière, y compris des phénomènes biologiques. M. Baskaran est bien connu pour sa contribution à la théorie de la supraconductivité à haute température et pour la découverte de champs de jauge émergents dans des systèmes d'électrons fortement corrélés. Il a prédit la supraconductivité d'onde P dans Sr_2RuO_4 , un système que l'on croit compatible avec la présence de fermions de Majorana, qubits populaires en informatique quantique topologique. Il a récemment prédit la supraconductivité à la température ambiante du graphène dopé de manière optimale. De 1976 à 2006, Ganapathy Baskaran a apporté une contribution substantielle au Centre international Abdus-Salam de physique théorique (ICTP), situé à Trieste, en Italie. Il a reçu le prix S.S.-Bhatnagar du Conseil indien de la recherche scientifique et industrielle (1990) et le prix Alfred-Kasler de l'ICTP (1983). Il a été élu membre de l'Académie des sciences de l'Inde (1988), de l'Académie scientifique nationale de l'Inde (1991) et de l'Académie des sciences du Tiers-Monde (2008). Il a également été nommé « Ancien distingué » de l'Institut indien des sciences à Bangalore (2008).

Patrick Brady est professeur de physique et directeur du Centre Leonard-E.-Parker de gravitation, de cosmologie et d'astrophysique à l'Université du Wisconsin à Milwaukee. Ses recherches portent sur la dynamique de l'effondrement gravitationnel, les trous noirs, la détection d'ondes gravitationnelles à l'aide de détecteurs à interféromètre, de même que sur la relativité numérique, y compris la simulation de la coalescence binaire. M. Brady a reçu une bourse universitaire Cottrell de Research Corporation et une bourse de recherche Sloan en 2002, et a été élu membre de la Société américaine de physique (APS) en 2010. Il a été secrétaire-trésorier et vice-président du groupe de l'APS sur la gravitation et membre du conseil de direction du projet scientifique international LIGO. Patrick Brady a également reçu 6 prix de la Fondation nationale des sciences des États-Unis.

Alessandra Buonanno est directrice de la Division d'astrophysique et de cosmologie de l'Institut Max-Planck de physique gravitationnelle (Institut Albert-Einstein) à Potsdam, en Allemagne. Elle a aussi le titre de « professeure de College Park » à l'Université du Maryland à College Park. Ses recherches portent sur la physique des ondes gravitationnelles et la cosmologie de l'univers primitif, et plus précisément sur la modélisation analytique de la dynamique et de l'émission d'ondes gravitationnelles par des trous noirs qui fusionnent, sur l'interface entre la relativité analytique et la relativité numérique, de même que sur la recherche d'ondes gravitationnelles à l'aide de détecteurs au sol tels que LIGO, GEO600 et Virgo. Alessandra Buonanno a été boursière de recherche Sloan et boursière Radcliffe à

l'Institut Radcliffe d'études avancées de l'Université Harvard. Elle est actuellement membre élue de la Société internationale de la relativité générale et de la gravitation ainsi que de la Société américaine de physique.

Juan Ignacio Cirac, directeur de la division de théorie de l'Institut Max-Planck d'optique quantique, en Allemagne, est un théoricien de l'information quantique de premier plan dont le groupe a remporté le prix Carl-Zeiss de la recherche en 2009. Ses travaux visent à caractériser les phénomènes quantiques et à établir une nouvelle théorie de l'information fondée sur la mécanique quantique, qui pourrait conduire à la mise au point d'ordinateurs quantiques.

Savas Dimopoulos est membre du corps professoral de l'Université Stanford depuis 1979. Il a également enseigné à l'Université de Boston, à l'Université Harvard ainsi qu'à l'Université de la Californie à Santa Barbara. Il a aussi fait partie du personnel du CERN de 1994 à 1997. M. Dimopoulos est un scientifique de premier plan dans le domaine de la physique des particules et il est bien connu pour ses travaux sur l'élaboration de théories au-delà du modèle standard. Avec ses collaborateurs, il a jeté les bases du modèle standard supersymétrique minimal (MSSM) et proposé le modèle ADD de grandes dimensions supplémentaires. Savas Dimopoulos a reçu de nombreuses distinctions, dont le prix Tommasoni de physique, le prix J.J.-Sakurai de physique théorique de la Société américaine de physique et un prix d'ancien étudiant éminent de l'Université de Houston. Il a été boursier de recherche Sloan et est actuellement membre élu de la Société japonaise pour la promotion de la science ainsi que de l'Académie américaine des arts et des sciences.

Lance Dixon est professeur à l'Université Stanford. Physicien théoricien spécialisé en physique des particules, il est l'auteur de contributions révolutionnaires au calcul d'amplitudes de diffusion perturbatives. Ses travaux ont permis de mieux comprendre la théorie quantique des champs et ont donné naissance à de puissants nouveaux outils de calcul des processus de chromodynamique quantique. Les recherches actuelles de M. Dixon en phénoménologie portent sur les calculs de précision en chromodynamique quantique utilisés au grand collisionneur de hadrons (LHC) du CERN, où il a passé une année sabbatique en 2010 alors que le LHC entrait en exploitation complète. Lance Dixon étudie également la structure quantique de théories de jauge supersymétriques et de théories de la gravitation. Il est membre élu de la Société américaine de physique (APS) et corécepteur du prix J.J.-Sakurai 2014 de l'APS.

Matthew Fisher est physicien de la matière condensée à l'Institut Kavli de physique théorique de l'Université de la Californie à Santa Barbara. Ses recherches portent sur les systèmes fortement corrélés, en particulier les systèmes à dimensionnalité réduite, les isolants 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. Matthew Fisher 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. En 2015, il a été l'un des lauréats du prix Oliver-E.-Buckley de physique de la matière condensée de la Société américaine de physique. Il a plus de 170 publications à son actif.

S. James Gates Jr. a le titre de professeur John-S.-Toll et dirige le Centre de théorie des cordes et de théorie des particules élémentaires de l'Université du Maryland à College Park. Ses recherches ont contribué de manière importante aux théories de la supersymétrie, de la supergravité et des supercordes. Il a notamment introduit les géométries complexes avec torsion (une contribution originale dans la littérature des mathématiques) et proposé des modèles de théorie des cordes qui sont tout simplement des constructions à 4 dimensions similaires au modèle standard de la physique des particules. Il a reçu le prix de l'Association américaine pour l'avancement de la science (AAAS) pour la compréhension de la science et de la technologie par le public, le prix Klopsteg de l'Association américaine des professeurs de physique (AAPT), ainsi que la Médaille nationale de la science des États-Unis. M. Gates est membre élu de l'AAAS et de la Société américaine de physique, et ancien président de la Société nationale des physiciens noirs. En 2011, il a été élu membre de l'Académie des arts et des sciences des États-Unis. Il est actuellement membre du Conseil consultatif du Président des États-Unis en matière de science et de technologie, du Conseil de l'éducation de l'État du Maryland, ainsi que des conseils d'administration du Laboratoire national de l'accélérateur Fermi et de la Société pour la science et le public (États-Unis).

Alexander Goncharov est professeur au Département de mathématiques de l'Université Yale. Avant d'occuper ce poste, il a été professeur à l'Université Brown, à l'Institut Max-Planck de mathématiques et à l'Institut de technologie du Massachusetts. Ses recherches portent principalement sur la physique mathématique, notamment la géométrie algébrique et arithmétique et la théorie des représentations. Il est connu pour la conjecture de Goncharov, selon laquelle la cohomologie de certains complexes motiviques coïncide avec des parties de groupes K. En 1992, M. Goncharov a obtenu le Prix de la Société européenne de mathématiques.

Gabriela González est professeure de physique et d'astronomie à l'Université d'État de Louisiane. Elle est aussi la porte-parole du projet scientifique international LIGO, qui vise la recherche d'ondes gravitationnelles. Les travaux de Mme González mettent l'accent sur la détection d'ondes gravitationnelles. Elle a été scientifique au sein du groupe MIT-LIGO et professeure à l'Université d'État de Pennsylvanie, avant de se joindre à l'Université d'État de Louisiane en 2001. Elle a reçu en 2007 le prix Edward-A.-Bouchet de la Société américaine de physique.

F. Duncan M. Haldane a le titre de professeur Eugene-Higgins de physique à l'Université de Princeton. Ses recherches portent sur l'étude de systèmes quantiques de matière condensée à N corps en interaction forte, à l'aide de méthodes non perturbatrices. Il s'intéresse en particulier au spectre d'intrication d'états quantiques, aux isolants topologiques et aux isolants de Chern, ainsi qu'à la géométrie et aux fonctions d'onde modèles de l'effet Hall quantique fractionnaire. M. Haldane a été récipiendaire d'une bourse de recherche Sloan et est actuellement membre élu de la Société royale de Londres, de l'Institut de physique du Royaume-Uni, de la Société américaine de physique, de l'Association américaine pour l'avancement de la science et de l'Académie américaine des arts et des sciences. Il a reçu le prix Oliver-E.-Buckley de physique de la matière condensée, attribué par la Société américaine de physique (1993), et la médaille Dirac du Centre international de physique théorique (2012).

Patrick Hayden est professeur de physique à l'Université Stanford. Ce chef de file de la science de l'information quantique a grandement contribué à notre compréhension des limites absolues que la mécanique quantique impose au traitement de l'information, ainsi que des manières d'exploiter les effets quantiques pour le calcul et la communication. Il a aussi réalisé des percées importantes sur les relations entre les trous noirs et la théorie de l'information. Entre autres distinctions, M. Hayden a été récipiendaire d'une bourse de recherche Sloan et d'une bourse Rhodes. Il a également été titulaire de la Chaire de recherche du Canada en physique de l'information à l'Université McGill, avant de se joindre à l'Université Stanford.

Joseph Incandela est titulaire de la chaire Pat-et-Joe-Yzurdiaga de sciences expérimentales et professeur de physique à l'Université de la Californie à Santa Barbara. Il se spécialise en physique expérimentale des hautes énergies et a travaillé à plusieurs expériences au cours de sa carrière. Mentionnons l'expérience UA2 au CERN, où il a étudié les bosons W et Z et cherché des bosons de Higgs chargés, ainsi que l'expérience CDF au Laboratoire national de l'accélérateur Fermi (Fermilab), où il a dirigé la conception et la construction de détecteurs au silicium de même que codirigé la recherche fructueuse du quark t (*top*) à l'aide du marquage de jets de quarks b (*bottom*). Plus récemment, M. Incandela a assumé des rôles de direction dans le cadre de l'expérience de solénoïde compact pour muons (CMS) au grand collisionneur de hadrons du CERN. À titre de porte-parole de l'expérience CMS, il a annoncé en juillet 2012 la découverte historique du boson de Higgs. En 2013, la Fondation des Prix du progrès scientifique (*Breakthrough Prize Foundation*) lui a accordé un prix spécial en physique fondamentale pour son rôle dans l'expérience CMS. Joseph Incandela a été élu en 2015 membre de l'Académie nationale des sciences des États-Unis.

Theodore A. (Ted) Jacobson est professeur de physique à l'Université du Maryland à College Park. C'est un chef de file de la recherche dans le domaine de la physique gravitationnelle, de même qu'un éducateur passionné et accompli. Ses recherches portent sur la gravitation quantique, la mise à l'épreuve des fondements de la théorie de la relativité, la nature du rayonnement de Hawking et l'entropie des trous noirs. M. Jacobson est l'auteur de plus de 100 articles scientifiques, qui ont fait l'objet de plus de 6 800 citations. Il est membre élu de la Société américaine de physique et de l'Association américaine pour l'avancement de la science. Il est en outre membre du comité de rédaction de *Physical Review D* et rédacteur en chef d'une section des *Physical Review Letters*.

Shamit Kachru est professeur de physique à l'Université Stanford depuis 1999. C'est un expert de la théorie des cordes et de la théorie quantique des champs, ainsi que de leurs applications en cosmologie, en physique de la matière condensée et en théorie des particules élémentaires. Il est l'auteur de contributions centrales à l'étude des compactifications de théories des cordes de 10 à 4 dimensions, notamment dans l'exploration de mécanismes qui pourraient donner, grâce à la théorie des cordes, des modèles de l'énergie sombre ou de l'inflation cosmique. M. Kachru est également l'auteur de contributions notables à la découverte et à l'exploration de dualités en théorie des cordes, à l'étude de modèles de rupture de supersymétrie en théorie des cordes, de même qu'à la construction de descriptions duales calculables en physique des particules en régime de couplage fort et de systèmes de matière condensée à l'aide de la correspondance AdS/CFT. Shamit Kachru a reçu de nombreuses distinctions, dont un prix de jeune chercheur exceptionnel du Département américain de l'Énergie, une

bourse de recherche Sloan, le prix commémoratif Bergmann, une bourse de la Fondation Packard et le prix de l'ACIPA remis à un jeune physicien exceptionnel.

Leo Kadanoff est physicien théoricien et spécialiste des mathématiques appliquées à l'Institut James-Franck de l'Université de Chicago. Pionnier de la théorie de la complexité, il a apporté d'importantes contributions à la recherche sur les propriétés de la matière, le développement des zones urbaines, la modélisation statistique des systèmes physiques et l'apparition du chaos dans des systèmes de fluides et systèmes mécaniques simples. Il est surtout connu pour le développement des concepts d'invariance d'échelle et d'universalité appliqués aux transitions de phase. Plus récemment, il a contribué à la compréhension des singularités dans les mouvements de fluides. Entre autres distinctions, M. Kadanoff a reçu la Médaille nationale des sciences des États-Unis, la Grande médaille d'or de l'Académie des sciences de l'Institut de France, le prix de la Fondation Wolf, la médaille Boltzmann de l'Union internationale de physique pure et appliquée, de même que la médaille du Centenaire de l'Université Harvard. Il a également été président de la Société américaine de physique.

Adrian Kent est maître de conférences en physique quantique à l'Université de Cambridge. Auparavant, il 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 devenir titulaire d'une chaire de chercheur invité distingué, Adrian Kent a été professeur associé à l'Institut Périmètre. Ses recherches portent sur les fondements de la physique, la cryptographie quantique et la théorie de l'information quantique, plus particulièrement sur la physique de la décohérence, les tests innovateurs de la physique quantique et d'autres théories possibles, ainsi que sur les nouvelles applications de l'information quantique.

Renate Loll est professeure de physique théorique à l'Institut de mathématiques, d'astrophysique et de physique des particules de l'Université Radboud à 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 ». Mme Loll dirige l'un des plus grands groupes de recherche au monde sur la gravitation quantique non perturbative, et elle a reçu la prestigieuse subvention individuelle VICI de l'Organisation néerlandaise pour la recherche scientifique.

Matilde Marcolli est professeure de mathématiques à l'Institut de technologie de la Californie, chercheuse invitée à l'Université d'État de Floride et professeure honoraire à l'Université de Bonn. C'est une physicienne mathématicienne dont les recherches portent sur les théories de jauge et la topologie dans un petit nombre de dimensions, sur les structures de géométrie algébrique en théorie quantique des champs, de même que sur la géométrie non commutative et ses applications à la théorie des nombres et à des modèles de physique des particules, de gravitation quantique et de cosmologie. Entre autres distinctions, Matilde Marcolli a remporté en 2001 le prix Heinz-Maier-Leibnitz et le prix Sofja-Kovalevskaya, et a occupé de nombreux postes de chercheuse invitée. Elle est l'auteure de 4 livres, dont

le plus récent est *Feynman Motives* (Motifs de Feynman), publié en 2009. Elle a aussi dirigé la publication de plusieurs autres ouvrages.

Joel Moore est professeur de physique à l'Université de la Californie à Berkeley, où il se consacre à l'étude de la matière condensée. Ses recherches portent sur la physique quantique collective des électrons et des atomes, dont les isolants topologiques et d'autres nouveaux états de la matière. En particulier, M. Moore étudie les matériaux et dispositifs fortement corrélés et se sert de concepts de la théorie de l'information quantique pour analyser des problèmes dans le domaine de la matière condensée. Ses travaux ont été reconnus par l'attribution d'une bourse de recherche Simons, des bourses Hellman et JSPS, ainsi qu'un prix de la Fondation nationale des sciences des États-Unis pour l'ensemble de sa carrière. Joel Moore est membre du comité consultatif des revues *Physical Review B* et *Journal of Statistical Mechanics: Theory and Experiment*, et membre actif de la Division de la physique de la matière condensée de la Société américaine de physique.

Ramesh Narayan a le titre de professeur Thomas-Dudley-Cabot de sciences naturelles à l'Université Harvard. C'est un astrophysicien mondialement reconnu pour ses recherches sur les trous noirs. M. Narayan a également fait des recherches dans un certain nombre d'autres domaines de l'astrophysique théorique, dont les disques d'accrétion, l'effet lenticulaire gravitationnel, les bouffées de rayons gamma et les étoiles à neutrons. Il est membre élu de la Société royale de Londres, de l'Association américaine pour l'avancement de la science. Il est également membre de l'Union astronomique internationale et de la Société américaine d'astronomie.

Sandu Popescu est professeur de physique au Laboratoire de physique Henry-Herbert-Wills de l'Université de Bristol et membre du groupe information et calcul quantiques de Bristol. Il a apporté de nombreuses contributions à la physique quantique, qui vont de la théorie fondamentale aux applications industrielles brevetables, en passant par la conception d'expériences pratiques (comme la toute première expérience de téléportation). Ses recherches sur la nature du comportement quantique, et notamment sur la non-localité quantique, l'ont amené à découvrir quelques-uns des concepts fondamentaux du domaine émergent de l'information et du calcul quantiques. Il a été lauréat du prix Adams de Cambridge et du prix Clifford-Patterson de la Société royale de Londres.

Frans Pretorius est professeur de physique à l'Université de Princeton. Son principal domaine de recherche est la relativité générale, en particulier la résolution numérique des équations de champ. Il a notamment étudié l'effondrement gravitationnel, les fusions de trous noirs, les singularités cosmiques, la gravité dans les dimensions supérieures, les modèles d'évaporation des trous noirs, ainsi que l'utilisation d'observations des ondes gravitationnelles pour tester la relativité générale dans le cas d'un régime dynamique dans un champ fort. Il travaille aussi à la conception d'algorithmes permettant de résoudre de manière efficace et en parallèle des équations à l'aide de grappes de nombreux ordinateurs, et de logiciels de traitement et de visualisation des résultats de simulations. Entre autres distinctions, M. Pretorius a reçu une bourse de recherche Sloan (2007) et le prix Aneesur-Rahman de physique informatique de la Société américaine de physique (2010). Il a également été nommé membre associé du programme *Cosmologie et gravité* de l'Institut canadien de recherches avancées (ICRA).

Peter Shor a le titre de professeur Morss de mathématiques appliquées à l'Institut de technologie du Massachusetts. En 1994, il a formulé un algorithme quantique de factorisation, maintenant appelé *algorithme de Shor*, qui est exponentiellement plus rapide que le meilleur algorithme conçu pour un ordinateur classique que l'on connaisse à l'heure actuelle. Il a également démontré que la correction d'erreurs quantiques est possible et que l'on peut effectuer des calculs quantiques insensibles aux défaillances dans un ordinateur quantique. M. Shor continue de concentrer ses recherches sur l'informatique théorique, plus précisément sur l'algorithmique et le calcul quantique. Il a reçu de nombreux prix et distinctions, dont le prix Nevanlinna (1998), le Prix international de communication quantique (1998), le prix Gödel de l'ACM (1999) et une bourse de la Fondation MacArthur (1999). Peter Shor a en outre été élu membre de l'Académie nationale des sciences des États-Unis (2002) ainsi que de l'Académie américaine des arts et des sciences (2011).

Iakov (Yan) Soibelman est professeur de mathématiques à l'Université d'État du Kansas. Ses domaines de recherche comprennent les groupes quantiques, la théorie des déformations, la géométrie algébrique, la topologie, la géométrie symplectique, la théorie des représentations, la géométrie non commutative, les équations différentielles, la physique mathématique et la théorie des cordes. En collaboration avec Maxim Kontsevich, M. Soibelman a mis au point de nouvelles méthodes algébriques et géométriques pour l'étude de la symétrie miroir homologique. Plus récemment, les deux chercheurs ont introduit une notion d'invariants de Donaldson-Thomas motiviques et proposé un nouveau type de formules de croisement de murs pour de tels invariants. Yan Soibelman est membre de la Société américaine de mathématiques et de la Société mathématique de Kiev, et fondateur des olympiades mathématiques de Manhattan. Il a été boursier de la Fondation Sloan et de l'Institut de mathématiques Clay, ainsi que professeur invité dans de nombreuses institutions prestigieuses, dont l'Université Harvard, l'Institut de technologie du Massachusetts et l'Université de Cambridge.

Dam Thanh Son a le titre de professeur d'université en physique à l'Université de Chicago, poste prestigieux qui comporte des nominations aux instituts de recherche interdisciplinaire de l'université, à savoir l'Institut Enrico-Fermi et l'Institut James-Franck. Reconnu pour ses vastes intérêts en recherche, M. Son a acquis une renommée internationale pour son application des idées de la théorie des cordes à la physique du plasma quark-gluon. Ses travaux englobent plusieurs domaines de la physique théorique, dont la théorie des cordes, la physique nucléaire, la physique de la matière condensée, la physique des particules et la physique atomique. Entre autres distinctions, Dam Thanh Son a été élu membre de la Fondation Alfred-P.-Sloan (2001) et de la Société américaine de physique (2006).

Andrew Strominger a le titre de professeur Gwill-E.-York de physique à l'Université Harvard, où il est également directeur du Centre des lois fondamentales de la nature. Dans ses recherches, il a recours à diverses méthodes pour étudier l'unification des forces et des particules, l'origine de l'univers, de même que la structure quantique des trous noirs et de leur horizon (horizon des événements). Entre autres contributions majeures, M. Strominger est le codécouvreur des compactifications de Calabi-Yau et des solutions branaires de la théorie des cordes. Avec ses collaborateurs, il a fourni une démonstration à l'échelle microscopique de la manière dont les trous noirs peuvent stocker de l'information de façon holographique. Ses recherches récentes portent sur des aspects des trous noirs et de leur horizon qui sont universels et ne dépendent pas d'hypothèses microphysiques détaillées.

Raman Sundrum a le titre de professeur d'université distingué à l'Université du Maryland à College Park, où il est également directeur du Centre de physique fondamentale du Maryland. Son domaine de recherche est la physique théorique des particules, plus précisément les mécanismes théoriques et les implications observables des dimensions supplémentaires de l'espace-temps, de la supersymétrie et de la dynamique en régime de couplage fort. En 1999, avec Lisa Randall, il a proposé une classe de modèles, maintenant appelés *modèles de Randall-Sundrum*, selon lesquels le monde réel est un univers comportant des dimensions supplémentaires, décrit par une géométrie déformée. M. Sundrum a remporté un prix de jeune chercheur exceptionnel du Département américain de l'Énergie pour 2001-2002. Il a été élu membre de la Société américaine de physique (2003) et de l'Association américaine pour l'avancement de la science (2011).

Leonard Susskind a le titre de professeur Felix-Bloch de physique théorique à l'Université Stanford. Considéré comme l'un des pères de la théorie des cordes, il a également apporté des contributions majeures à la physique des particules, à la théorie des trous noirs et à la cosmologie. Ses recherches se concentrent actuellement sur des questions de physique théorique des particules, de physique gravitationnelle et de cosmologie quantique.

Gerard 't Hooft est professeur à l'Institut de physique théorique de l'Université d'Utrecht. En 1999, il a obtenu le prix Nobel de physique, conjointement avec Martinus J. G. Veltman, « pour avoir élucidé la structure quantique des interactions électrofaibles ». Ses travaux de recherche portent sur les théories de jauge en physique des particules élémentaires, sur la gravitation quantique et les trous noirs, de même que sur les aspects fondamentaux de la physique quantique. En plus du prix Nobel, M. 't Hooft a reçu entre autres distinctions le prix Wolf, la médaille Lorentz, la médaille Franklin, de même que le Prix de physique des hautes énergies de la Société européenne de physique. Il est membre de l'Académie royale des arts et des sciences des Pays-Bas (KNAW) et membre étranger de nombreuses autres académies des sciences, dont l'Académie des sciences de la France, l'Académie nationale des sciences des États-Unis et l'Institut de physique du Royaume-Uni. Gerard 't Hooft concentre actuellement ses recherches sur les degrés dynamiques de liberté de la nature aux plus petites échelles possibles. Dans son modèle le plus récent, l'invariance conforme locale est une symétrie spontanément brisée, ce qui pourrait avoir des conséquences très particulières sur les interactions entre particules élémentaires.

Barbara Terhal est professeure de physique théorique à l'Université technique de Rhénanie-Westphalie (RWTH) à Aix-la-Chapelle depuis 2010. Auparavant, elle a été pendant 8 ans chercheuse au Centre de recherches Watson d'IBM à New York. Ses recherches portent sur la théorie de l'information quantique – de l'intrication quantique aux algorithmes quantiques, en passant par la cryptographie quantique. Mme Terhal travaille actuellement sur la correction d'erreurs quantiques et sa mise en œuvre dans des qubits à l'état solide, de même que sur la théorie de la complexité quantique. Barbara Terhal est membre élue de la Société américaine de physique et membre associée du programme *Traitement de l'information quantique* de l'Institut canadien de recherches avancées (ICRA).

Senthil Todadri est professeur agrégé de physique à l'Institut de technologie du Massachusetts. Son domaine de recherche est la théorie de la matière condensée. Plus précisément, il travaille à l'élaboration d'un cadre théorique pour décrire le comportement de la matière en électronique

quantique dans des circonstances où les électrons individuels n'ont pas d'intégrité. Un exemple primordial est la recherche d'une théorie pouvant remplacer la théorie de Landau des liquides de Fermi, qui décrit de nombreux métaux avec beaucoup de succès, mais qui échoue dans un certain nombre de situations étudiées dans des expériences modernes en physique de la matière condensée. M. Todadri a été récipiendaire d'une bourse de recherche Sloan et a reçu un prix d'innovation en recherche de la Société de recherche pour l'avancement de la science (RCSA).

William Unruh est professeur de physique à l'Université de la Colombie-Britannique. Il a apporté des contributions fondamentales à la compréhension de la gravité, des trous noirs, de la cosmologie, des champs quantiques dans des espaces courbes, ainsi que des fondements de la mécanique quantique, notamment avec la découverte de l'effet Unruh. Ses recherches sur les effets de la mécanique quantique aux premiers stades de l'univers ont apporté de nombreux éclairages, notamment en ce qui concerne ses répercussions en informatique. M. Unruh a été le premier directeur du programme *Cosmologie et gravité* de l'Institut canadien de recherches avancées (1985-1996). Il a reçu entre autres distinctions la médaille Rutherford de la Société royale du Canada (1982), la médaille Herzberg de l'Association canadienne des physiciens et physiciennes (1983), le prix Steacie du Conseil national de recherches (1984), la médaille pour contributions exceptionnelles de l'Association canadienne des physiciens et physiciennes (1995) et le prix Killam décerné par le Conseil des Arts du Canada (1996). William Unruh a été élu membre de la Société royale du Canada, de la Société américaine de physique et de la Société royale de Londres, de même que membre honoraire étranger de l'Académie américaine des arts et sciences.

Frank Verstraete est professeur de physique à l'Université de Vienne, où il dirige le groupe de physique quantique qui se consacre à l'étude de l'intrication dans des systèmes quantiques à N corps. Ses autres domaines de recherche comprennent la théorie de l'information quantique, les systèmes quantiques fortement corrélés et leur simulation numérique, de même que l'algèbre linéaire et multilinéaire. M. Verstraete est également professeur à l'Université de Gand. Il a travaillé dans le passé avec Ignacio Cirac à l'Institut Max-Planck d'optique quantique et avec John Preskill à l'Institut de technologie de la Californie. Il a remporté en 2009 le prix Lieben remis annuellement par l'Académie autrichienne des sciences.

Ashvin Vishwanath est professeur agrégé au Département de physique de l'Université de la Californie à Berkeley. Son principal domaine de recherche est la théorie de la matière condensée, notamment le magnétisme, la supraconductivité et d'autres phénomènes quantiques connexes dans les solides et les gaz atomiques froids. M. Vishwanath s'intéresse particulièrement à des phénomènes nouveaux comme les états topologiques de la matière, les non-liquides de Fermi et les liquides de spin quantique. Plus récemment, il a commencé à s'intéresser à la production de fermions de Majorana et de fermions de Weyl dans des solides, en utilisant des concepts d'information quantique, par exemple l'entropie d'intrication, pour caractériser de nouveaux états de la matière. Entre autres distinctions, Ashvin Vishwanath a reçu une bourse de recherche Sloan (2004), un prix de la Fondation nationale des sciences des États-Unis pour l'ensemble de sa carrière (2007), le prix Jeune scientifique exceptionnel de la section américaine de l'Association des physiciens indiens (2010) et une bourse de congé sabbatique de la Fondation Simons (2012).

Zhenghan Wang est chercheur principal à la Station Q de Microsoft Research sur le campus de l'Université de la Californie à Santa Barbara (UCSB), ainsi que professeur de mathématiques à l'UCSB. Il s'intéresse principalement à la topologie quantique, aux modèles mathématiques des états topologiques de la matière, ainsi qu'à leur application à l'informatique quantique. M. Wang et ses collègues de Microsoft ont obtenu de nombreux résultats, y compris la démonstration qu'un ordinateur quantique anyonique est capable d'effectuer tout calcul qu'un ordinateur quantique plus traditionnel à qubits peut effectuer. Il travaille actuellement sur les fondements théoriques du domaine de l'anyonique, c'est-à-dire la science et la technologie de la mise au point, du comportement et des applications d'appareils anyoniques.

Steven White est professeur au Département de physique de l'Université de la Californie à Irvine. Ses recherches portent principalement sur la théorie de la matière condensée, notamment les méthodes numériques pour les systèmes magnétiques et supraconducteurs fortement corrélés. En 1992, M. White a inventé le groupe de renormalisation par la matrice de densité (DMRG), technique de variation numérique permettant de calculer avec une grande précision les propriétés physiques de faible énergie des systèmes quantiques à N corps. Ses travaux lui ont valu d'être élu membre de la Société américaine de physique (1998) et de l'Association américaine pour l'avancement de la science (2008). En 2003, Steven White a remporté le prix Aneesur-Rahman, la plus haute distinction dans le domaine de la physique informatique attribuée par la Société américaine de physique.

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

Matias Zaldarriaga est professeur d'astrophysique à l'Institut d'études avancées de Princeton. Il est l'auteur de nombreuses contributions influentes et originales sur l'univers primitif, en astrophysique des particules, et sur la cosmologie comme outil d'exploration de la physique fondamentale. Ses travaux portent en grande partie sur la compréhension des indices relatifs aux premiers moments de notre univers contenus dans le rayonnement fossile issu du Big Bang. Au début de sa carrière, M. Zaldarriaga a été l'un des auteurs du logiciel CMBFAST, devenu un outil standard pour les astronomes qui interprètent des observations du rayonnement fossile. Matias Zaldarriaga a reçu de nombreuses distinctions, dont des bourses de recherche Sloan et McArthur, le prix Helen-B.-Warner de l'Union américaine d'astronomie et la médaille Gribov de la Société européenne de physique.

Annexe C : Adjoints invités

Jonathan Barrett (Ph.D., Collège Trinity de Cambridge, 2002) est professeur agrégé à l'Université d'Oxford. Ses recherches portent sur les fondements, l'information et le calcul quantiques, en particulier la cryptographie et divers aspects de la non-localité quantique. Il a récemment travaillé sur le traitement de l'information dans des formalismes plus généraux que celui de la physique quantique.

Eugenio Bianchi (Ph.D., École normale supérieure de Pise, 2010) est professeur adjoint de physique à l'Université d'État de Pennsylvanie. Auparavant, il a été titulaire d'une bourse postdoctorale Marie-Curie au Centre de physique théorique de Luminy, en France, ainsi que d'une bourse postdoctorale Banting à l'Institut Périmètre. Ses recherches, qui se situent à la jonction de la relativité générale, de la théorie quantique des champs et de la thermodynamique, visent la compréhension de la nature quantique de l'espace-temps. En 2013, M. Bianchi a été le premier récipiendaire du prix Bronstein pour ses travaux sur la gravitation quantique à boucles.

Fernando Brandão (Ph.D., Collège impérial de Londres, 2008) est maître de conférences au Collège universitaire de Londres et chercheur au sein du groupe d'architecture et de calcul quantiques chez Microsoft Research. En 2016, il se joindra au corps professoral de l'Institut de technologie de la Californie. Ses recherches portent sur l'information, le calcul et l'optique quantiques, en particulier sur leurs liens avec les mathématiques et l'informatique en vue de comprendre les possibilités et les limites des systèmes de mécanique quantique. Entre autres distinctions, M. Brandão a remporté le prix de la division d'électronique et d'optique quantiques de la Société européenne de physique (2009), une bourse européenne de jeune chercheur en information quantique à la conférence QIPC 2013 et le prix Block du Centre de physique d'Aspen (2014).

Vitor Cardoso (Ph.D., Institut supérieur technique de Lisbonne, 2003) est professeur à l'Institut supérieur technique (IST) de Lisbonne, au Portugal, chercheur invité distingué à l'Université *La Sapienza* de Rome et professeur auxiliaire de physique à l'Université du Mississippi. Ses recherches portent sur la relativité générale et la physique des trous noirs. M. Cardoso dirige l'équipe de gravitation au Centre multidisciplinaire d'astrophysique (CENTRA) de l'IST. Cette équipe cherche à comprendre la dynamique des trous noirs dans des espaces-temps génériques et à départager diverses théories de la gravitation à l'aide d'observations d'ondes gravitationnelles. Entre autres distinctions, Vitor Cardoso a reçu des bourses Fulbright (2008) et Gulbenkian (2010), et a été fait membre de l'Ordre de Sant'Iago da Espada (2015).

Giulio Chiribella (Ph.D., Université de Pavie, 2006) est professeur agrégé à l'Université de Hong Kong. Il s'intéresse à la théorie de l'information quantique, aux fondements quantiques et à la physique mathématique – et en particulier aux points de rencontre de ces domaines. En 2010, M. Chiribella s'est mérité le prix Hermann-Weyl pour ses travaux sur l'application de modèles de la théorie des groupes au problème de l'estimation quantique d'états et de processus.

Philippe Corboz (Ph.D., Institut fédéral suisse de technologie de Zurich, 2008) est professeur adjoint en physique théorique de la matière condensée à l'Institut de physique théorique de l'Université

d'Amsterdam. Il a fait des stages postdoctoraux à l'Institut fédéral suisse de technologie de Zurich et à l'Université du Queensland. Ses domaines de recherche comprennent la matière condensée, la physique informatique, la physique des systèmes quantiques à N corps, les systèmes fortement corrélés et la programmation informatique.

Fay Dowker (Ph.D., Université de Cambridge, 1991) est professeure de physique théorique au Collège impérial de Londres et membre affiliée de l'Institut d'informatique quantique de l'Université de Waterloo. Ses travaux de recherche portent sur la gravitation quantique, les fondements de la mécanique quantique et la théorie des ensembles causaux. Mme Dowker a obtenu son doctorat sous la direction de Stephen Hawking et a occupé des postes à l'Université Queen-Mary de Londres, au Laboratoire Fermilab, à l'Institut de technologie de la Californie et à l'Université de la Californie à Santa Barbara.

Jerome Gauntlett (Ph.D., Université de Cambridge, 1991) dirige le groupe de physique théorique au Collège impérial de Londres. Auparavant, il a occupé des postes de chercheur à l'Université Queen-Mary de Londres, à l'Institut de technologie de la Californie et à l'Université de Chicago. Ses recherches portent principalement sur la théorie des cordes, la supersymétrie, la théorie quantique des champs et les trous noirs. Depuis quelque temps, M. Gauntlett examine si des techniques de la théorie des cordes peuvent servir à l'étude d'états exotiques de la matière qui se manifestent en physique de la matière condensée. Jerome Gauntlett est membre élu de l'Institut de physique du Royaume-Uni et a agi comme conseiller scientifique pour le film *The Theory of Everything*, dont la version française s'intitule *Une merveilleuse histoire du temps* en France et *La théorie de l'univers* au Québec.

Ruth Gregory (Ph.D. Université de Cambridge, 1988) est professeure au Département de physique et de sciences mathématiques de l'Université de Durham. Ses recherches se situent à la jonction entre la physique fondamentale des hautes énergies et la cosmologie, notamment l'exploration de modèles branaires simples, afin de déterminer les propriétés physiques qu'ils peuvent avoir. Elle a reçu en 2006 la médaille Maxwell de l'Institut de physique du Royaume-Uni. Mme Gregory fait partie du corps professoral du programme PSI depuis sa création.

Razvan Gurau (Ph.D., Université de Paris, 2007) est chercheur pour le Centre national de la recherche scientifique (CNRS) à l'École Polytechnique, en France. Son domaine de recherche est la physique mathématique, en particulier les aspects perturbateurs et non perturbateurs de la renormalisation en théorie quantique des champs. Ses travaux sont pertinents pour la résolution de problèmes de physique allant de la gravitation quantique à la matière condensée. M. Gurau a reçu le prix Hermann-Weyl 2012 pour ses travaux sur la gravitation quantique.

Jutho Haegeman (Ph.D., Université de Gand, 2011) est postdoctorant à l'Université de Gand, où il travaille avec Frank Verstraete, titulaire d'une chaire de chercheur invité distingué de l'Institut Périmètre. Ses travaux portent sur la description de systèmes de matière condensée et de théories quantiques des champs à l'aide d'états de réseaux de tenseurs ou de méthodes connexes. Il explore notamment des idées et algorithmes nouveaux pour extraire la description de la « limite énergie faible » d'hamiltoniens quantiques microscopiques en utilisant la philosophie des réseaux de tenseurs.

Zohar Komargodski (Ph.D., Institut Weizmann des sciences, 2008) est scientifique principal au Département de physique des particules et d'astrophysique de l'Institut Weizmann des sciences. Ses travaux portent sur les sujets suivants : théorie quantique des champs, symétrie conforme, supersymétrie, gravitation quantique et phénoménologie de la physique des particules. M. Komargodski est surtout connu pour sa démonstration, réalisée avec Adam Schwimmer, du « théorème A », conjecture longtemps non résolue de la théorie quantique des champs. Pour cette démonstration et d'autres travaux sur la dynamique des théories des champs quadridimensionnels, Zohar Komargodski a remporté un prestigieux prix *Nouveaux horizons en physique*, accordé par la Fondation des Prix de physique fondamentale. Il est également récipiendaire de la médaille Gribov de la Société européenne de physique et professeur auxiliaire de physique théorique à l'Académie internationale Niels-Bohr du Danemark.

John Laiho (Ph.D., Université de Princeton, 2004) est professeur adjoint à l'Université de Syracuse, après avoir été chercheur au Laboratoire national de l'accélérateur Fermi (Fermilab), à l'Université Washington de Saint-Louis et à l'Université de Glasgow. M. Laiho est un physicien théoricien des particules, dont les domaines de recherche sont la chromodynamique quantique sur réseau, la physique de la saveur et la violation de la symétrie CP, la théorie des perturbations chirales de même que la gravité sur réseau.

Christopher Laumann (Ph.D., Université de Princeton, 2010) est professeur adjoint au Département de physique de l'Université de l'État de Washington. Il a été auparavant postdoctorant à l'Institut Périmètre et à l'Université Harvard. Il travaille principalement dans les domaines de la matière condensée, de l'information quantique et du calcul quantique, et s'intéresse particulièrement aux systèmes désordonnés, aux états topologiques de la matière quantique, de même qu'aux verres de spin.

Si Li (Ph.D., Université Harvard, 2011) est professeur au Centre de mathématiques Yau de l'Université Tsinghua et membre affilié de l'Institut Kavli de physique et de mathématiques de l'univers. Il a été auparavant professeur adjoint à l'Université de Boston. Ses recherches se situent à la rencontre de la géométrie et de la physique – et portent plus précisément sur la géométrie algébrique et complexe, la théorie quantique des champs et la théorie des cordes. M. Li a obtenu en 2012 un prix de mathématiques du Nouveau monde pour sa thèse de doctorat.

Etera Livine (Ph.D., Centre de Physique Théorique, Marseille, 2003) est chercheur pour le Centre national de la recherche scientifique (CNRS) au Laboratoire de physique de l'École normale supérieure de Lyon, en France. Il travaille dans le domaine de la gravité quantique, plus précisément sur les modèles de mousse de spin, et s'intéresse à la dérivation, à partir de ces modèles, d'une dynamique effective pour la cosmologie quantique.

Eduardo Martin-Martinez (Ph.D., Université Complutense de Madrid, 2011) est professeur-chercheur adjoint à l'Institut d'informatique quantique de l'Université de Waterloo. Ses recherches se situent à l'intersection des domaines de l'informatique quantique, de la théorie quantique des champs et de la relativité générale; il étudie en particulier les effets de la gravité du point de vue de l'information

quantique. M. Martin-Martinez a reçu de nombreux prix, dont une prestigieuse bourse postdoctorale Banting (2012) et le prix John-Charles-Polanyi de physique (2014).

David Skinner (Ph.D., Université d'Oxford, 2003) a un poste de chargé de cours en vue de la permanence à l'Université de Cambridge. Il s'intéresse aux aspects mathématiques des théories quantiques des champs, en particulier leur chevauchement avec la théorie des twisteurs et la théorie des cordes. Ses travaux récents portent sur les riches structures géométriques présentes dans les amplitudes de diffusion en théorie de jauge quadridimensionnelle.

Kris Sigurdson (Ph.D., Institut de technologie de la Californie, 2005) est professeur agrégé de physique et d'astronomie à l'Université de la Colombie-Britannique. Il travaille en astrophysique et cosmologie des particules, plus particulièrement sur la matière et l'énergie sombres. M. Sigurdson a récemment formulé une théorie unifiée de l'origine de la matière sombre et des atomes au commencement de l'univers. Il travaille actuellement, avec une équipe canadienne, à la mise au point d'un nouvel interféromètre radio capable de dresser une carte tridimensionnelle de l'univers afin de mesurer les propriétés de l'énergie sombre.

Brian Swingle (Ph.D., Institut de technologie du Massachusetts, 2011) est postdoctorant à l'Université Stanford, après avoir été boursier Simons dans le domaine de la matière condensée à l'Université Harvard. Ses travaux se situent à la rencontre des domaines de la matière quantique, de l'information quantique et de la gravitation quantique. M. Swingle s'intéresse particulièrement à l'intrication quantique, aux systèmes fortement corrélés, aux liquides de spin et à la physique de la fractionnalisation, aux signatures expérimentales de phases fortement corrélées, à l'information et au calcul quantiques, ainsi qu'à la dualité holographique et à la théorie des cordes.

Thomas Vidick (Ph.D., Université de la Californie à Berkeley, 2011) est professeur adjoint au Département d'informatique et de mathématiques de l'Institut de technologie de la Californie. M. Vidick travaille sur des problèmes qui se situent à la jonction du calcul quantique, de la théorie de la complexité et de la cryptographie. Il étudie les aspects liés à la théorie de la complexité de phénomènes quantiques tels que l'intrication; il aime explorer les applications d'idées du calcul quantique à des domaines aussi divers que les séries pseudo-aléatoires, l'optimisation discrète ou l'analyse fonctionnelle. En 2011, Thomas Vidick a remporté le prix commémoratif Bernard-Friedman de mathématiques appliquées.

Neal Weiner (Ph.D., Université de la Californie à Berkeley, 2000) est professeur au Département de physique et directeur du Centre de cosmologie et de physique des particules (CCPP) de l'Université de New York. Il a des intérêts étendus en physique des particules et en cosmologie. M. Weiner se concentre généralement sur la physique au-delà du modèle standard. Dans ce vaste domaine, il a travaillé entre autres sur des théories des dimensions supplémentaires (grandes, petites, gauches et plates), la supersymétrie, la grande unification, la physique de la saveur, la masse du neutrino, la matière sombre, l'inflation cosmique, l'énergie sombre, ainsi que les relations entre ces différents sujets.

Annexe D : Membres affiliés

Nom	Institution	Domaines de recherche
Arif Babul	Université de Victoria	Cosmologie
Leslie Ballentine	Université Simon-Fraser	Fondements quantiques
Richard Bond	Université de Toronto, Institut canadien d'astrophysique théorique (ICAT)	Cosmologie
Ivan Booth	Université Memorial	Gravité forte
Vincent Bouchard	Université de l'Alberta	Théorie quantique des champs et théorie des cordes
Robert Brandenberger	Université McGill	Cosmologie
Gilles Brassard	Université de Montréal	Information quantique
Anne Broadbent	Université d'Ottawa	Information quantique
Jim Bryan	Université de la Colombie-Britannique	Physique mathématique
Anton Burkov	Université de Waterloo	Matière condensée
Benoit Charbonneau	Université de Waterloo	Physique mathématique
Gang Chen	Université de Toronto	Matière condensée
Jeffrey Chen	Université de Waterloo	Matière condensée
Andrew Childs	Université de Waterloo, Institut d'informatique quantique (IQC)	Information quantique
Kyung Soo Choi	Université de Waterloo, IQC	Information quantique
Matthew Choptuik	Université de la Colombie-Britannique	Gravité forte
Dan Christensen	Université Western	Gravitation quantique
James Cline	Université McGill	Cosmologie, physique des particules
Alan Coley	Université Dalhousie	Gravité forte
Andrzej Czarnecki	Université de l'Alberta	Physique des particules
Saurya Das	Université de Lethbridge	Gravitation quantique
Arundhati Dasgupta	Université de Lethbridge	Gravitation quantique
Keshav Dasgupta	Université McGill	Théorie quantique des champs et théorie des cordes
Rainer Dick	Université de la Saskatchewan	Physique des particules

Nom	Institution	Domaines de recherche
Joseph Emerson	Université de Waterloo, IQC	Fondements quantiques
Valerio Faraoni	Université Bishop's	Cosmologie
Marcel Franz	Université de la Colombie-Britannique	Matière condensée
Doreen Fraser	Université de Waterloo	Philosophie
Andrew Frey	Université de Winnipeg	Cosmologie
Valeri Frolov	Université de l'Alberta	Cosmologie, gravitation quantique
Jack Gegenberg	Université du Nouveau-Brunswick	Gravitation quantique
Ghazal Geshnizjani	Université de Waterloo	Cosmologie
Amir Masoud Ghezelbash	Université de la Saskatchewan	Gravitation quantique
Shohini Ghose	Université Wilfrid-Laurier	Information quantique, calcul quantique
Florian Girelli	Université de Waterloo	Gravitation quantique, mathématiques appliquées
Daniel Green	Université de Toronto, ICAT	Cosmologie
Thomas Grégoire	Université Carleton	Physique des particules
Marco Gualtieri	Université de Toronto	Physique mathématique
John Harnad	Université Concordia	Physique mathématique
Jeremy Heyl	Université de la Colombie-Britannique	Astrophysique
Gilbert Patrick Holder	Université McGill	Astrophysique
Carl Hofer	Université Western	Philosophie
Bob Holdom	Université de Toronto	Physique des particules
Michael Hudson	Université de Waterloo	Cosmologie
Viqar Husain	Université du Nouveau-Brunswick	Cosmologie, gravitation quantique
Lisa Jeffrey	Université de Toronto	Théorie quantique des champs et théorie des cordes, physique mathématique
Thomas Jennewein	Université de Waterloo, IQC	Information quantique
Catherine Kallin	Université McMaster	Matière condensée
Joel Kamnitzer	Université de Toronto	Physique mathématique

Nom	Institution	Domaines de recherche
Joanna Karczmarek	Université de la Colombie-Britannique	Théorie quantique des champs et théorie des cordes
Spiro Karigiannis	Université de Waterloo	Physique mathématique, géométrie différentielle
Mikko Karttunen	Université de Waterloo	Matière condensée, biologie
Achim Kempf	Université de Waterloo	Information quantique
Yong-Baek Kim	Université de Toronto	Matière condensée
David Kribs	Université de Guelph	Information quantique
Hari Kunduri	Université Memorial	Gravité forte
Gabor Kunstatter	Université de Winnipeg	Gravitation quantique, mécanique quantique
Kayll Lake	Université Queen's	Gravité forte
Debbie Leung	Université de Waterloo	Information quantique
Randy Lewis	Université York	Physique des particules
Hoi-Kwong Lo	Université de Toronto	Information quantique
Michael Luke	Université de Toronto	Physique des particules
Adrian Lupascu	Université de Waterloo, IQC	Information quantique
Norbert Lütkenhaus	Université de Waterloo, IQC	Information quantique
A. Hamed Majedi	Université de Waterloo, IQC	Nanotechnologie
Alexander Maloney	Université McGill	Théorie quantique des champs et théorie des cordes
Robert Mann	Université de Waterloo	Théorie quantique des champs et théorie des cordes, gravitation quantique
Gerry McKeon	Université Western	Physique des particules
Brian McNamara	Université de Waterloo	Cosmologie
Volodya Miransky	Université Western	Information quantique
Guy Moore	Université McGill	Physique des particules
Ruxandra Moraru	Université de Waterloo	Physique mathématique, mathématiques pures
David Morrissey	Laboratoire TRIUMF	Physique des particules
Norman Murray	Université de Toronto, ICAT	Astrophysique

Nom	Institution	Domaines de recherche
Wayne Myrvold	Université Western	Philosophie
Julio Navarro	Université de Victoria	Cosmologie
Ashwin Nayak	Université de Waterloo	Information quantique
Elisabeth Nicol	Université de Guelph	Matière condensée
Don Page	Université de l'Alberta	Cosmologie
Prakash Panangaden	Université McGill	Fondements quantiques
Manu Paranjape	Université de Montréal	Physique des particules
Amanda Peet	Université de Toronto	Fondements quantiques, théorie quantique des champs et théorie des cordes
Alexander Penin	Université de l'Alberta	Matière condensée, physique des particules
Harald Pfeiffer	Université de Toronto, ICAT	Gravité forte
Marco Piani	Université de Waterloo, IQC	Information quantique
Levon Pogosian	Université Simon-Fraser	Cosmologie
Dmitri Pogosyan	Université de l'Alberta	Cosmologie
Éric Poisson	Université de Guelph	Gravité forte
Erich Poppitz	Université de Toronto	Physique des particules
David Poulin	Université de Sherbrooke	Fondements quantiques
Robert Raussendorf	Université de la Colombie-Britannique	Information quantique
Ben Reichardt	Université de la Californie du Sud	Information quantique
Kevin Resch	Université de Waterloo, IQC	Information quantique
Adam Ritz	Université de Victoria	Physique des particules
Moshe Rozali	Université de la Colombie-Britannique	Théorie quantique des champs et théorie des cordes
Barry Sanders	Université de Calgary	Information quantique
Kristin Schleich	Université de la Colombie-Britannique	Gravité forte
Douglas Scott	Université de la Colombie-Britannique	Cosmologie
Sanjeev Seahra	Université du Nouveau-Brunswick	Cosmologie, gravitation quantique
Peter Selinger	Université Dalhousie	Physique mathématique

Nom	Institution	Domaines de recherche
Gordon Semenoff	Université de la Colombie-Britannique	Théorie quantique des champs et théorie des cordes
John Sipe	Université de Toronto	Matière condensée, fondements quantiques
Aephraim Steinberg	Université de Toronto	Information quantique
James Taylor	Université de Waterloo	Cosmologie
André-Marie Tremblay	Université de Sherbrooke	Matière condensée
Sean Tulin	Université York	Physique des particules
Johannes Walcher	Université McGill	Théorie quantique des champs et théorie des cordes
Mark Walton	Université de Lethbridge	Théorie quantique des champs et théorie des cordes
John Watrous	Université de Waterloo	Information quantique
Steve Weinstein	Université de Waterloo	Fondements quantiques
Lawrence Widrow	Université Queen's	Astrophysique
Don Witt	Université de la Colombie-Britannique	Physique des particules, théorie quantique des champs et théorie des cordes
Bei Zeng	Université de Guelph	Information quantique

Annexe E : Membres du conseil d'administration

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

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

M. Lazaridis est le fondateur et président du conseil d'administration de l'Institut Périmètre, où il contribue à l'obtention d'importantes sommes d'argent des secteurs public et privé pour le financement de l'Institut. Il a également fondé l'Institut d'informatique quantique (IQC) et le Centre Quantum-Nano, tous deux à l'Université de Waterloo. Il a donné plus de 170 millions de dollars à l'Institut Périmètre et plus de 100 millions de dollars à l'IQC.

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

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

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

Cosimo Fiorenza, vice-président du conseil, est vice-président et avocat-conseil chez Infinite Potential Group. Auparavant, il a passé environ 20 ans dans de grands cabinets d'avocats de Toronto, où il se spécialisait dans l'impôt des sociétés. Pendant son mandat à Bay Street, il a conseillé certaines des plus grandes sociétés et des principaux entrepreneurs du Canada au sujet de l'impôt sur le revenu et de questions commerciales, en particulier en matière de technologie et de structure internationale. M. Fiorenza a contribué à la mise sur pied de l'Institut Périmètre, dont il est l'un des administrateurs fondateurs. En plus d'être vice-président du conseil d'administration, il est coprésident du conseil d'orientation et membre du comité des finances de l'Institut. Dans ces divers rôles, il conseille et soutient régulièrement l'équipe de direction sur différentes questions, notamment les finances, l'aspect juridique et le développement de l'Institut. Il est également membre du conseil d'administration de l'Institut d'informatique quantique de l'Université de Waterloo. Cosimo Fiorenza a obtenu un diplôme en administration des affaires de l'Université Lakehead et un diplôme en droit de l'Université d'Ottawa. Il est membre du Barreau de l'Ontario depuis 1991.

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

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

Michael Horgan est devenu en octobre 2014 conseiller principal chez Bennett Jones LLP, l'un des plus grands cabinets canadiens en droit des affaires. Avant de rejoindre le secteur privé, M. Horgan a eu une carrière remarquable de 36 ans dans la fonction publique fédérale, dont 5 ans comme sous-ministre des Finances (2009-2014). Il a également été sous-ministre de l'Environnement ainsi que des Affaires indiennes et du Nord, directeur du Fonds monétaire international pour le Canada, l'Irlande et les Antilles, et a occupé des postes importants au sein du Bureau du Conseil privé. Michael Horgan a reçu le Prix du Premier ministre pour services insignes de la fonction publique du Canada (2007) et la Médaille du jubilé de diamant de la reine Elizabeth II (2013). Il a obtenu un baccalauréat en économie de l'Université Concordia et des maîtrises en économie de l'Université Queen's et de l'Université de Princeton.

Art McDonald, O.C., O.Ont., a été pendant plus de 20 ans directeur de l'Observatoire de neutrinos de Sudbury (SNO pour *Sudbury Neutrino Observatory*), en Ontario, où il a été à la tête d'une équipe internationale qui a fait la découverte suivante : des particules élémentaires subatomiques, appelées neutrinos, changent de type pendant leur trajet entre le Soleil et la Terre. L'expérience du SNO a également confirmé que les neutrinos ont une masse minuscule mais non nulle. M. McDonald a été titulaire de la chaire Gordon-et-Patricia-Gray d'astrophysique des particules à l'Université Queen's de Kingston. À titre de professeur émérite, il est encore actif dans la recherche sur la matière sombre et les neutrinos au laboratoire souterrain SNOLAB. Les recherches de M. McDonald lui ont valu de nombreuses distinctions, dont la médaille Benjamin-Franklin de physique, conjointement avec le chercheur Yoji Totsuka (2007), la médaille Henry-Marshall-Tory de la Société royale du Canada (2011) et le prix Nobel de physique (2015). Il a en outre été fait officier de l'Ordre du Canada en 2007 et membre de l'Ordre de l'Ontario en 2013, et a été élu membre de la Société royale du Canada et de la Société royale du Royaume-Uni.

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

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

Annexe F : Membres du comité consultatif scientifique

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

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

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

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

M. Baskaran est professeur émérite à l'Institut de mathématiques de Chennai, en Inde, où il a récemment fondé le Centre de sciences quantiques. Il a apporté d'importantes contributions dans le domaine de la matière quantique fortement corrélée. Il s'intéresse principalement aux nouveaux phénomènes quantiques émergents dans la matière, y compris des phénomènes biologiques. M. Baskaran est bien connu pour sa contribution à la théorie de la supraconductivité à haute température et pour la découverte de champs de jauge émergents dans des systèmes d'électrons fortement corrélés. Il a prédit la supraconductivité d'onde P dans Sr_2RuO_4 , un système que l'on croit compatible avec la présence de fermions de Majorana, qubits populaires en informatique quantique topologique. Il a récemment prédit la supraconductivité à la température ambiante du graphène dopé de manière optimale. De 1976 à 2006, Ganapathy Baskaran a apporté une contribution substantielle au Centre international Abdus-Salam de physique théorique (ICTP), situé à Trieste, en Italie. Il a reçu le prix S.S.-Bhatnagar du Conseil indien de la recherche scientifique et industrielle (1990) et le prix Alfred-Kasler de l'ICTP (1983). Il a été élu membre de l'Académie des sciences de l'Inde (1988), de l'Académie scientifique nationale de l'Inde (1991) et de l'Académie des sciences du Tiers-Monde (2008). Il a également été nommé « Ancien distingué » de l'Institut indien des sciences à Bangalore (2008).

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

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

membre élu de la Société américaine de physique, de l'Académie américaine des arts et sciences, ainsi que de l'Académie nationale des sciences des États-Unis.

Annexe G : Liens de l'Institut Périmètre avec le milieu de l'expérimentation

Des scientifiques de l'Institut Périmètre sont liés à de nombreux projets d'expérimentation parmi les plus importants au monde. Voici un échantillon représentatif de tels liens dans le cas de chercheurs de l'Institut.

- **Dmitry Abanin** travaille directement avec plusieurs groupes importants d'expérimentateurs sur le graphène, dont ceux qui sont dirigés par Philip Kim et Amir Yacoby (groupe de Harvard)⁴² et par Alberto Morpurgo (groupe de Genève)⁴³. Il travaille également avec un groupe d'expérimentateurs de Munich sur des questions liées aux atomes froids et à la dynamique des systèmes à N corps.
- **Asimina Arvanitaki** fait partie de la collaboration ARIADNE (*Axion Resonant InterAction DetectioN Experiment* – Expérience de détection d'interactions à résonance d'axions)⁴⁴, qui recherche dans la matière des interactions à médiation par des axions. Elle a également proposé un certain nombre de tests expérimentaux de théories de physique fondamentale à l'aide de capteurs en lévitation optique, d'horloges atomiques et de la résonance magnétique nucléaire.
- **Avery Broderick et Tim Johannsen** sont membres du projet de télescope EHT (*Event Horizon Telescope* – Télescope horizon des événements)⁴⁵, qui vise à observer pour la première fois le voisinage immédiat d'un trou noir.
- **Raffi Budakian** travaille avec l'Institut d'informatique quantique de l'Université de Waterloo à la mise au point d'une nouvelle classe d'outils expérimentaux ultrasensibles de détection de spins électroniques et nucléaires.
- **David Cory** travaille avec l'Institut d'informatique quantique de l'Université de Waterloo à la mise au point de capteurs et d'actionneurs quantiques, qui sondent et commandent le monde subatomique avec une précision incroyable, et feront probablement partie des composantes de base des futurs ordinateurs quantiques.
- **Eder Izaguirre** participe à l'expérience du télescope Fermi LAT (*Large Area Telescope* – Télescope à grand champ)⁴⁶, qui permet d'observer les rayons gamma, ainsi qu'à l'expérience BDX (*Beam Dump Experiment* – Expérience de diffuseur d'énergie), au Laboratoire Jefferson⁴⁷.
- **Matthew Johnson**, cosmologiste à l'Institut Périmètre, analyse les données d'expériences qui mesurent le rayonnement fossile, ou fonds diffus cosmologique.
- **Raymond Laflamme** est le directeur de l'Institut d'informatique quantique de l'Université de Waterloo où, entre autres travaux à la jonction de la théorie et de l'expérience, il élabore des plans de processeurs quantiques d'information tels que des calculateurs quantiques à optique

⁴² Voir les pages <http://kim.physics.harvard.edu> et <http://yacoby.physics.harvard.edu>.

⁴³ Voir la page http://dpmc.unige.ch/gr_morpurgo.

⁴⁴ Voir la page <http://journals.aps.org/prl/abstract/10.1103/PhysRevLett.113.161801>.

⁴⁵ Voir les pages <https://perimeterinstitute.ca/research/research-initiatives/event-horizon-telescope-eh- initiative> et <http://www.eventhorizontelescope.org>.

⁴⁶ Voir la page <https://www-glast.stanford.edu>.

⁴⁷ Voir la page <http://arxiv.org/abs/1406.3028>.

linéaire. M. Laflamme est aussi l'un des fondateurs de Universal Quantum Devices (<http://uqdevices.com>), nouvelle entreprise qui commercialise les sous-produits de la recherche sur l'information quantique.

- **Maxim Pospelov** est membre associé du groupe BaBar⁴⁸, qui étudie la physique des quarks b et d'autres particules intermédiaires qui possèdent une masse. Il collabore en outre directement avec des physiciens expérimentateurs des laboratoires TRIUMF et Fermilab, et fait partie de l'équipe de l'expérience GNOME (*Global Network of Magnetometers for Exotic* – Réseau mondial de magnétomètres pour la recherche de physique exotique)⁴⁹.
- **Philip Schuster et Natalia Toro** travaillent ensemble et ont de nombreux liens avec le milieu de l'expérimentation. Ils ont été les principaux instigateurs de la méthode des « modèles simplifiés », maintenant utilisée de manière routinière pour le traitement des données au grand collisionneur de hadrons du CERN, à Genève, en Suisse. Ils sont aussi les pionniers de nouvelles expériences menées à l'aide de collisionneurs plus petits, dont 3 au Laboratoire national de l'accélérateur Thomas-Jefferson : l'expérience BDX (*Beam Dump Experiment* – Expérience de diffuseur d'énergie), qui porte sur la recherche de matière sombre, de même que les expériences APEX (*A-Prime Experiment* – Expérience A') et HPS (*Heavy Photon Search* – Recherche de photons lourds), qui portent sur la recherche de forces inconnues⁵⁰. Ils sont les porte-parole de l'expérience APEX.
- **Kendrick Smith** est membre de plusieurs groupes importants d'expérimentateurs qui font des mesures du rayonnement fossile, ou fonds diffus cosmologique. Mentionnons entre autres l'expérience WMAP et le satellite Planck⁵¹, de même que les expériences au sol CAPMAP et QUIET⁵². Il participe également au projet HSC⁵³ (nouvelle expérience menée à l'aide du télescope Subaru d'Hawaii pour l'observation de galaxies éloignées), ainsi qu'au projet CHIME (*Canadian Hydrogen Intensity Mapping Experiment* – Expérience canadienne de cartographie d'intensité de l'hydrogène)⁵⁴, qui vise à mesurer les ondes radio provenant du ciel à l'aide du premier grand télescope canadien de recherche construit en plus de 50 ans.
- **Robert Spekkens** collabore avec des expérimentateurs de l'Institut d'informatique quantique de l'Université de Waterloo, pour démontrer l'avantage quantique de déduire des relations de cause à effet à partir de corrélations et pour mettre en œuvre des tests robustes du phénomène quantique de contextualité.
- **Itay Yavin** dirige les travaux de mise au point d'une nouvelle expérience au grand collisionneur de hadrons, pour la recherche de nouvelles particules dont la charge est mille fois plus petite que celle de l'électron. M. Yavin est également l'un des principaux auteurs du système RECAST, cadre de calcul qui permet d'utiliser des données du grand collisionneur de hadrons pour tester

⁴⁸ Voir la page <http://www.slac.stanford.edu/BFROOT>.

⁴⁹ Voir la page <http://arxiv.org/abs/1303.5524>.

⁵⁰ Pour de plus amples renseignements sur ces expériences, voir les articles <http://arxiv.org/abs/1406.3028>, <http://arxiv.org/abs/1301.2581> et <http://arxiv.org/abs/1310.2060>.

⁵¹ Voir les pages <http://map.gsfc.nasa.gov> et <http://www.cosmos.esa.int/web/planck>.

⁵² Voir les pages <http://cfcp.uchicago.edu/research/projects/capmap.html> et <http://quiet.uchicago.edu>.

⁵³ Voir la page <http://subarutelescope.org/Projects/HSC/HSCProject.html>.

⁵⁴ Voir la page <http://chime.phas.ubc.ca>.

de nouvelles hypothèses et rechercher de nouveaux phénomènes physiques. Le système RECAST est hébergé à l'Institut Périmètre⁵⁵.

Plusieurs chercheurs de l'Institut Périmètre participent au projet SHiP (*Search for Hidden Particles – Recherche de particules cachées*), proposition de 85 scientifiques visant à lancer une nouvelle expérience à cible fixe au CERN. Ce sont **Wolfgang Altmannshofer**, **Stefania Gori**, **Eder Izaguirre**, **Gordan Krnjaic**, **Maxim Pospelov** et **Brian Shuve**.

Certains chercheurs participent de plus à des expériences de moindre envergure. Mentionnons **Juan Carrasquilla**⁵⁶, co-auteur d'un article publié dans *Nature Physics* sur la distillation d'un condensat de Bose-Einstein, et **Daniel Brod**, qui a travaillé avec un groupe italien d'optique quantique à la construction et à l'analyse d'un échantillonneur de bosons, précurseur potentiel d'un ordinateur quantique.

L'Institut Périmètre entretient aussi des liens avec le milieu de l'expérimentation grâce à son programme de conférences. En 2014-2015, plusieurs de ces conférences ont porté directement sur des résultats expérimentaux et les défis qu'ils posent. Mentionnons les conférences suivantes :

- **EHT 2014** – Le télescope EHT (*Event Horizon Telescope – Télescope horizon des événements*) est le premier instrument astronomique capable de produire une image de l'horizon d'un trou noir connu. Tenue en novembre 2014, *EHT 2014* a été la 2^e d'une série de conférences visant à rassembler toute la communauté du télescope EHT, des constructeurs d'instruments aux auteurs des modèles théoriques, afin d'exploiter tout le potentiel des occasions uniques offertes par ce télescope⁵⁷.
- **Convergence** – Tenue en juin 2015, *Convergence* a réuni des théoriciens et des expérimentateurs pour donner une vue d'ensemble de la physique fondamentale et de son avenir. Les exposés et les discussions ont entre autres abordé les recherches les plus récentes sur la matière condensée, les exoplanètes et la détection d'ondes gravitationnelles⁵⁸.
- **Preparing for the High-Luminosity Run of the LHC** (Préparation du LHC à forte luminosité) – Cet atelier, qui a eu lieu en juin 2015, a réuni des théoriciens et des expérimentateurs dans le domaine des particules à haute énergie pour réfléchir aux défis et aux possibilités du futur LHC à forte luminosité. Il a été entre autres question de nouvelles technologies de détection, de nouvelles stratégies d'amorçage, de plans de secours pour chaque attonne inverse, ainsi que de manières de contrer l'empilement accru⁵⁹.

⁵⁵ Pour plus de détails sur RECAST, voir les pages <http://arxiv.org/abs/1010.2506> et <http://recast.it>.

⁵⁶ Voir la page <http://perimeterinstitute.ca/news/quantum-distillery>.

⁵⁷ Voir la page <http://perimeterinstitute.ca/conferences/eht-2014>.

⁵⁸ Voir la page <http://perimeterinstitute.ca/research/conferences/convergence>.

⁵⁹ Voir la page <http://perimeterinstitute.ca/conferences/preparing-high-luminosity-run-lhc-0>.

Annexe H : Présence de l'Institut Périmètre dans les médias

En 2014-2015, l'Institut Périmètre a été présent dans des médias canadiens et étrangers, entre autres *The Globe and Mail*, *The New York Times*, *WIRED*, *Maclean's*, *TVO*, *Radio-Canada*, *BBC News*, *Nature* et *Scientific American*. Voici quelques points saillants de la présence de l'Institut Périmètre dans les médias.

Médias	Titre	Date	Résumé
Scientific American	<i>The Black Hole at the Beginning of Time</i>	Août 2014	Cet article, qui fait la couverture du numéro d'août 2014, présente les travaux de Niayesh Afshordi, Robert Mann et Razieh Pourhasan. Ces chercheurs postulent que le Big Bang a été précédé d'un trou noir quadridimensionnel, qui a créé un horizon des événements tridimensionnel formant notre univers actuel.
CBC.ca Souscrit par Yahoo! Canada et le blogue du Scientific American	<i>Schrödinger's cat explained on physicist's 127th birthday</i>	12 août 2014	Ce reportage met en vedette et explique la vidéo sur le chat de Schrödinger, extraite du documentaire <i>Les dompteurs de l'invisible</i> , à l'occasion de la parution du numéro du mois d'août de la série <i>Slice of PI</i> (Tranche d'IP) et de l'anniversaire de naissance de Schrödinger.
National Geographic	<i>Cosmic Dust Clouds Gravitational Wave Finding</i>	22 septembre 2014	Cet article porte sur les données du satellite Planck, qui ont permis de réfuter les conclusions de l'expérience BICEP2 sur les ondes gravitationnelles. Neil Turok a été interviewé et est abondamment cité dans l'article.
Science	<i>Breakthrough lost in coin toss?</i>	3 octobre 2014	Il s'agit d'un article vedette sur les nouveaux résultats de la recherche sur les valeurs faibles. L'un des scientifiques participant à ces travaux est Joshua Combes, de l'Institut Périmètre, qui a été interviewé et est abondamment cité dans l'article.
WIRED	<i>How Gravity Explains Why Time Never Runs Backward</i>	5 novembre 2014	Cet article aborde les nouveaux résultats de la recherche sur la « flèche du temps ». L'un des scientifiques participant à ces travaux est Flavio Mercati, de l'Institut Périmètre, qui a été interviewé et est abondamment cité dans l'article.
WIRED	<i>Scientists Search for Evidence of the Multiverse in the Big Bang's Afterglow</i>	18 novembre 2014	Cet article porte sur l'élaboration d'un test de la théorie du multivers. Il met en vedette et cite Matthew Johnson, de l'Institut Périmètre. La version en ligne de l'article comprend en outre une vidéo produite par l'IP sur le sujet.
Maclean's	<i>Foreign powers: Canada's most powerful non-Canadians</i>	23 novembre 2014	Cet article énumère les 5 non-Canadiens les plus influents qui vivent et travaillent au Canada. Neil Turok y figure en 2 ^e position.

Médias	Titre	Date	Résumé
Canada.com Également paru dans <i>The Windsor Star</i> et <i>The Province</i>	<i>Looking for the keys to the next big thing in physics</i>	3 décembre 2014	Cet article porte sur l'obtention d'un prix <i>Nouveaux horizons en physique</i> par Natalia Toro et Philip Schuster, à l'occasion de la cérémonie de remise des prix de la Fondation des Prix du progrès scientifique (<i>Breakthrough Prize Foundation</i>). Leurs travaux y sont en vedette, les deux chercheurs sont abondamment cités, et l'article insiste sur le fait que l'IP constitue le milieu qu'il faut pour susciter des percées scientifiques.
Canada.com Également paru dans le <i>Edmonton Journal</i> , <i>The Province</i> , <i>Leader Post</i> , <i>Star Phoenix</i> et <i>Windsor Star</i>	<i>Let 2015 be the year of the light</i>	18 janvier 2015	Cet article annonce l'Année internationale de la lumière décrétée par l'UNESCO. Il fait une place importante aux images du numéro de janvier de la série <i>Slice of Pi</i> (Tranche d'IP) de l'Institut Périmètre.
<i>Motherboard</i>	<i>Cosmologists Discovered a New Kind of Crystal by Looking at Satellite Orbits</i>	18 février 2015	Cet article décrit les nouvelles recherches menées par Kendrick Smith et Latham Boyle, de l'Institut Périmètre.
<i>The Globe and Mail</i>	<i>After two years lying dormant, the Large Hadron Collider again revs up</i>	12 mars 2015	Cet article vedette d'Ivan Semeniuk sur le redémarrage du LHC donne une place importante à Asimina Arvanitaki, de l'Institut Périmètre.
CBC Online	<i>How Canada's geek capital is marking Super Pi Day</i>	13 mars 2015	La populaire série <i>Slice of Pi</i> (Tranche d'IP) de l'Institut Périmètre comprend une vidéo célébrant le nombre π (3,1415), à l'occasion de la Journée de l'IP tenue le 14 mars 2015 (3/14/15, selon la convention d'écriture américaine).
<i>Quirks and Quarks</i> , diffusé sur le réseau national de la radio anglaise de Radio-Canada	<i>Quirks Question Road Show</i>	6 juin 2015	Enregistré sur place à l'Institut Périmètre, le spectacle annuel <i>Quirks and Quarks</i> couvre une variété de sujets scientifiques. Il comprend plusieurs références à l'IP dans des promotions, séquences et balados. Il comporte une entrevue d'Avery Broderick, professeur associé à l'Institut Périmètre.
<i>The New York Times</i>	<i>Black Hole Hunters</i>	8 juin 2015	Avery Broderick, professeur associé à l'Institut Périmètre, est cité dans cet article sur le télescope EHT. Cet article résulte de contacts médiatiques remontant à la conférence <i>EHT 2014</i> organisée par l'IP.

Médias	Titre	Date	Résumé
The Globe and Mail	<i>Perimeter Institute's formula for a calculated physics reboot</i>	23 juin 2015	Ce reportage porte sur la position unique qu'occupe l'Institut Périmètre pour relancer la physique et susciter des percées scientifiques. Il compare le talent des chercheurs de l'Institut au talent exceptionnel d'Einstein et de Noether. L'article mentionne également l'annonce d'un financement de 4 millions de dollars faite à la conférence <i>Convergence</i> .
The Globe and Mail	<i>Theoretical physics is a low-cost, high-yield investment</i>	30 juin 2015	Une lettre d'opinion de Bill Downe, PDG de BMO, rédigée en collaboration avec l'Institut Périmètre, explique pourquoi c'est une bonne idée d'investir dans la physique théorique.
New Scientist	<i>Physicists launch fight to make data more important than theory</i>	1 ^{er} juillet 2015	Cet article vedette sur le besoin de théories physiques que l'on puisse mettre à l'épreuve est tiré en grande partie de la conférence <i>Convergence</i> et cite abondamment Neil Turok.
Nature News	<i>'Half-pipe' telescope will probe dark energy in teen Universe</i>	29 juillet 2015	Cet article vedette sur le radiotélescope CHIME cite Kendrick Smith, de l'Institut Périmètre. Le journaliste a entendu parler du projet CHIME lorsqu'il a couvert la conférence <i>Convergence</i> à l'IP.
COSMOS	<i>The universe that begins again</i>	30 juillet 2015	Cet article vedette sur la recherche d'ondes gravitationnelles accorde une place importante aux travaux de Neil Turok, directeur de l'Institut Périmètre, et de Paul Steinhardt, chercheur invité à l'Institut, et les cite à quelques reprises.