

RAPPORT ANNUEL 2013

VISION

CRÉER LE PRINCIPAL CENTRE MONDIAL DE PHYSIQUE
THÉORIQUE FONDAMENTALE, EN CONJUGUANT LES INITIATIVES
DE PARTENAIRES PUBLICS ET PRIVÉS AINSI QU'EN FAVORISANT
UNE SYNERGIE ENTRE LES PLUS BRILLANTS ESPRITS
SCIENTIFIQUES DU MONDE, POUR PERMETTRE LA
RÉALISATION DE RECHERCHES ABOUTISSANT À
DES AVANCÉES QUI TRANSFORMERONT
NOTRE AVENIR.

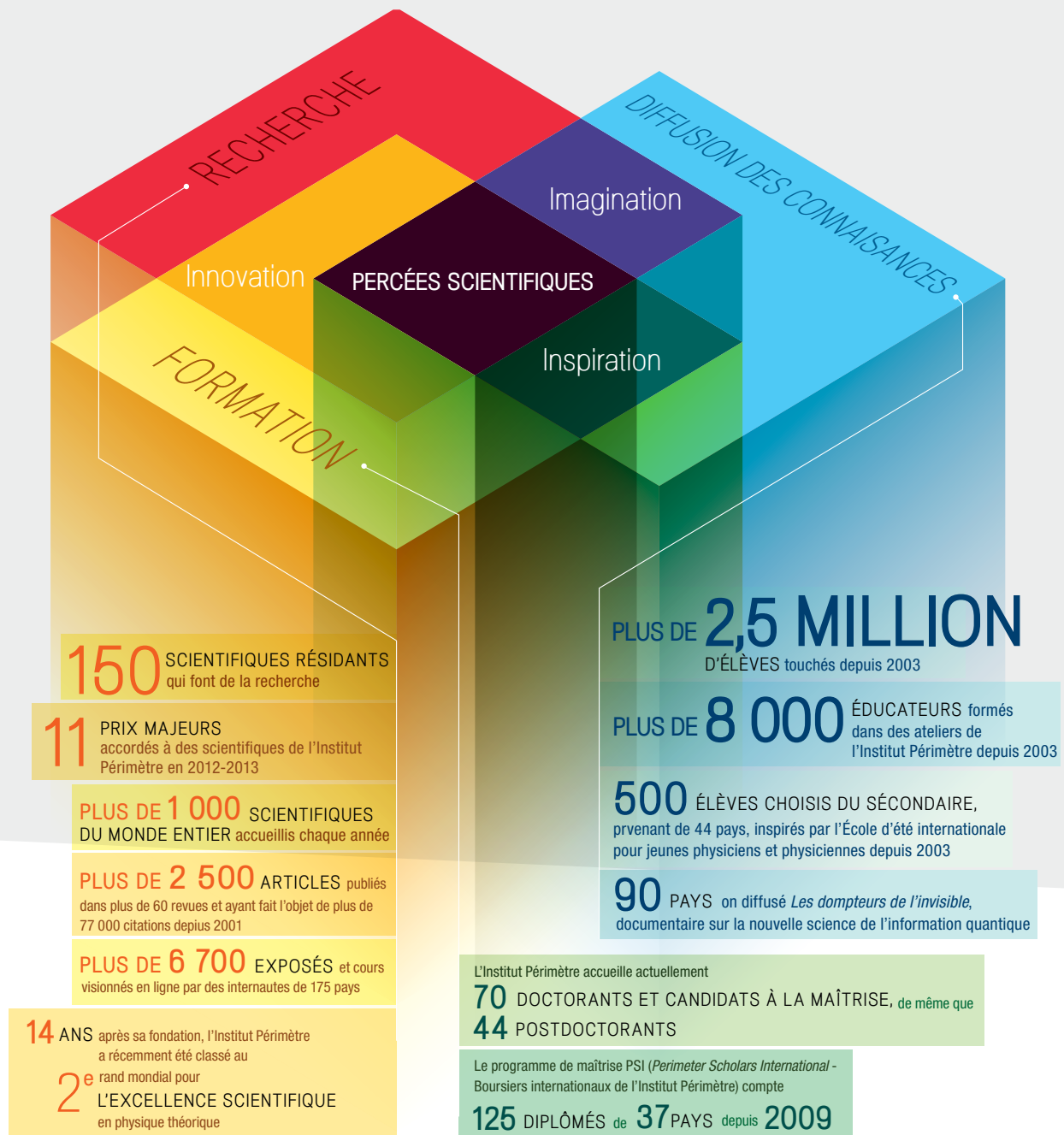
TABLE DES MATIÈRES

Un écosystème de découverte	2
Présentation	3
Message du président du conseil	4
Message du directeur de l'Institut	6
Recherche	8
Information quantique	10
Physique mathématique	12
Cosmologie	14
Gravité forte	16
Matière condensée	18
Physique des particules	20
Théorie quantique des champs et théorie des cordes	22
Gravitation quantique	24
Fondements quantiques	26
Prix, distinctions et subventions	28
Recrutement	30
Formation à la recherche	36
Réunions de chercheurs	38
Collaborations	40
Diffusion des connaissances	42
Développement de l'Institut Périmètre	48
Gouvernance	50
Installations	53
Finances	54
Priorités et objectifs pour l'avenir	59
Annexes	60

Ce rapport présente les activités et les finances de l'Institut Périmètre de physique théorique pour l'exercice allant du 1er août 2012 au 31 juillet 2013.

UN ÉCOSYSTÈME DE DÉCOUVERTE

- OBJECTIFS**
- Réaliser des percées qui transformeront notre avenir
 - Encourager la prochaine génération de brillants physiciens
 - Faire connaître au monde le pouvoir transformateur de la physique théorique



PRÉSENTATION

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

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

L'Institut Péricètre a pour mission de réaliser des découvertes fondamentales dans notre compréhension de l'univers. Inévitablement, ces percées jetteront les bases des technologies de demain. Nous rassemblons sous un même toit les plus brillants esprits de la planète, pour qu'ils échangent et collaborent au-delà des frontières des disciplines et s'attaquent à des problèmes clés. La communauté de l'Institut Péricètre s'agrandit et compte plus de 150 chercheurs résidents, depuis des étudiants de maîtrise jusqu'à des scientifiques de renom. L'Institut est aussi une plaque tournante mondiale de l'échange d'idées, accueillant chaque année près d'un millier de scientifiques en visite.

L'avenir de la physique réside dans notre capacité d'inspirer et de former la prochaine génération de brillants jeunes gens. C'est pourquoi l'Institut Péricètre a mis sur pied des programmes intensifs d'enseignement et de formation à tous les niveaux. Notre programme innovateur de maîtrise PSI (*Perimeter Scholars International* – Boursiers internationaux de l'Institut Péricètre), forme chaque année 30 diplômés exceptionnels venant du monde entier. Nos professeurs dirigent un nombre équivalent de doctorants. Et nous sommes fiers de compter près de 50 postdoctorants, l'un des plus importants groupes de jeunes physiciens théoriciens au monde.

L'Institut Péricètre – comme d'ailleurs toute science – prospère en s'inscrivant dans une communauté élargie de gens qui connaissent la science et se passionnent pour elle. C'est pourquoi nous avons toujours accordé une grande priorité à faire connaître au public la puissance et l'importance de la physique théorique. Nous ouvrons nos portes au grand public pour des conférences et des festivals, et nous avons mis au point un riche ensemble de trousseaux pédagogiques pour les élèves et les enseignants. Nous avons ainsi touché plus de 2,5 millions d'élèves – dont un million au cours de la seule dernière année.

Maintenant, nous construisons un réseau de partisans et de supporteurs partout dans le monde. Avec l'appui de nos partenaires actuels et futurs – des secteurs public et privé – nous ne visons rien moins que de changer le monde.

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

– Stephen Hawking

MESSAGE DU PRÉSIDENT DU CONSEIL

Quand je vois les progrès réalisés par l'Institut Péricètre au cours de la dernière année et les possibilités enthousiasmantes qui se présentent pour l'année qui vient, c'est difficile de croire que l'Institut n'a qu'un peu plus de dix ans.

Lorsque nous avons fondé l'Institut Péricètre en 1999, nous savions que la physique théorique a le pouvoir de transformer la société et nous étions convaincus que l'Institut pourrait apporter une contribution significative à ce chapitre.

Mais la physique a progressé plus que nous n'aurions pu l'imaginer. Le boson de Higgs a été découvert, l'énergie sombre est une réalité, et des expérimentateurs peuvent contrôler de manière fiable des systèmes d'une taille quasi atomique. Des transformations sont imminentes dans pratiquement tous les sous-domaines de la physique.

La capacité de l'Institut Péricètre de contribuer à ces progrès a été plus importante et est venue plus rapidement que tout ce que nous aurions osé rêver. L'Institut a joué et joue encore un rôle de premier plan dans les progrès de la physique à l'échelle planétaire. Nos chercheurs, y compris certaines recrues de l'année dernière, font partie des meilleurs scientifiques du monde. La concurrence a été plus forte que jamais l'an dernier pour une place au sein de notre programme de maîtrise PSI. Et nos trousseaux pédagogiques de physique au secondaire, qui ont servi à plus de deux millions d'élèves partout au Canada, deviennent des modèles sur le plan international.

Ce sont ces réalisations qui ont amené l'Institut Péricètre à être classé au cinquième rang mondial pour l'excellence de ses recherches en physique – et au deuxième rang en physique théorique – dans une étude internationale menée en 2013 par des chercheurs de la Société Max-Planck en Allemagne.

Au cours de la dernière année, j'ai parlé à de multiples occasions sur les possibilités qu'offre au Canada la révolution de la technologie quantique, qui devrait selon de nombreux experts commencer d'ici quelques années et qui promet de transformer la société d'une manière inimaginable. Les progrès réalisés en physique quantique à l'Institut Péricètre et à son partenaire expérimental, l'Institut d'informatique quantique, positionne la *Quantum Valley* du Canada parmi les quelques centres qui mèneront cette révolution dans le monde.

Je tiens à féliciter notre directeur, Neil Turok, et sa merveilleuse équipe pour tout le travail accompli et leurs succès au cours de l'année écoulée.

Je veux aussi souligner le fait que M. Turok a été désigné pour prononcer les conférences CBC Massey en 2012. Plus d'un million de Canadiens, dont énormément de jeunes de partout au pays, ont été envoûtés par un message d'optimisme scientifique à propos de notre avenir quantique, livré de manière éloquente et passionnée par Neil Turok dans le cadre des conférences Massey.



Cette année a vu s'approcher la fin du premier mandat de cinq ans de Neil Turok comme directeur de l'Institut Péricètre. J'ai le plaisir d'annoncer que le conseil d'administration de l'Institut a proposé à l'unanimité le renouvellement de son mandat pour un autre terme de cinq ans, et que M. Turok a gracieusement accepté. Ce fut également un privilège pour mon épouse Ophelia et moi-même de soutenir la création d'une nouvelle chaire – la chaire Niels-Bohr de physique théorique de l'Institut Péricètre – dont Neil Turok est le premier titulaire.

Je tiens à souligner personnellement l'appui continu du gouvernement du Canada et de la Province de l'Ontario au partenariat public-privé qui a été déterminant pour l'Institut Péricètre depuis sa fondation.

Je veux aussi remercier les nombreux donateurs qui ont généreusement souscrit au travail très important accompli par l'Institut Péricètre. Je tiens à mentionner en particulier la Fondation Krembil pour son appui à la chaire Fondation-Krembil-Galilée de physique théorique de l'Institut Péricètre, qui sera occupée par Davide Gaiotto, ainsi qu'à la chaire Fondation-Krembil-William-Rowan-Hamilton de physique théorique de l'Institut Péricètre, dont le premier titulaire sera Kevin Costello.

Avec le succès vient la concurrence. Comme le reste du monde découvre les possibilités offertes par la physique, la concurrence pour le capital intellectuel de haut niveau devient de plus en plus forte. Par conséquent, le soutien financier de donateurs privés et la poursuite du partenariat public-privé avec le gouvernement du Canada et la Province de l'Ontario joueront un rôle essentiel dans les succès à venir de l'Institut Péricètre.

J'aimerais remercier les membres du conseil d'administration de leur dévouement et de la direction qu'ils impriment à l'Institut Péricètre. De plus, alors que les efforts de développement de l'Institut gagnent en intensité, je veux souligner le travail des membres du conseil d'orientation de l'Institut Péricètre.

Je crois que nous vivons une époque passionnante pour la physique et je suis convaincu que l'Institut Péricètre est parfaitement bien placé pour jouer un rôle de premier plan dans les progrès de la physique théorique et dans les découvertes qui nous ouvriront des possibilités de transformation.

– Mike Lazaridis

MESSAGE DU DIRECTEUR DE L'INSTITUT

Depuis sa fondation même, l'Institut Péricimètre a constitué une surprise – un institut entièrement consacré à la physique théorique fondamentale. La première fois que j'en ai entendu parler, je me suis mis à rire. Comment une institution naissante, située à Waterloo, en Ontario (où ça?), pouvait être assez audacieuse pour s'attaquer aux problèmes qui sont à la base même de la science?

Quelques années plus tard, mieux informé de la stratégie et de la culture de l'Institut, j'ai changé d'opinion. De par ma propre expérience dans des centres plus traditionnels, j'avais constaté comment, de bien des manières, le monde universitaire ralentit – alors que le reste de la planète accélère. Des découvertes fondamentales, ainsi que la diffusion du haut savoir, sont plus nécessaires que jamais. Mais il faut des institutions de types nouveaux : j'ai été convaincu que l'Institut Péricimètre offrait non seulement au Canada, mais au monde entier, une occasion sans précédent d'accélérer les progrès dans l'un des domaines les plus difficiles, mais historiquement les plus fructueux.

C'est avec cette conviction que j'ai joint l'Institut Péricimètre il y a cinq ans. Depuis lors, nos installations ont doublé et notre corps professoral a triplé. Nous avons lancé le programme PSI (*Perimeter Scholars International* – Boursiers internationaux de l'Institut Péricimètre) et nommé 34 titulaires de chaire de chercheur invité distingué. Nous avons intensifié notre présence auprès des élèves et du grand public, au Canada et dans le monde. Ce fut une période enthousiasmante, pour une noble cause. Le sentiment d'objectifs communs partagé par le conseil d'administration, le corps professoral et le personnel de l'Institut Péricimètre est, à mon sens, unique parmi les centres de recherche. Nos brillants postdoctorants et étudiants diplômés sont une source inépuisable d'énergie, de vitalité et de plaisir. Waterloo s'avère un milieu merveilleusement favorable pour nous. Ensemble, nous avons construit un lieu phénoménal.

L'Institut Péricimètre a monté en flèche dans les classements mondiaux : une récente étude nous a situés au deuxième rang mondial en physique théorique (voir à la page 8). Ce résultat constituera peut-être une grosse surprise pour de nombreux centres établis depuis longtemps. Mais en fait ce n'est pas surprenant. Le monde de la physique a un besoin urgent de modernisation – revenir aux grandes questions, attirer de brillants jeunes gens, les mettre au défi et leur permettre d'aller en dehors des sentiers battus. C'est à mon avis le lieu et le moment idéaux pour le faire.

Cette année, j'ai eu le grand privilège de traverser le Canada pour prononcer les conférences CBC Massey. Ce fut pour moi une occasion de voir une partie de ce pays étonnant et immense, et de sentir la chaleur de ses merveilleux habitants. J'ai particulièrement aimé rencontrer beaucoup de jeunes gens enthousiastes dans des départements de physique d'un bout à l'autre du pays. Je partage leur sentiment – nous sommes à une époque extraordinaire.

Au cours des deux dernières années, nous avons exploré les dimensions les plus intimes et les frontières les plus éloignées de l'univers. Le plus grand microscope de tous les temps, le grand collisionneur de hadrons (LHC), a permis de voir des distances de l'ordre du milliardième de la taille d'un atome. Le plus grand télescope jamais construit, le satellite Planck, a révélé le cosmos à une échelle 10 000 milliards de fois la taille du système solaire.

Jamais auparavant n'avons-nous eu une image aussi complète de notre univers. C'est à la fois un grand triomphe, un énorme défi et une occasion sans pareille.

Que ce soit à l'échelle subatomique ou cosmique, les mesures révèlent une simplicité étonnante et inattendue de la nature, de l'infiniment petit à l'infiniment grand : au LHC, le strict minimum – le boson de Higgs, pas de supersymétrie, pas de particule massive interagissant



faiblement – et dans le cas du satellite Planck, un ciel parfaitement gaussien, où deux paramètres suffisent à décrire les fluctuations issues du Big Bang.

Nos théories actuelles ne prédisent ni n'expliquent cette incroyable simplicité. De fait, les tendances les plus populaires vont dans le sens contraire – semblant impliquer un univers fou, aléatoire, un « multivers », où il y a pratiquement de tout. Cela rend la situation très intéressante, parce que la simplicité que nous observons maintenant pourrait pointer vers un principe fondamental nouveau de la nature. Cela indique que nous pourrions être au seuil d'une révolution.

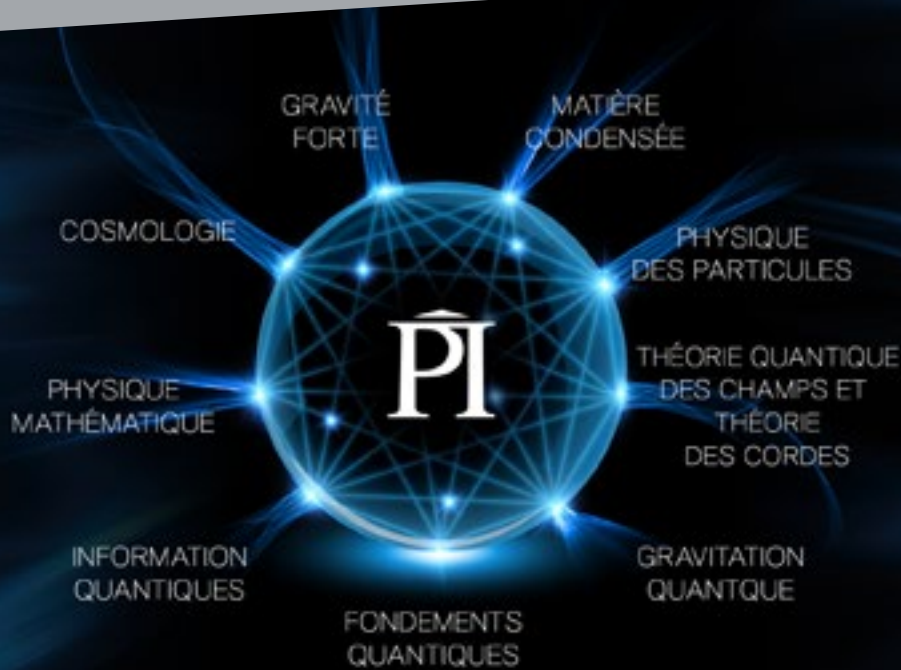
Dans le passé, des contradictions semblables ont engendré des progrès spectaculaires. Au début du XX^e siècle, le conflit entre, d'une part, les théories de Maxwell sur l'électromagnétisme et la lumière et, d'autre part, la thermodynamique et la mécanique classiques, ont conduit à la physique quantique et à la relativité. Ces dernières ont semé les germes de nouvelles technologies, dont les lasers, les ordinateurs, les disques compacts, le GPS, etc. Notre société du XXI^e siècle est construite sur la physique du XX^e siècle.

Où peut-on mieux qu'à l'Institut Périmètre élaborer les principes puissants et prédictifs dont nous avons besoin pour expliquer l'univers tel que nous l'observons aujourd'hui? C'est avec enthousiasme que je prends possession de la chaire Niels-Bohr, que Mike et Ophelia Lazaridis ont créée avec leur générosité habituelle. Ma première priorité au cours des cinq années à venir sera de canaliser nos recherches. L'Institut Périmètre est comme un voyage vers la Lune : nous venons de terminer la phase d'accélération; il nous reste maintenant à bien viser pour atteindre notre but.

La clé du succès consiste à réunir les bonnes personnes et à faire en sorte qu'elles puissent faire les meilleures recherches possibles. J'ai le plaisir de dire que plusieurs scientifiques exceptionnels se sont joints à nous cette année. Dmitry Abanin et Roger Melko sont deux jeunes chefs de file dans le domaine des matériaux quantiques, dont les propriétés présentent un potentiel immense d'utilisation dans les nouvelles technologies. Kendrick Smith et Matthew Johnson sont des cosmologistes dont les recherches combinent théorie fondamentale et observation. Kendrick Smith est membre de l'équipe de l'expérience WMAP, qui vient de mériter le prestigieux prix Gruber 2012 de cosmologie. Luis Lehner, l'un des chefs de file mondiaux des phénomènes de gravité forte (comme les trous noirs), est devenu professeur à plein temps à l'Institut Périmètre, après avoir été pendant trois ans professeur associé dans le cadre d'une nomination conjointe avec l'Université de Guelph.

Nous sommes également ravis d'accueillir Kevin Costello, qui se joindra à nous l'an prochain comme premier titulaire de la chaire Fondation-Krembil-William-Rowan-Hamilton de physique théorique de l'Institut Périmètre. M. Costello est un spécialiste de premier plan de l'élaboration d'approches mathématiques puissantes des champs quantiques. Il est le premier authentique mathématicien à joindre les rangs du corps professoral de l'Institut. Tout comme Kevin Costello, Davide Gaiotto, premier titulaire de la chaire Fondation-Krembil-Galilée de physique théorique de l'Institut Périmètre, bénéficie de l'appui et de la commandite de la Fondation Krembil. C'est du fond du cœur que nous remercions la famille Krembil et sa fondation, dont le soutien visionnaire des chaires Galilée et Hamilton de l'Institut Périmètre contribuera à la recherche de pointe en mathématiques et en physique mathématique.

Tous ces scientifiques sont venus à l'Institut Périmètre pour la même raison que moi : nous avons la conviction que, si nous nous concentrons sur ce qui est fondamental avec des objectifs ambitieux, des percées scientifiques sont non seulement possibles mais inévitables.



CARTOGRAPHIE DE L'EXCELLENCE SCIENTIFIQUE

Une étude internationale indépendante, intitulée *Mapping Research Excellence*, a classé l'Institut Périmètre au cinquième rang mondial en physique, et au deuxième rang en physique théorique, devancé seulement par le vénérable Institut d'études avancées de Princeton. Menée sous la direction d'un chercheur principal de la Société Max-Planck en Allemagne, l'étude est fondée uniquement sur des données objectives : les publications et citations répertoriées dans Scopus, la plus grande base de données de publications au monde.

Voir le site www.excellencemapping.net.

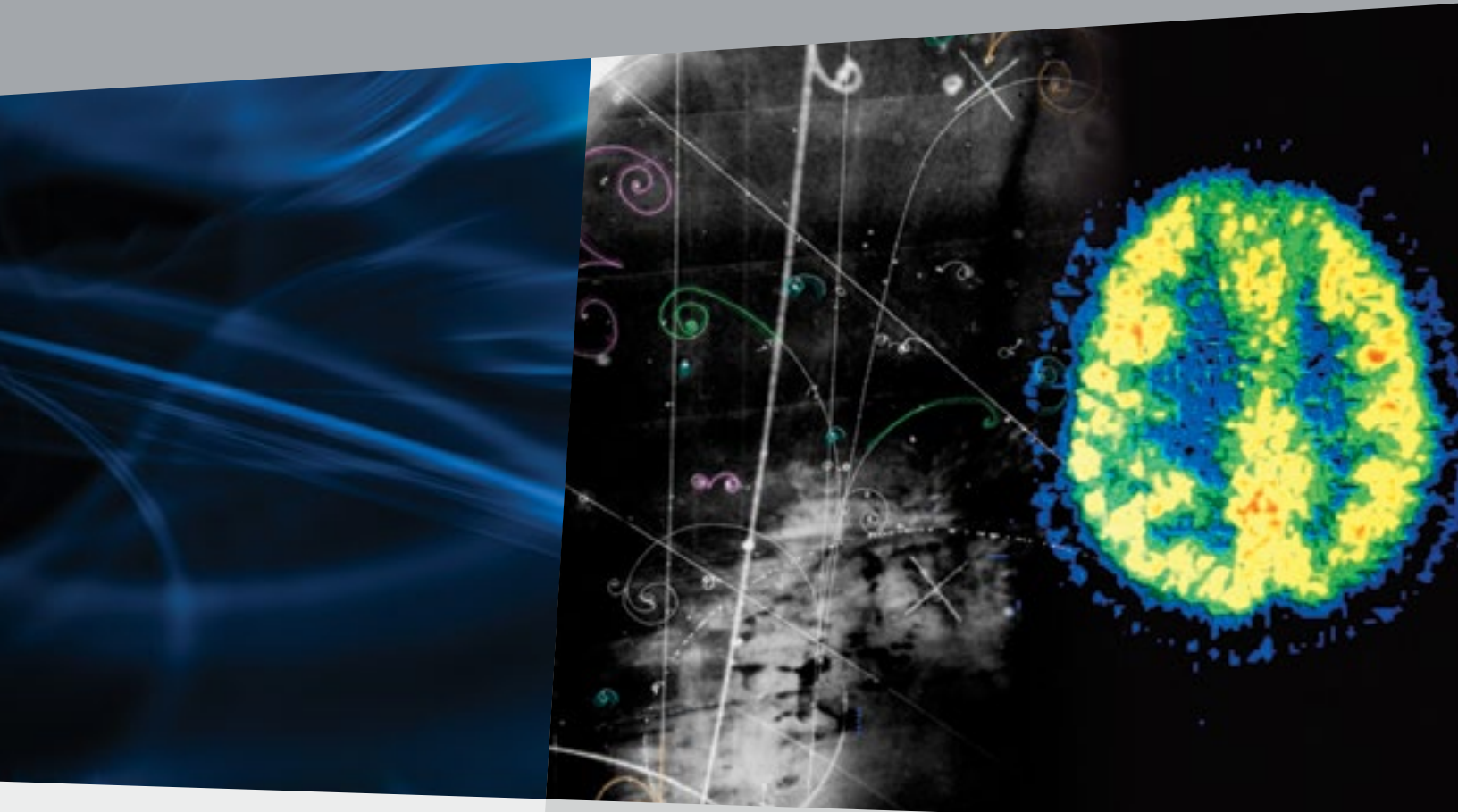
Carl Sagan a écrit : « Quelque part, quelque chose d'incroyable attend d'être découvert. » [traduction]

L'Institut Périmètre a été créé pour chercher à découvrir l'incroyable.

Notre univers – depuis les limites du cosmos jusqu'au monde de l'infiniment petit décrit par la physique des particules et la théorie des cordes – se dévoile à une vitesse sans précédent, grâce aux explorateurs qui travaillent à la pointe de la physique théorique.

L'Institut Périmètre rassemble ces brillants esprits sous un même toit et les encourage à s'attaquer aux questions les plus difficiles à propos de la nature. Ses chercheurs jouissent de la liberté et des ressources dont ils ont besoin pour faire des recherches avancées. Ils ont aussi les possibilités de collaboration nécessaires pour faire des percées décisives.

Les recherches effectuées à l'Institut Périmètre couvrent neuf domaines choisis de manière stratégique, et les chercheurs de l'Institut sont des chefs de file dans leurs domaines respectifs. Mais la véritable force de l'Institut se situe à la rencontre de ces domaines – les découvertes inattendues qui surviennent lorsqu'un cosmologiste et un physicien mathématicien discutent près de la machine à café, ou lorsqu'un théoricien des cordes croise un expert de la gravitation quantique devant l'un des tableaux omniprésents à l'Institut.



Dans la plupart des milieux traditionnels, structurés en facultés et départements, de telles rencontres sont peu probables. À l'Institut Périmètre – dont les locaux sont conçus pour susciter les échanges et la collaboration entre disciplines –, le tout est plus grand que la somme des parties.

À la rencontre de l'intelligence et de l'imagination, où s'évanouissent les frontières entre disciplines scientifiques, où des esprits brillants sont invités à explorer de nouvelles idées audacieuses – c'est là que quelque chose d'incroyable attend d'être découvert.

DE LA SCIENCE À LA SCIENCE-FICTION

En 1928, Paul Dirac a élaboré une équation (appelée *équation de Dirac*) qui prédisait le comportement des électrons à des vitesses voisines de celle de la lumière. Mais l'équation de Dirac avait aussi un côté obscur : elle fonctionnait pour quelque chose que personne n'avait jamais vu, un électron ayant une charge positive. Autrement dit, l'équation impliquait l'existence de l'antimatière. En 1932, les premiers positons – antiélectrons chargés positivement – ont été découverts dans des chambres à brouillard.

Aujourd'hui, l'antimatière fait partie intégrante de la physique. Elle est essentielle en physique des particules, que l'on étudie dans des collisionneurs comme ceux du CERN. Une question importante en cosmologie moderne est celle de savoir ce qui est arrivé à l'antimatière qui, selon la théorie, aurait dû être produite au moment du Big Bang.

Et même si elle ressemble à de la science-fiction – après tout, c'est le carburant de l'*USS Enterprise de Star Trek* –, l'antimatière a des applications pratiques étonnantes. Les positons sont à la base de la tomographie par émission de positons (TEP), puissant outil d'imagerie utilisé en médecine. On peut se servir de positons pour déceler des défauts dans des matériaux – comme des semiconducteurs étagés – que rien d'autre n'est assez sensible pour détecter. On peut en ajouter pour marquer de petites particules qui se déplacent rapidement – qu'il s'agisse de médicaments circulant dans le sang ou de lubrifiants dans des moteurs d'avion à réaction.

Aujourd'hui, l'antimatière est surtout une technologie d'avenir – il en coûte des milliers de milliards de dollars pour en produire un gramme. Mais peut-être qu'un jour le côté secret de l'équation de Dirac propulsera des vaisseaux vers d'autres étoiles.

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 dans les deux instituts. Ensemble, l'Institut Périmètre et l'IQC sont en train de transformer la région en une « Quantum Valley ».

QUBITS, DU SANG-FROID!

L'erreur est quantique.

Lorsque l'on bouscule les composantes quantiques de la nature pour traiter de l'information, il est inévitable que des erreurs se produisent.

L'information quantique est très puissante, mais également très fragile.

Les processeurs qui fonctionnent selon les lois quantiques ont le potentiel d'être immensément plus puissants que même les superordinateurs actuels les plus complexes. Mais ce potentiel ne sera réalisé que si les chercheurs arrivent à comprendre et à traiter les erreurs qui surviennent inévitablement au cours d'un calcul quantique.

Daniel Gottesman, professeur à l'Institut Périmètre, est un pionnier du calcul quantique insensible aux défaillances, qui permet de faire des calculs fiables à condition que le taux d'erreur demeure sous un certain seuil.

Pour maintenir un taux d'erreur faible, M. Gottesman et ses collaborateurs Michael Ben-Or (de l'Université hébraïque de Jérusalem) et Avanit Hassidim (de l'Université Bar-Ilan) ont proposé un système appelé *réfrigérateur quantique*.

Le nom est bien choisi pour un système qui procure à des bits quantiques (qubits) surchauffés un endroit pour se refroidir avant d'être réutilisés pour la correction d'erreurs.

La correction d'erreurs quantiques requiert souvent l'utilisation de qubits secondaires – appelés *qubits auxiliaires* – pour mesurer de l'information sur les erreurs qui surviennent dans un calcul quantique. Cette mesure a généralement pour effet de brouiller les qubits auxiliaires, de sorte qu'ils ne sont utiles que pour une seule mesure.

Daniel Gottesman et ses collaborateurs proposent toutefois un modèle selon lequel les qubits auxiliaires sont dérivés dans un « réfrigérateur » où ils peuvent se refroidir, se débrouiller et potentiellement redevenir utilisables. C'est une boucle continue de chauffe et de refroidissement qui permet de corriger les erreurs quantiques pendant plus longtemps et de manière plus sûre.

C'est donc une étape cruciale vers un calcul quantique stable et fiable – principal objectif de la recherche sur l'information quantique.

UNE BOÎTE À OUTILS UNIVERSELLE

Bien entendu, la correction d'erreurs quantiques ne constitue qu'une partie du problème. Un ordinateur quantique doit avoir des choses à calculer – et du matériel pour effectuer les calculs.

Les portes quantiques sont les équivalents quantiques des portes logiques d'un ordinateur classique. Elles sont les composants fondamentaux des circuits quantiques – d'une certaine manière les « atomes » du calcul quantique.

En théorie, un algorithme quantique (les instructions données à l'ordinateur) pourrait utiliser une énorme variété de portes quantiques différentes. L'ensemble des portes quantiques possibles doit être « universel » – c'est-à-dire que les différentes portes permises dans le système doivent constituer une bonne approximation de n'importe quelle porte dont on pourrait avoir besoin.

D'autre part, ces portes doivent être insensibles aux défaillances, pour faire face aux erreurs et imprécisions du monde réel. Par conséquent, dans la réalité, le matériel comportera un plus petit ensemble de portes intégrées permettant un calcul quantique insensible aux défaillances.

Pour mettre en œuvre un algorithme quantique dans un véritable ordinateur quantique, il faut décomposer les portes de l'algorithme idéal en portes qui peuvent être réalisées d'une manière insensible aux défaillances dans le matériel réel.

La porte universelle insensible aux défaillances la plus souvent étudiée se compose de portes de Clifford et d'une porte T, cette dernière étant de loin la plus coûteuse.

Jusqu'à récemment, la méthode de pointe utilisée pour synthétiser une porte donnée d'un qubit afin d'en faire une porte insensible aux défaillances était le célèbre algorithme de Solovay-Kitaev.

Pour obtenir une approximation d'une porte donnée avec une précision de n chiffres, l'algorithme de Solovay-Kitaev produisait un circuit comportant plus de n^3 portes insensibles aux défaillances.

Michele Mosca, professeur associé à l'Institut Périmètre, et ses collaborateurs Vadym Kliuchnikov et Dmitri Maslov, ont découvert une méthode bien meilleure pour construire une porte quelconque à partir d'un ensemble de portes insensibles aux défaillances communément utilisées, obtenant une précision de n chiffres avec un circuit comportant de l'ordre de n portes et en utilisant le nombre minimal de portes T. Fait intéressant, cette méthode a nécessité l'utilisation d'un algorithme efficace permettant de trouver les solutions du théorème des quatre carrés de Lagrange, selon lequel tout entier positif peut s'exprimer comme la somme de au plus quatre carrés parfaits. À titre d'exemple, $39 = 1^2 + 2^2 + 3^2 + 5^2$.

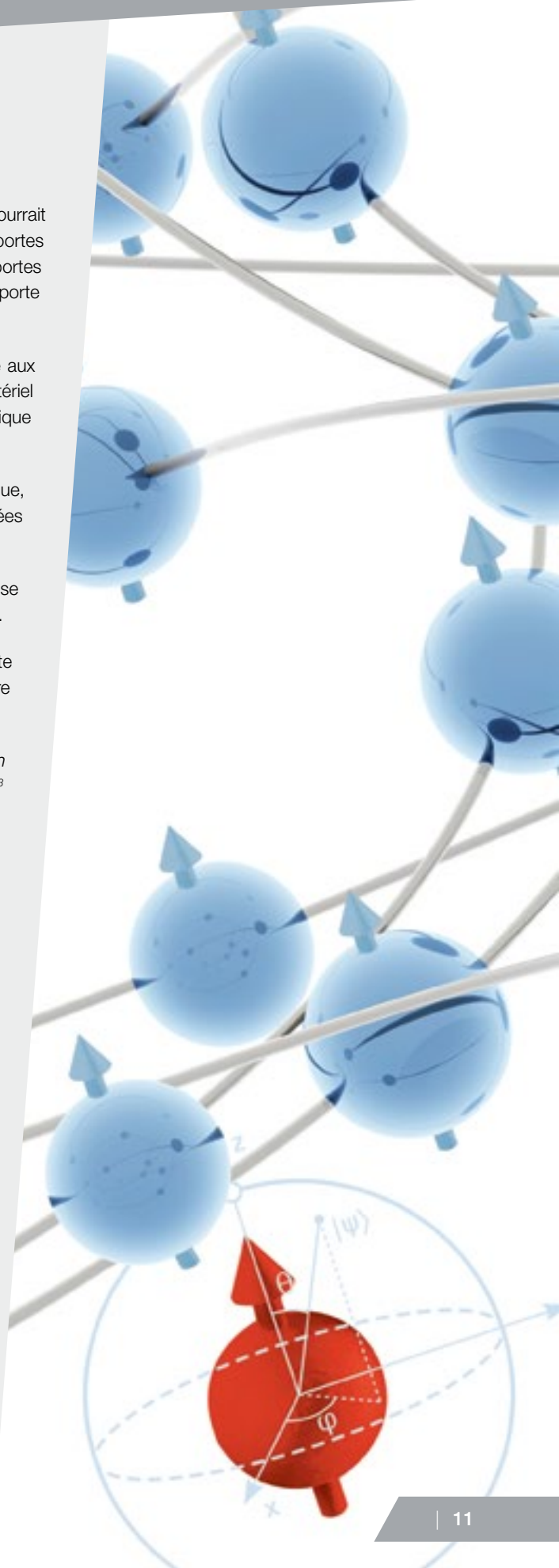
En exigeant bien moins de portes que la méthode précédente, cette nouvelle méthode permet de beaucoup accélérer l'exécution d'un algorithme quantique – innovation importante sur la voie de calculs quantiques concrets.

La révolution de l'information quantique promet de transformer la technologie, et la recherche fondamentale effectuée à l'Institut Périmètre contribue à ouvrir la voie à cet avenir quantique.

Références :

M. BEN-OR (Université hébraïque), D. GOTTESMAN (Institut Périmètre) et A. HASSIDIM (Université Bar-Ilan). *Quantum Refrigerator*, arXiv:1301.1995.

V. KLIUCHNIKOV (Institut d'informatique quantique de l'Université de Waterloo), D. MASLOV (Fondation nationale des sciences des États-Unis) et M. MOSCA (Institut Périmètre et Institut d'informatique quantique de l'Université de Waterloo). *Practical approximation of single-qubit unitaries by single-qubit quantum Clifford and T circuits*, arXiv:1212.6964.



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.

LE NOUVEAU VISAGE DES DIAGRAMMES DE FEYNMAN

Les amplitudes de diffusion, qui prédisent ce qui se passe lorsque deux ou plusieurs particules entrent en interaction, représentent les calculs les plus fondamentaux en physique des particules. Depuis des décennies, ces calculs sont effectués à l'aide de diagrammes de Feynman. Malheureusement, même dans le cas de collisions simples de quelques particules, des milliers de diagrammes peuvent être nécessaires, chacun introduisant de nombreux termes dans les calculs. Lorsque les collisions deviennent plus complexes, la méthode des diagrammes de Feynman devient trop lourde pour être utilisable.

Une équipe internationale de chercheurs, dont **Freddy Cachazo, professeur à l'Institut Périclète**, vient de concevoir une approche différente et beaucoup plus conviviale du calcul des amplitudes de diffusion. Un article majeur sur le sujet, point culminant d'une décennie d'efforts, a déjà suscité beaucoup d'intérêt dans la communauté de la physique des particules et sera probablement un point de référence au cours des années à venir.

Ce nouveau système est plus simple parce qu'il élimine la grande source de redondance dans les diagrammes de Feynman, à savoir l'introduction de particules virtuelles. Il remplace les diagrammes de Feynman par des diagrammes qui font appel exclusivement à des particules réelles.

À la base de ce nouveau système, il y a la découverte par l'équipe de structures mathématiques élégantes et surprenantes qui régissent les amplitudes de diffusion. Ces travaux pourraient donner des indices menant à une compréhension beaucoup plus profonde de

l'origine des particules élémentaires, et peut-être de la structure de l'espace-temps lui-même.

C'est là un excellent exemple du genre de recherches, extrêmement ambitieuses et fondamentales, que favorise l'Institut Périclète. Depuis plusieurs années, des professeurs, des postdoctorants et un titulaire de chaire de chercheur invité distingué de l'Institut Périclète ont contribué à ces travaux, et l'Institut est devenu un centre important en matière de nouvelles approches des amplitudes de diffusion.

Pour ses travaux innovateurs, et plus particulièrement « pour avoir révélé de nombreuses structures qui sous-tendent les amplitudes de diffusion dans les théories de jauge et de la gravité » [traduction], Freddy Cachazo a remporté l'un des fameux prix *Nouveaux horizons en physique* 2013 remis par la Fondation des Prix de physique fondamentale.

L'ORIGAMI DE LA THÉORIE QUANTIQUE DES CHAMPS

Davide Gaiotto, titulaire de la chaire Fondation-Krembil-Galilée de physique théorique de l'Institut Périclète, joue avec les théories quantiques des champs comme on manipule du papier pour faire des origamis – en pliant des feuilles plates pour en faire des objets ronds, en aplatissant des objets ronds, en passant d'un nombre de dimensions à un autre, ainsi qu'en découvrant des classes d'objets que l'on n'a jamais vus auparavant.

Les théories quantiques des champs, en abrégé TQC, constituent le langage dans lequel la physique moderne décrit presque tous les systèmes physiques. Elles sont essentielles dans des domaines allant



de la physique des particules à l'électronique avancée, en passant par la théorie de la matière condensée. Malgré tout ce que nous savons sur les TQC, nous avons encore beaucoup à apprendre. Au cours des cinq dernières années, grâce à M. Gaiotto et à d'autres, les physiciens ont appris que les TQC qu'ils peuvent définir et étudier ne constituent qu'une parcelle de l'espace beaucoup plus vaste de l'ensemble des TQC possibles.

Davide Gaiotto a entrepris de cartographier cet espace.

Ses « origamis » de départ sont un petit ensemble de théories à six dimensions (6D), élaborées dans les années 1990 mais encore très mystérieuses. Partant d'une telle théorie 6D, M. Gaiotto a trouvé des moyens de les plier en des formes plus simples comportant moins de dimensions. Cela est important parce que la découverte de nouvelles théories contribue à cartographier l'espace plus vaste des théories, et aussi parce que l'on croit que des théories comportant moins de dimensions constituent une meilleure approximation de notre monde.

Pour faire une analogie, on considère une théorie 2D représentée par une feuille de papier, puis on roule la feuille pour former un tube; si l'on observe le tube de loin, il a l'aspect d'une ligne : il y a une dimension de moins.

De la même manière – bien que ce ne soit pas facile de se le représenter –, on peut considérer une théorie 3D « enroulée » dans une forme 2D. Il y a plusieurs manières de l'enrouler, par exemple en une sphère creuse ou en un beigne ayant un trou au milieu (un tore). Ces formes – la sphère et le tore – sont appelées des variétés. Si vous étirez l'une ou l'autre variété et que vous la regardez d'une certaine distance, vous obtenez à nouveau une ligne. Mais la théorie de la ligne que vous obtenez à partir d'une sphère est différente de la théorie que vous obtenez à partir d'un tore.

Autrement dit, la connaissance du chemin nous enseigne des choses importantes à propos de la destination. Et la découverte de nouveaux chemins permet de trouver de nouvelles destinations.

Connaissant l'existence de théories 6D et ayant une méthode pour diminuer le nombre de dimensions, Davide Gaiotto a pu produire des classes très nombreuses de théories 3D et 4D, chacune identifiée par la variété utilisée pour le pliage. Certaines de ces théories sont connues depuis longtemps. Mais d'autres sont nouvelles et n'auraient pas pu être découvertes autrement.

Références :

N. ARKANI-HAMED (Institut d'études avancées de Princeton), J.L. BOURJAILY (Université Harvard), F. CACHAZO (Institut Périclète), A.B. GONCHAROV (Université Yale), A. POSTNIKOV (Institut de technologie du Massachusetts) et J. TRNKA (Université de Princeton). *Scattering Amplitudes and the Positive Grassmannian*, arXiv:1212.5605.

T. DIMOFTE (Institut d'études avancées de Princeton), D. GAIOTTO (Institut Périclète) et R. VAN DER VEEN (Institut de mathématiques Korteweg-de Vries). *RG Domain Walls and Hybrid Triangulations*, arXiv:1304.6721.

LA JOIE DE LA DÉCOUVERTE

Je n'oublierai jamais le regard de l'enfant lorsqu'il découvrit la beauté des mathématiques.

C'était comme si un nouveau paysage magnifique venait de s'ouvrir devant lui, l'invitant à l'exploration. D'une certaine manière, c'est exactement ce qui est arrivé.

Ce garçon avait neuf ans à l'époque et je le faisais travailler en mathématiques, à titre d'emploi complémentaire, alors que j'étais postdoctorant à l'Université d'État de la Pennsylvanie il y a une quinzaine d'années.

Il était intelligent et aimait les mathématiques, mais il avait du mal à discerner le sens de toutes ces équations et formules. Le nombre π était pour lui une suite arbitraire de chiffres – 3,14 et des décimales à n'en plus finir – sans lien avec le monde réel.

Je lui demandai de trouver des objets circulaires, comme des pièces de monnaie et des assiettes, et d'en tracer le contour sur du papier. Ensemble nous découpâmes les cercles de papier et commençâmes à faire des mesures.

Je lui demandai de calculer le rapport de la circonférence de chaque cercle sur son diamètre. Chaque fois, qu'il s'agit d'une pièce de monnaie ou d'une assiette, il arrivait à la même réponse : 3,14.

Vous pourriez appeler cela une révélation ou une étincelle. J'appelle cela la naissance d'un mathématicien. Pour la première fois, il vit le lien magnifique entre des équations sur une page et le monde qui l'entourait.

Je savais que je n'aurais plus besoin de lui donner de cours. Je savais qu'après avoir ressenti la joie de la découverte que les mathématiques pouvaient lui apporter, il la rechercherait par lui-même.

Cette même allégresse – la joie d'entrevoir l'ordre qui sous-tend la nature – m'a mené à une carrière en physique théorique.

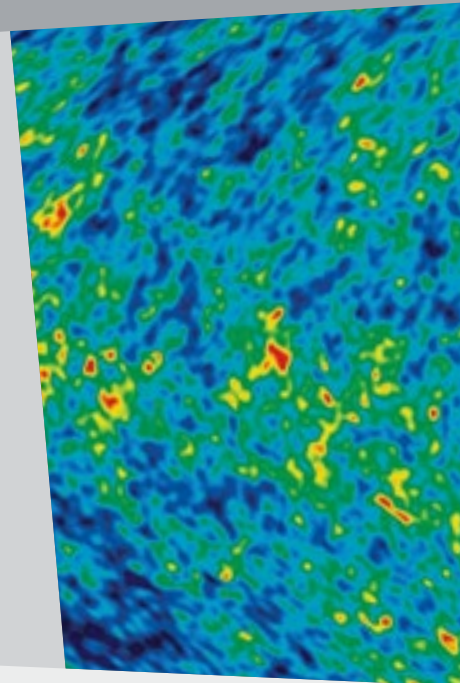
J'avais raison à propos du garçon. Il a été admis en mathématiques à l'Université Harvard. J'imagine qu'il cherche toujours cette joie indéfinissable mais merveilleuse de la découverte. C'est certainement mon cas.

– Laurent Freidel

Laurent Freidel s'est joint à l'Institut Périclète en 2006. Il est professeur titulaire à l'Institut.

COSMOLOGIE

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



LE PREMIER ÉGOPORTRAIT

On pourrait dire que l'univers s'est fait un « égoportrait ».

Comme quelqu'un qui tient un appareil à bout de bras pour se photographier, l'univers a pris une photo de lui-même alors qu'il venait de naître.

Pour être plus précis, cette image est constituée du rayonnement fossile (ou fonds diffus cosmologique), la lumière la plus ancienne de l'univers, imprimée dans le ciel comme un négatif photographique alors que l'univers n'avait que 380 000 ans (pratiquement à la naissance, quand on sait qu'il a près de 14 milliards d'années).

Grâce à des télescopes perfectionnés, nous pouvons maintenant observer cette image de l'univers naissant et en déduire – en interprétant les minuscules fluctuations du rayonnement fossile qui représentent des régions de densités différentes – les germes qui ont donné naissance à toutes les étoiles et galaxies.

Des chercheurs de l'Institut Périmètre, dont **professeur Kendrick Smith**, tentent d'expliquer le passé lointain de l'univers en sondant les indices laissés par le rayonnement fossile.

En fouillant dans les nouvelles données fournies par le satellite Planck, M. Smith et ses collaborateurs ont examiné si les très faibles ondulations présentes dans l'univers naissant sont le mieux décrites

par une courbe dite de Gauss (en forme de cloche) ou par des statistiques non gaussiennes – question que l'on se pose dans de nombreuses théories en concurrence les unes avec les autres.

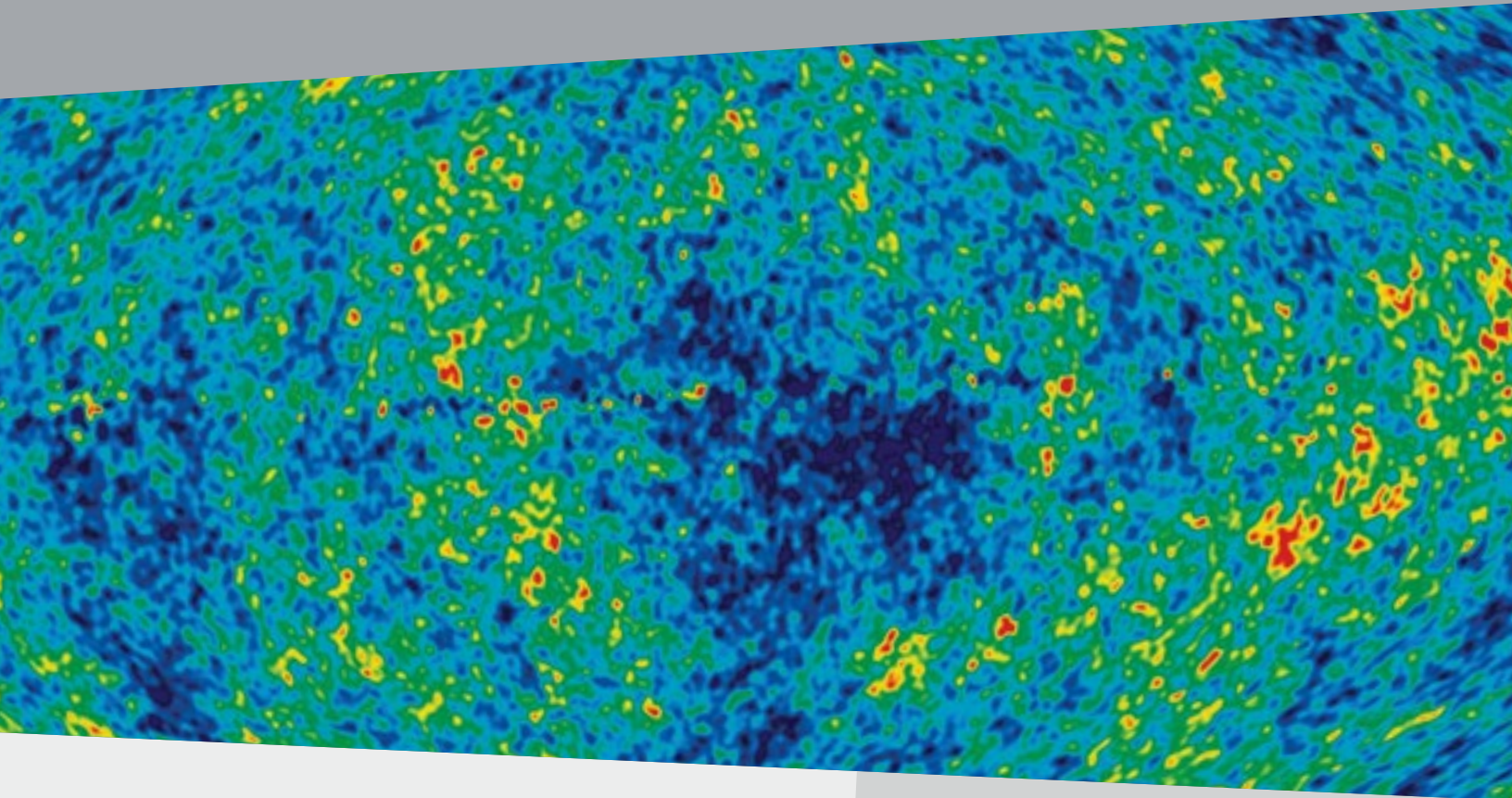
Dans un article majeur souvent cité, Kendrick Smith et les autres coauteurs ont déterminé que les données sont effectivement gaussiennes, jetant un éclairage nouveau et net grâce auquel les scientifiques peuvent examiner notre image la plus ancienne de l'univers.

METTRE LE DOIGT SUR LA GRAVITÉ

Alors que notre connaissance de l'univers naissant devient plus précise, de nombreux mystères subsistent à propos de l'univers actuel.

L'Institut Périmètre est depuis longtemps au centre de la recherche de modifications plausibles à la théorie de la relativité générale d'Einstein, afin de la concilier avec ce que l'on connaît de l'énergie sombre et de la matière sombre, dont on croit généralement qu'ils constituent 95 % de l'univers.

Cette recherche s'est avérée difficile, mais une étape importante a été franchie en 2011, alors que les anciens **postdoctorants Claudia de Rham** et **Andrew Tolley** faisaient partie d'une équipe qui a élaboré la première théorie non linéaire complète de la gravitation massive.



Cette percée a déclenché la recherche d'une théorie « partiellement sans masse » de la gravitation. Claudia de Rham, Andrew Tolley et **Kurt Hinterbichler**, actuellement boursier postdoctoral dans le cadre du programme *Frontières Templeton* de l'Institut Péricimètre, ont obtenu un résultat tout à fait intéressant : ils ont démontré que la possibilité la plus simple – une théorie partiellement sans masse d'un graviton seul – n'existe pas.

Ce résultat a stimulé des travaux sur plusieurs fronts pour trouver ou éliminer la possibilité d'une théorie partiellement sans masse de la gravitation. Une telle théorie, si elle existe, fournirait un nouveau type de solution au problème de l'énergie sombre.

Les réponses à de telles grandes questions jetteront un éclairage nouveau sur la nature de notre univers, tout comme l'univers lui-même nous a éclairés de sa propre lumière du passé, le rayonnement fossile.

Références :

K. SMITH (Institut Péricimètre) et al. Planck 2013 Results. XXIV. *Constraints on primordial non-Gaussianity*, arXiv:1303.5084.

C. DE RHAM (Université Case Western Reserve), K. HINTERBICHLER (Institut Péricimètre), R. ROSEN (Université Columbia) et A. TOLLEY (Université Case Western Reserve). « Evidence for and Obstructions to Non-Linear Partially Massless Gravity », *Physical Review D*, vol. 88, 2013, article 024003, arXiv:1302.0025.

LE CORPS PROFESSORAL DE L'INSTITUT PÉRICIMÈTRE

Dmitry Abanin

Latham Boyle

Freddy Cachazo

Bianca Dittrich

Laurent Freidel

Davide Gaiotto, titulaire de la chaire Fondation-Krembil-Galilée de physique théorique de l'Institut Péricimètre

Jaume Gomis

Daniel Gottesman

Lucien Hardy

Luis Lehner

Robert Myers

Philip Schuster

Kendrick Smith

Lee Smolin

Robert Spekkens

Natalia Toro

Neil Turok, titulaire de la chaire Mike-et-Ophelia-Lazaridis-Niels-Bohr de physique théorique de l'Institut Péricimètre

Guifre Vidal

Pedro Vieira

Xiao-Gang Wen, titulaire de la chaire Groupe-financier-BMO-Isaac-Newton de physique théorique de l'Institut Péricimètre

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 notre 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 une variété d'autres problèmes de physique fondamentale.

Credit: ESO/L. Calçada

S'ÉCHAPPER D'UN TROU NOIR

C'est un monstre cosmique à la puissance pratiquement insondable.

Avalant tout ce qui ose s'approcher de lui – même la lumière –, le trou noir situé au centre d'une galaxie elliptique appelée Messier 87 (M87) ne relâche jamais une proie.

Situé à 50 millions d'années-lumière de la Terre, il est plus de 6 milliards de fois plus massif que notre soleil. Rien de ce qui franchit son « point de non-retour », son horizon des événements, ne peut lui échapper.

Observant ce précipice avec un énorme réseau de télescopes reliés entre eux, une équipe internationale de scientifiques, dont **Avery Broderick, professeur associé à l'Institut Périmètre** a pour la première fois mesuré l'horizon d'un trou noir à l'extérieur de notre galaxie.

L'équipe a observé que le trou noir de M87 expulse des jets collimatés (c'est-à-dire étroits et extrêmement rapides) de matière à des vitesses voisines de celle de la lumière, modifiant son voisinage de manière spectaculaire.

Ces observations – réalisées en reliant des radiotélescopes situés à Hawaï, en Arizona et en Californie pour créer le télescope *Event Horizon*, lentille hautement précise braquée sur le cosmos – sont les premières à capter la région d'un trou noir qui émet ces jets.

De telles mesures, ainsi que les travaux subséquents qui relieront encore davantage de radiotélescopes partout dans le monde,

donneront des renseignements importants sur l'origine, l'évolution et la destinée de ces voraces géants cosmiques.

SUR LA VOIE D'UNE COLLISION

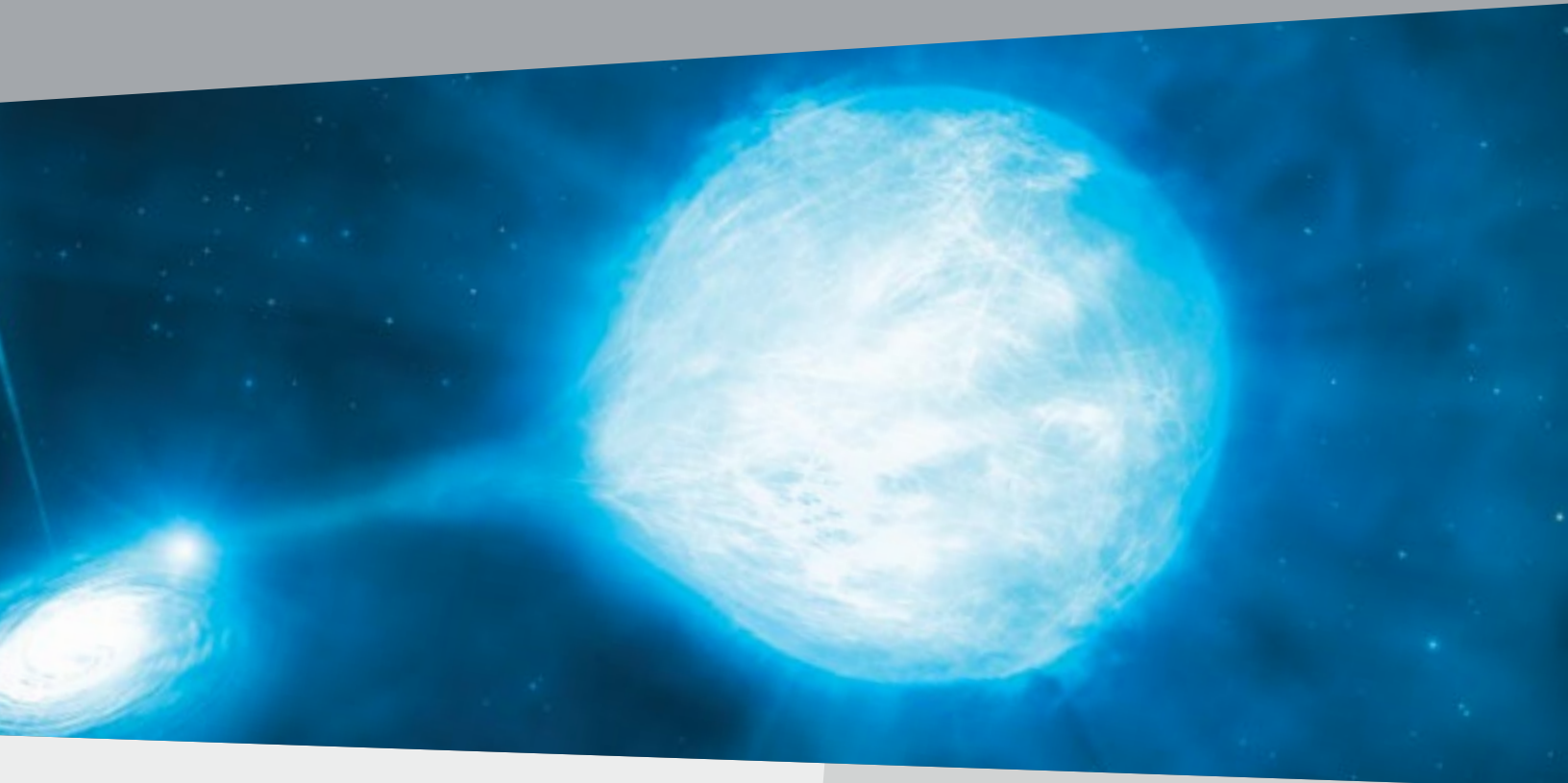
Alors qu'Avery Broderick et ses collaborateurs internationaux ont suivi la force cataclysmique d'un trou noir massif, **Luis Lehner, professeur à l'Institut Périmètre**, a en quelque sorte écouté les cris de trous noirs nouveau-nés.

M. Lehner et ses collaborateurs ont étudié comment deux objets compacts d'un système binaire, par exemple des trous noirs ou des étoiles à neutrons, fusionnent pour créer une seule nouvelle entité.

Dans certains cas, une étoile à neutrons en orbite autour d'un trou noir est avalée sous la force gravitationnelle de ce dernier; parfois, deux étoiles à neutrons tournent en spirale l'une autour de l'autre avant d'entrer en collision pour créer un nouveau trou noir.

La force gravitationnelle qui provoque les deux types d'événements est extrêmement grande, comprimant des masses équivalentes à celle du Soleil dans des sphères plus petites que la plupart des villes; et les forces électromagnétiques en jeu engendrent de puissants signaux électromagnétiques.

De telles forces produisent dans l'espace-temps des distorsions ou des vagues sous forme d'ondes gravitationnelles, et les violentes collisions entraînent l'émission de rayonnements électromagnétiques,



car la matière est chauffée à des températures extrêmes et le plasma environnant est accéléré.

Ces vagues n'ont jamais été directement observées, mais cela pourrait bientôt changer grâce à de nouveaux détecteurs. De plus, les recherches de Luis Lehner sur les fusions d'objets compacts indiquent qu'il y a d'excellentes chances de recevoir plus d'un type de signaux de ces événements.

En particulier, M. Lehner et ses collègues ont montré comment deux types de signaux – les ondes gravitationnelles et le rayonnement électromagnétique émis par le système – pourraient être reliés.

L'analyse de ces deux types de signaux permettrait alors aux astronomes et aux physiciens de comparer les données et les prédictions.

Avec de tels renseignements cruciaux à leur disposition, les chercheurs pourraient prédire le prochain cataclysme cosmique et pointer leurs télescopes de manière à capter en pleine action une bouffée de rayons gamma – les débuts d'un trou noir.

Références :

A.E. BRODERICK (Institut Périamètre et Université de Waterloo) et al. « Jet Launching Structure Resolved Near the Supermassive Black Hole in M87 », *Science*, vol. 338, no 6105, 2012, arXiv:1210.6132.

C. PALENZUELA (Institut canadien d'astrophysique théorique), L. LEHNER (Institut Périamètre), M. PONCE (Université de Guelph), S.L. LIEBLING (Université de Long Island), M. ANDERSON (Université de l'Indiana), D. NEILSEN (Université Brigham-Young) et P. MOTL (Université de l'Indiana). *Gravitational and electromagnetic outputs from binary neutron star mergers*, arXiv:1301.7074.

PROFESSEURS ASSOCIÉS À L'INSTITUT PÉRIAMÈTRE

(Nomination conjointe avec une autre institution)

Niayesh Afshordi

(Université de Waterloo)

Avery Broderick

(Université de Waterloo)

Alex Buchel

(Université Western)

Cliff Burgess

(Université McMaster)

David Cory

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

Matthew Johnson

(Université York)

Raymond Laflamme

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

Sung-Sik Lee

(Université McMaster)

Roger Melko

(Université de Waterloo)

Michele Mosca

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

Maxim Pospelov

(Université de Victoria)

Itay Yavin

(Université McMaster)

MATIÈRE CONDENSÉE

Le défi de la matière condensée peut se résumer en une seule observation : le comportement d'un système de 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 Péricimètre, 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 comme de savoir si l'on peut assimiler la gravité à une propriété de la matière, ou encore confectionner une forme exotique de matière qui pourrait servir dans des ordinateurs quantiques.

UN NOUVEAU TABLEAU PÉRIODIQUE POUR LES ÉTATS DE LA MATIÈRE

Aurions-nous besoin d'un nouveau tableau périodique?

Le tableau périodique des éléments – un classique des salles de cours et des manuels d'introduction à la chimie – montre la classification des éléments et en prédit le comportement. Au début de son existence, même en étant très incomplet, il était assez puissant pour prédire ce qu'il devrait y avoir dans les cases vides et suffisamment souple pour inclure chaque nouvel élément découvert. Il façonne et définit la chimie depuis près de 150 ans.

En physique de la matière condensée, l'équivalent du tableau périodique est la théorie de Landau, qui classe les états de la matière selon la disposition et les interactions de ses constituants – en langage technique, selon leur symétrie. Comme le tableau périodique l'a fait pour les éléments, la théorie de Landau guide les chercheurs vers la découverte de nouveaux états de la matière et les aide à comprendre les comportements des états connus.

Mais dans les années 1980, on a découvert quelque chose qui sortait complètement de la théorie de Landau : des états de la matière différents les uns des autres, mais ayant la même symétrie. En 1989 (alors qu'il était à l'Institut de technologie du Massachusetts), **Xiao-Gang Wen, maintenant titulaire de la chaire Groupe-financier-BMO-Isaac-Newton de physique théorique de l'Institut Péricimètre**, réalisa une percée historique lorsqu'il se rendit compte que ces nouveaux

états possèdent un nouvel ordre, appelé ordre topologique. Dans un ordre topologique, les états de la matière ne sont pas décrits par des éléments de symétrie, mais par les états d'une propriété quantique appelée intrication.

Après avoir découvert et défini l'ordre topologique, M. Wen a travaillé à l'élaboration de nouvelles théories mathématiques. Il cherchait à mettre au point un nouveau système, un nouveau tableau, qui permettrait aux chercheurs dans le domaine de la matière condensée de saisir tous les ordres topologiques possibles et de mieux comprendre les mystères de l'intrication quantique. En 2012, il y est finalement parvenu.

Son astuce a consisté à utiliser une théorie mathématique très abstraite appelée *théorie cohomologique* des groupes.

« C'est comme si l'histoire se répétait, dit-il. Il y a plus de 70 ans, la théorie des groupes abstraits a été introduite en physique pour décrire les états de la matière par leurs propriétés de symétrie. Maintenant, on introduit en physique la théorie cohomologique des groupes pour décrire les états de la matière par leurs propriétés d'intrication. » [traduction]

Il en est résulté un nouveau système de classification, capable de rendre compte de la plupart des états connus de la matière. Grâce à ce système, on peut avoir une nouvelle compréhension des états quantiques de la matière, ce qui pourrait nous aider à concevoir des états de la matière utilisables dans des supraconducteurs ou des ordinateurs quantiques.

LES NOUVELLES LOIS DE LA DYNAMIQUE QUANTIQUE

Les physiciens ne savent pas grand-chose sur la manière dont les grands systèmes quantiques évoluent dans le temps. Jusqu'à maintenant, ils n'avaient pas besoin de le savoir.

Les systèmes quantiques sont plutôt petits que grands. Lorsqu'il y a beaucoup d'atomes, les effets quantiques ont tendance à rapidement disparaître. Techniquement, ils se dissipent dans l'environnement. Le système a alors une allure classique et peut être décrit par les lois de la mécanique statistique.

Mais cela a récemment changé. Il est maintenant possible de créer et d'étudier des systèmes quantiques artificiels à N corps – c'est-à-dire des systèmes comportant un grand nombre d'atomes, isolés de l'environnement, et au sein desquels les effets quantiques persistent dans le temps.

Les chercheurs ont appris, en observant ces systèmes, que ceux-ci n'obéissent pas aux lois conventionnelles de la mécanique statistique, qui régissent d'habitude les systèmes comportant un grand nombre de variables. Il est devenu évident que, dans de tels cas, la physique avait besoin d'une théorie de la dynamique quantique pour remplacer la mécanique statistique. **Dmitry Abanin, professeur à l'Institut Péricimètre**, a élaboré une telle théorie.

M. Abanin a travaillé avec Maksym Serbyn (étudiant diplômé à l'Institut de technologie du Massachusetts et scientifique invité à l'Institut Péricimètre) et Zlatko Papić (maintenant postdoctorant à l'Institut Péricimètre), afin de non seulement décrire la dynamique d'un système quantique particulier, mais de définir des lois générales de la dynamique quantique, qui puissent s'appliquer à n'importe quel système quantique expérimental à N corps. On s'attend à ce que ces lois soient largement utilisées, alors que des chercheurs créeront et étudieront davantage de systèmes de ce type.

Ces lois sont très différentes de celles de la mécanique statistique, mais elles sont aussi d'une surprenante simplicité. Elles sont intimement liées à des questions concernant l'information quantique, la mécanique statistique et la matière condensée.

Un résultat immédiat est contraire à l'intuition. Nous avons l'habitude de penser que les systèmes quantiques doivent être froids, purs et isolés, mais les nouvelles lois montrent que leur caractère quantique peut bénéficier du désordre. L'introduction de désordre dans un système quantique à N corps peut en réalité en augmenter la durée de cohérence – c'est-à-dire le temps pendant lequel les effets quantiques persistent avant de disparaître. Des résultats comme celui-ci seront probablement cruciaux, alors que les scientifiques travaillent à la conception de la première génération de matériaux quantiques, qui seront utilisés dans des appareils de traitement de l'information quantique.

Références :

X. CHEN (Université de la Californie à Berkeley et Institut de technologie du Massachusetts – MIT), Z. GU (Institut de technologie de la Californie), Z. LIU (Université de Tsinghua et MIT) et X. WEN (Institut Péricimètre, MIT et Université de Tsinghua), « Symmetry protected topological orders in interacting bosonic systems », *Science*, vol. 338, 2012, no 6114, p. 1604.

M. SERBYN (MIT), Z. PAPIĆ (Université de Princeton) et D.A. ABANIN (Institut Péricimètre et Institut d'informatique quantique de l'Université de Waterloo). « Universal Slow Growth of Entanglement in Interacting Strongly Disordered Systems », *Physical Review Letters*, vol. 110, 2013, article 260601.

M. SERBYN (MIT), Z. PAPIĆ (Université de Princeton) et D.A. ABANIN (Institut Péricimètre et Institut d'informatique quantique de l'Université de Waterloo). « Local Conservation Laws and the Structure of the Many-Body Localized States », *Physical Review Letters*, vol. 111, 2013, article 127201.



UN ATERRISSAGE PARFAIT

Je suis venu à la physique un peu sur le tard.

Quand j'étais enfant, je m'intéressais davantage aux échecs et aux mathématiques. Mais j'ai grandi en Russie, où les Olympiades internationales de physique ont beaucoup d'importance, et à la fin de l'école secondaire j'avais trouvé ma voie. Je travaille maintenant en physique de la matière condensée. J'étudie en général des systèmes mésoscopiques – qui se situent entre l'échelle atomique et l'échelle humaine, c'est-à-dire dont la taille va de quelques dizaines de nanomètres à quelques micromètres. Je m'intéresse particulièrement aux systèmes qui comportent un grand nombre de particules tout en étant le siège de phénomènes quantiques que l'on croit réservés à des particules isolées.

Un matériau que j'ai beaucoup étudié s'appelle le graphène. Matériau purement bidimensionnel, le graphène est une pellicule d'atomes de carbone ayant une structure en nid d'abeilles, mais avec une épaisseur d'un seul atome. L'intérêt de ce matériau est qu'il possède de nombreuses propriétés quantiques exotiques. Par exemple, dans le graphène, les électrons se comportent de manière quasi relativiste, davantage comme des neutrinos que comme des électrons. Lorsque j'ai commencé à étudier le graphène, peu après sa découverte en 2004, il n'y avait que quelques articles sur le sujet. Il y en a maintenant environ 20 000, dont certains écrits par deux lauréats de prix Nobel.

Les lois et principes nouveaux que nous pouvons tirer de matériaux comme le graphène seront indispensables pour la mise au point de nouvelles technologies, par exemple celle des ordinateurs quantiques. Les réponses que j'essaie de trouver sur la nature quantique des interactions entre particules – en particulier à haute température et avec beaucoup de désordre – permettront de résoudre des problèmes pratiques.

L'Institut Péricimètre est un lieu vraiment exceptionnel pour faire ces recherches. Ici, les gens font ce qui les intéresse, et non ce qui est à la mode, et ils ont la passion de pousser leurs idées dans des directions nouvelles et audacieuses. Je suis peut-être venu à la physique sur le tard, mais j'ai l'impression d'avoir atterri exactement au bon endroit.

– Dmitry Abanin

Dmitry Abanin est devenu professeur à l'Institut Péricimètre en 2013.

PHYSIQUE DES PARTICULES

La physique des particules est le domaine de la science qui identifie les constituants de la nature et leurs interactions au niveau le plus fondamental. Elle recoupe donc nettement la théorie des cordes, la gravitation quantique et la cosmologie. À l'Institut Péricimètre, les chercheurs en physique des particules comparent souvent des idées théoriques avec des observations astrophysiques et des expériences menées sur terre, par exemple au grand collisionneur de hadrons du CERN. Ils étudient comment de tels résultats peuvent nous aider à concevoir la physique au-delà du modèle standard.



DU NOUVEAU SUR LES FORCES À LONG RAYON D'ACTION

Il y a des lacunes dans notre compréhension des forces à long rayon d'action, mais **Philip Schuster** et **Natalia Toro**, professeurs à l'Institut Péricimètre, ont entrepris de les combler.

Notre univers possède deux forces connues qui peuvent agir au-delà des galaxies : la force électromagnétique et la gravité. Elles sont toutes deux transmises par des particules dépourvues de masse – le photon pour la force électromagnétique, le graviton pour la gravité.

Les photons et les gravitons (ainsi que de nombreuses autres particules) ont une propriété intrinsèque appelée spin. Bien que ce soit une analogie imparfaite, on peut imaginer le spin comme la plus petite barre aimantée possible, qui donne aux particules un pôle nord et un pôle sud et pouvant pointer dans n'importe quelle direction. Lorsque le spin et le moment sont alignés, on parle aussi d'hélicité. Le spin peut avoir différentes valeurs. C'est aussi le cas de l'hélicité : des particules peuvent avoir une hélicité de 1, 2, 3, etc.

D'autre part, il est bien connu que la nature des forces transmises par des particules dépourvues de masse est déterminée par l'hélicité de ces particules. Par exemple, le fait que des charges électriques ressentent également les forces magnétiques découle naturellement d'une modélisation de ces forces avec des particules dont l'hélicité est de 1. Les symétries de la gravité sont une conséquence de sa modélisation avec une hélicité de 2.

Dans les années 1960, Steven Weinberg a démontré que les particules ayant une hélicité élevée (3 ou plus) ne peuvent pas transmettre des forces. Mais il restait la possibilité – à laquelle on faisait rarement attention – que des forces à long rayon d'action puissent être transmises par des particules pouvant avoir une hélicité (quantifiée) quelconque. De telles particules sont appelées *particules à spin continu*, en abrégé PSC. Pour différentes raisons, on a souvent supposé que les PSC ne transmettent pas de forces à long rayon d'action, mais cette hypothèse est demeurée non vérifiée jusqu'à ce que Philip Schuster et Natalia Toro commencent leurs travaux en 2011.

Partant de zéro, et n'utilisant que les hypothèses fondamentales de la relativité et de la mécanique quantique, ils ont commencé à élaborer un modèle de forces à long rayon d'action transmises par des PSC. Ils se sont rendu compte que les PSC sont beaucoup plus cohérentes, sur les plans théorique et phénoménologique, que ce que l'on croyait auparavant.

De fait, leurs résultats révèlent la possibilité passionnante que les forces connues puissent être transmises par des PSC. Comme la nature d'une force est déterminée par l'hélicité des particules qui la transmettent, cela modifierait de manière subtile et intéressante notre compréhension des forces. Ces travaux pourraient constituer une véritable percée dans notre compréhension des forces à long rayon d'action dans la nature.



L'ESPACE EST-IL MOUSSEUX?

Selon une nouvelle idée avancée par **Maxim Pospelov, professeur associé à l'Institut Périmètre**, la Terre pourrait foncer dans plusieurs bulles au sein d'un cosmos mousseux et, ce qui est crucial, nous pourrions détecter les parois de ces bulles lorsque nous les traversons.

L'hypothèse d'un cosmos mousseux n'est pas nouvelle. Tout commence par un champ hypothétique possédant plusieurs états fondamentaux. Dans le chaos à haute température de l'univers primitif, il y aurait eu des perturbations de la valeur de l'état fondamental, chaque point ayant un état fondamental différent. Avec l'expansion et le refroidissement de l'univers, de grandes régions de l'espace se seraient fixées sur une même valeur. Depuis lors, ces régions seraient « figées » dans une sorte de mousse cosmique invisible. L'énergie enfermée dans ces structures pourrait contribuer à ces mystérieuses substances que sont la matière et l'énergie sombres.

Dans ses travaux récents, Maxim Pospelov a fait une estimation de la taille des domaines du champ cosmique – les bulles formant la mousse. Il a calculé que les bulles sont suffisamment petites pour que la vitesse connue de notre système solaire permette à celui-ci de traverser plusieurs parois sur une période de quelques années. Les traversées de parois seraient donc des événements rares, mais non impossibles.

Au moment où la Terre traverserait une paroi, il y aurait un changement léger et soudain de la force de torsion magnétique exercée par le champ hypothétique. Maxim Pospelov et ses collaborateurs ont calculé que

cet effet serait de l'ordre d'un milliardième du champ magnétique de la Terre sur une durée d'une milliseconde. Les magnétomètres actuels sont tout juste suffisamment sensibles pour détecter un tel signal. L'équipe a proposé de déployer un réseau de magnétomètres situés à grande distance les uns des autres mais synchronisés, afin de permettre une confirmation de ces très faibles signaux. Un projet pilote en ce sens vient d'être financé par la Fondation nationale des sciences des États-Unis.

À partir de deux petites choses – de nouveaux calculs sur la taille relativement petite des bulles cosmiques et les faibles signaux qui peuvent maintenant être détectés par les magnétomètres –, l'équipe de chercheurs a mis de l'avant une nouvelle idée importante : pour la première fois, l'hypothèse de la « mousse cosmique » peut être testée directement.

Références :

P. SCHUSTER (Institut Périmètre) et N. TORO (Institut Périmètre). « On the Theory of Continuous-Spin Particles: Wavefunctions and Soft-Factor Scattering Amplitudes », *Journal of High Energy Physics*, no 1309, 2013, article 104, arXiv:1302.1198.

P. SCHUSTER (Institut Périmètre) et N. TORO (Institut Périmètre). « On the Theory of Continuous-Spin Particles: Helicity Correspondence in Radiation and Forces », *Journal of High Energy Physics* no 1309, 2013, article 105, arXiv:1302.1577.

P. SCHUSTER (Institut Périmètre) et N. TORO (Institut Périmètre). « A Gauge Field Theory of Continuous-Spin Particles », *Journal of High Energy Physics*, no 1310, 2013, article 061, arXiv:1302.3225.

M. POSPELOV (Institut Périmètre et Université de Victoria), S. PUSTELNY (Institut de physique de l'Université Jagellonne, Pologne, et Université de la Californie à Berkeley), M.P. LEDBETTER (Université de la Californie à Berkeley), D.F. JACKSON KIMBALL (Université d'État de Californie à East Bay), W. GAWLIK (Institut de physique de l'Université Jagellonne) et D. BUDKER (Université de la Californie à Berkeley et Laboratoire national Lawrence-Berkeley). « Detecting Domain Walls of Axionlike Models Using Terrestrial Experiments », *Physical Review Letters*, vol. 110, 2013, article 021803.

THÉORIE QUANTIQUE DES CHAMPS ET THÉORIE DES CORDES

La théorie quantique des champs est le paradigme 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 étendu et varié, étroitement lié à la gravitation quantique, à la physique des particules, à la cosmologie et aux mathématiques.

LA SOLUTION DES BULLES DE SAVON

Que peuvent nous apprendre des bulles de savon à propos de la théorie quantique des champs? Beaucoup de choses, semble-t-il.

Pedro Vieira, professeur à l'Institut Périmètre, ainsi que **les postdoctorants Benjamin Basso et Amit Sever**, viennent de résoudre un problème qui persistait depuis longtemps en théorie quantique des champs, en découpant mathématiquement des bulles de savon en morceaux.

La théorie quantique des champs est l'un des outils les plus fructueux et les plus souples jamais mis au point par les physiciens, mais elle a ses limites. En particulier, les calculs portant sur des particules à couplage fort – comme les gluons qui « collent » les quarks ensemble à l'intérieur des protons et des neutrons – sont trop difficiles à effectuer. À cause de cela, les physiciens sont incapables de prédire ce qui arrive lorsque deux gluons entrent en collision – en langage technique, ils ne peuvent calculer les amplitudes de diffusion dans un tel cas.

Le problème des gluons est si complexe que les chercheurs l'étudient dans un contexte simplifié appelé théorie de *Yang-Mills supersymétrique N=4* (en abrégé N=4). Dans N=4, les chercheurs peuvent calculer ce qui est susceptible de se produire lorsque des gluons entrent en collision – ils peuvent calculer l'amplitude de diffusion –, mais non de la manière traditionnelle. Ils utilisent plutôt un raccourci géométrique rendu possible par la théorie des cordes. À des régimes de très fort couplage, chaque amplitude de diffusion est associée à un polygone.

La technique des polygones a été inventée en 2007. Les chercheurs comptent le nombre de particules en entrée et en sortie, et ils considèrent un polygone dont le nombre de côtés est égal au nombre total de particules. Ils construisent ensuite mentalement ce polygone en fil de fer et le trempent dans du savon liquide, comme pour faire des bulles. L'aire de la pellicule de savon représente l'amplitude de diffusion.

Malheureusement, jusqu'à maintenant, cela ne fonctionnait que pour des couplages maximalement forts, où la pellicule de savon est étirée le plus possible. Dans le cas d'autres couplages, la pellicule de savon commence à vibrer de manière quantique, ce qui augmente de façon exponentielle la difficulté du calcul de son aire.

Les chercheurs de l'Institut Périmètre sont parvenus à simplifier ce calcul. Ils ont découpé le polygone en morceaux de quatre côtés qu'ils ont appelés « carreaux ». Ils ont ensuite étudié la transition entre deux carreaux adjacents et trouvé un moyen d'additionner deux carreaux. En appliquant encore et encore cette méthode d'addition de carreaux, les chercheurs ont réussi à faire la somme de toutes les surfaces possibles. Ils ont ainsi trouvé une méthode qui permet de calculer des amplitudes de diffusion quelle que soit la force de couplage.

C'est ce que l'on appelle résoudre les amplitudes de diffusion pour des couplages finis, et c'est depuis longtemps un problème tenace dont la résolution est urgente. Ces travaux jettent les bases d'une solution complète.

DE NOUVELLES RECETTES POUR LA RÉSOLUTION DE THÉORIES QUANTIQUES DES CHAMPS

La recette pour résoudre la plupart des théories quantiques des champs fonctionne comme suit : commencer par quelque chose de simple, ajouter quelques complications, ajouter quelques complications plus subtiles, répéter jusqu'à ce que les complications deviennent trop insignifiantes pour que cela compte, puis déclarer que la théorie quantique des champs est résolue.

Cette recette en apparence simple, appelée techniquement *théorie des perturbations*, a contribué à faire de la théorie quantique des champs, en abrégé TQC, l'un des outils les plus souples et les plus fructueux jamais mis au point par les physiciens.

Mais que ce passe-t-il lorsque la théorie des perturbations ne fonctionne pas?

Cette question n'est pas hypothétique. La recette de base – commencer par quelque chose de simple et ajouter des complications de plus en plus subtiles – fonctionne bien lorsque les complications du monde réel sont effectivement petites. Mais il y a plusieurs domaines importants où les complications sont énormes et non subtiles, et où l'ajout de complications ne conduit pas progressivement à une solution réaliste, mais produit plutôt des prédictions qui n'ont à l'évidence pas de sens.

L'incapacité de la TQC à régler le cas des quarks à faible énergie et des gluons – p. ex. à expliquer pourquoi les quarks sont normalement confinés à l'intérieur des protons et des neutrons – est l'exemple le plus connu d'un cas où la théorie des perturbations ne fonctionne pas. C'est aussi le cas de la physique des systèmes de N corps en interaction forte, de la physique des trous noirs, ainsi que de la physique de l'univers naissant.

Il n'est donc pas surprenant que la quête de nouvelles recettes fonctionnant en dehors de la théorie des perturbations constitue un important domaine de recherche. **Jaume Gomis, professeur à l'Institut Périmètre**, travaille sans relâche à concocter de telles recettes.

Selon lui, dans l'élaboration d'une TQC non perturbative, une partie du problème réside dans le fait que nous ne comprenons pas vraiment le comportement que la théorie est censée expliquer. C'est comme si on essayait de retrouver la recette d'un plat sans d'abord y goûter.

Jaume Gomis utilise de puissantes techniques mathématiques pour tenter de définir les dynamiques non perturbatives possibles de TQC. Il s'intéresse en particulier aux situations de dualité – où deux théories, l'une perturbative et l'autre non perturbative, semblent très différentes mais s'avèrent équivalentes du point de vue de la mécanique quantique. En exploitant ces dualités, il est parvenu à obtenir pour la première fois certains résultats exacts dans des TQC à quatre dimensions. Ces résultats ont révélé de nouvelles informations sur la dynamique non perturbative de TQC.

C'est comme d'avoir goûté le plat pour la première fois – ce qui donne espoir pour la conception de nouvelles recettes.

Références :

B. BASSO (Institut Périmètre), A. SEVER (Institut Périmètre et Institut d'études avancées de Princeton) et P. VIEIRA (Institut Périmètre). *Space-time S-matrix and Flux-tube S-matrix at Finite Coupling*, arXiv:1303.1396.

J. GOMIS (Institut Périmètre) et S. LEE (Université de Cambridge). « Exact Kahler Potential from Gauge Theory and Mirror Symmetry », *Journal of High Energy Physics*, no 1304, 2013, article 019, arXiv:1210.6022.



GRAVITATION QUANTIQUE

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

LA MAIN GAUCHE DE LA GRAVITÉ

La parité est le concept selon lequel si vous faites quelque chose – peu importe ce que c'est – la version de cette chose que vous verriez en regardant dans un miroir devrait également être possible. C'est souvent vrai, mais pas toujours. La gravité ne change pas d'aspect lorsqu'on la regarde dans un miroir. C'est aussi le cas de l'interaction forte et de la force électromagnétique. Mais ce n'est pas vrai dans le cas de l'interaction faible.

Alors que les physiciens recherchent une théorie qui unifierait toutes les forces – en les décrivant comme des aspects d'une même théorie –, la nature asymétrique de l'interaction faible pose un problème. Comment se fait-il que cette force, et seulement cette force, puisse distinguer sa main droite de sa main gauche?

Lee Smolin, professeur à l'Institut Périclète, et ses collaborateurs Antonino Marciano et Stephon Alexander (tous deux du Collège Dartmouth), abordent ce problème d'une manière nouvelle et surprenante. Ils proposent une nouvelle unification des interactions faibles et gravitationnelles qui explique l'asymétrie des interactions faibles selon l'opérateur de parité comme la conséquence d'une asymétrie cachée des lois de la gravité.

Cette idée ne sort pas de nulle part. La gravitation quantique à boucles est une approche bien connue de l'unification de la gravité et des autres interactions. Les chercheurs en gravitation quantique à boucles utilisent souvent une reformulation de la relativité générale appelée *formulation de Plebanski*. Comme toute reformulation, celle de Plebanski n'est pas une théorie nouvelle – elle ne décrit aucun phénomène nouveau ni ne fait de nouvelles prédictions. C'est plutôt la traduction d'une théorie existante en un nouveau langage mathématique. De telles reformulations rendent souvent les théories – dans ce cas-ci la théorie de la relativité générale – plus faciles à traiter, ou encore montrent de nouvelles manières d'en concevoir des extensions.

C'est le cas des travaux récents de Lee Smolin et de ses collaborateurs. Les chercheurs montrent qu'une théorie de Plebanski étendue unifie

naturellement la gravité et les interactions faibles d'une manière qui explique l'asymétrie des interactions faibles pour la parité. Grosso modo, les champs de jauge qui décrivent la gravité et les interactions faibles sont au départ les images miroir l'un de l'autre. Mais cette symétrie se révèle instable, avec pour résultat une rupture spontanée de la symétrie entre la gauche et la droite, ce qui permet à la nature de trouver un état stable où les moitiés gauche et droite des champs se comportent de manière très différente. Une moitié devient la gravité, et l'autre moitié l'interaction faible.

SUR LES TRACES DE MAX BORN

Laurent Freidel, professeur à l'Institut Périclète, et ses collaborateurs suivent une piste ancienne et découvrent de nouvelles idées saisissantes.

Cette piste commence en 1938 avec Max Born, l'un des pères de la mécanique quantique.

Tout comme des générations de scientifiques l'ont fait après lui, Born recherchait une unification de la mécanique quantique et de la relativité générale, parce que ces deux cadres explicatifs de l'univers, tout en étant fructueux, ne fonctionnent pas très bien ensemble.

Born avait remarqué dans la mécanique quantique une symétrie fascinante entre espace et moment – principe qui allait plus tard être connu sous le nom de *réciprocité de Born* –, et il se demandait si l'on pourrait réaliser la difficile unification de la mécanique quantique et de la relativité générale en unifiant l'espace-temps et l'espace des moments dans une certaine structure géométrique.

Cependant, l'élaboration d'une telle structure s'est avérée trop difficile pour Born et pour les physiciens qui l'ont tentée pendant les sept décennies qui ont suivi.

Mais cela pourrait être à la veille de changer. Laurent Freidel et ses collègues essaient de trouver une manière de construire ce cadre dans le contexte de la théorie des cordes.



« C'est assez fou, mais ça pourrait fonctionner, dit M. Freidel. Il s'agit d'une idée radicale parce qu'elle nous oblige à assouplir nos notions de localité et qu'elle remet en question l'existence de l'espace-temps. » [traduction]

L'idée est radicale, mais elle semble fonctionner jusqu'à maintenant. D'autres recherches sont nécessaires pour en vérifier la cohérence, « mais il semble que les morceaux s'assemblent bien » [traduction].

Laurent Freidel et ses collaborateurs ont démontré que la réciprocité de Born peut être naturellement mise en œuvre en théorie des cordes. Ils ont aussi montré que la théorie des cordes prédit la courbure de l'espace-temps et de l'espace des moments.

Ils montrent comment certains aspects de la théorie des cordes imposent à l'espace des phases une nouvelle structure mathématique, qu'ils appellent une *géométrie de Born*. Cette géométrie est porteuse d'information sur la manière dont l'espace-temps est quantifié.

Les répercussions potentielles de ces travaux sont très grandes. Il pourrait en résulter une refondation radicale de la théorie des cordes, ainsi que des conséquences profondes sur notre compréhension de la localité et des possibilités d'en dévier.

Si leurs conclusions étaient avérées, elles pourraient même permettre de tester la gravitation quantique, avec l'espoir d'apprendre de nouveaux éléments surprenants sur la nature de l'univers.

Ces travaux sont théoriques, spéculatifs, et Laurent Freidel est le premier à admettre qu'« il y a encore beaucoup à faire », mais il affirme que les premiers résultats sont terriblement excitants.

« En physique, toutes les bonnes idées naissent, meurent, puis ressuscitent au bon moment, dit-il. J'ai hérité des idées concernant la réciprocité de Born et je dois les mener plus loin. » [traduction]

Références :

S. ALEXANDER (Collège Dartmouth), A. MARCIANO (Collège Dartmouth) et L. SMOLIN (Institut Péricône). *Gravitational origin of the weak interaction's chirality*, arXiv:1212.5246.

L. FREIDEL (Institut Péricône), R.G. LEIGH (Université de l'Illinois à Urbana-Champaign) et D. MINIC (Institut polytechnique et Université d'État de Virginie – Virginia Tech). *Born Reciprocity in String Theory and the Nature of Spacetime*, arXiv:1307.7080.

S'ATTAQUER AUX PLUS GRANDES QUESTIONS

J'ai toujours été intéressée par la science et par des choses un peu débiles – comme de devenir radioamateur certifiée pendant mon adolescence – mais aussi par bien d'autres choses, dont la musique. Ce qui m'attirait dans la physique, c'est qu'elle était supposément la matière la plus difficile de toutes; donc, pas moyen de se tromper!

À part l'amour de la géométrie, ce qui m'a fait opter pour la gravitation quantique après mon doctorat a sans doute été l'influence osmotique de mon directeur de thèse, qui était un gourou de la gravitation quantique. Il y avait toujours des gens qui allaient et venaient, lui demandant son opinion sur divers sujets. En outre, tous ces gens me paraissaient amicaux et intéressants.

En gravitation quantique, nous poussons nos outils théoriques à leurs limites, dans l'espoir de répondre à des questions simples mais profondes : Que deviennent l'espace et le temps au niveau le plus fondamental, microscopique? Comment pouvons-nous décrire l'espace-temps quantique de manière quantitative? Pouvons-nous expliquer la gravitation à partir des principes quantiques premiers?

Ma participation à l'Institut Péricône depuis ses tout débuts a ajouté une dimension à ma vie, sur les plans professionnel et personnel. C'est passionnant de collaborer à une expérience humaine complexe – « comment créer à partir de rien le meilleur institut de physique possible » – et encore plus de la voir réussir de manière aussi spectaculaire.

Ce qui est remarquable dans l'Institut Péricône, ce n'est pas seulement le degré élevé de professionnalisme de ses scientifiques et de son personnel de soutien, mais leur engagement sans pareil envers l'Institut. Cela lui donne beaucoup d'ambiance et de dynamisme et vous fait sentir que tout est pensable et possible. Lorsque je parle à des collègues, à des gens d'affaires et à des politiciens, chez moi comme ailleurs, je cite souvent l'Institut Péricône comme un exemple à imiter sur le plan scientifique comme sur celui de la diffusion des connaissances. Continuez!

– Renate Loll

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. Elle est également titulaire d'une chaire de chercheur invité distingué et présidente du comité consultatif scientifique de l'Institut Péricône.

FONDEMENTS QUANTIQUES

L'étude des fondements quantiques porte sur les bases conceptuelles et mathématiques de la physique quantique. À l'Institut Péricimètre, 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.

INSTRUCTIONS D'ASSEMBLAGE D'UN UNIVERS

Il est impossible de construire un véhicule sans savoir comment toutes les pièces s'assemblent.

Il en va de même pour l'univers. Si l'on ne sait pas comment ses nombreuses composantes s'assemblent pour former le tout, comment peut-on comprendre son fonctionnement?

Cette idée simple et pratique sous-tend les récents travaux de physique fondamentale de **Lucien Hardy, professeur à l'Institut Péricimètre**. Si nous comprenons comment les éléments constitutifs de quelque chose sont assemblés – en l'occurrence, ce « quelque chose » pourrait être l'espace-temps lui-même –, nous devrions alors pouvoir mieux comprendre cette chose dans son ensemble.

Comme n'importe quel objet composite, une région de l'espace-temps est formée de régions plus petites, assemblées de manière appropriée. L'article de M. Hardy, intitulé *On the theory of composition in physics* (De la théorie de la composition en physique), présente une théorie générale de telles combinaisons, de même qu'un langage commun dans lequel ces objets composites cosmiques peuvent être décrits.

Cette base étant établie, Lucien Hardy propose un principe – judicieusement appelé *principe de composition* – selon lequel tout calcul des propriétés physiques d'un objet composite (comme un véhicule ou une galaxie) devrait avoir la même forme que la description de la composition de cet objet.

Ce que M. Hardy a présenté, c'est une sorte de livre de règlements – ensemble de lignes directrices concernant la définition, la description et les prédictions à propos d'objets composites, de l'infiniment petit à l'infiniment grand.

Cette approche a déjà été utilisée en physique quantique. Des travaux sont en cours pour appliquer le principe de composition à la relativité

générale, en vue d'une théorie unifiée de la mécanique quantique et de la relativité générale, ce qui est l'objet de la recherche en gravitation quantique.

Comme l'Institut Péricimètre est un haut lieu d'expertise dans chacun de ces domaines – relativité générale, mécanique quantique, gravitation quantique et domaines connexes –, il est lui-même une sorte d'objet composite. Il se peut donc que les plus grandes découvertes naissent de l'examen des liens entre ses diverses parties.

UNE NOUVELLE PERSPECTIVE SUR UNE LOI CLASSIQUE

Dans ses recherches, **Robert Spekkens, professeur à l'Institut Péricimètre**, vise notamment à établir des ponts entre des domaines disparates, dont les théories de l'information, la théorie des ressources et la thermodynamique.

Pour donner un exemple récent, M. Spekkens et ses collaborateurs ont considéré un problème ancien – comment formuler de manière appropriée la deuxième loi de la thermodynamique – et l'ont examiné à travers une nouvelle lentille.

En termes simples, cette deuxième loi affirme qu'un système tend à devenir de plus en plus uniforme – c'est-à-dire que sa température et sa pression ont tendance à « s'égaliser » partout.

Mais de telles définitions soulèvent de nombreuses questions et donnent souvent lieu à des débats. Il y a plus d'un demi-siècle, Percy Bridgeman, lauréat d'un prix Nobel, a résumé ainsi le problème : « Il y a presque autant de formulations de la deuxième loi de la thermodynamique qu'il y a eu de discussions à son sujet. » [traduction]

Inspirés par des recherches fructueuses dans le domaine de l'information quantique, Robert Spekkens et ses collaborateurs ont décidé de revenir aux questions fondamentales de la thermodynamique, en les reformulant dans le cadre d'une sorte de « théorie des ressources ».

M. Spekkens explique que des techniques de la théorie de l'information quantique jettent un éclairage nouveau sur la thermodynamique. En particulier, l'*intrication*, type particulier de corrélation qui peut exister entre des systèmes, a fait l'objet d'études approfondies pour son rôle dans diverses tâches de traitement de l'information, et les résultats obtenus dans ce domaine alimentent les nouvelles recherches.

La théorie de l'information est pertinente en thermodynamique parce que, grosso modo, le savoir est une forme d'énergie. En effet, l'information peut servir de « carburant » pour effectuer un travail utile. Tout comme il faut du courant pour effacer tout le contenu d'un disque d'ordinateur, un disque nettoyé peut servir de batterie capable de fournir du carburant.

Robert Spekkens et ses collaborateurs (dont Markus Müller, postdoctorant à l'Institut Périclète, et Nicole Halpern, ancienne étudiante du programme PSI de l'Institut Périclète) ont étudié comment quantifier une déviation de l'état d'« équilibre informationnel » (c'est-à-dire une version du mode « égalisé »). Ils ont ensuite examiné comment cette déviation peut être mise à profit pour des tâches mécaniques et calculatoires, et comment on peut passer d'un état à un autre. Leurs travaux portent sur diverses notions de conversion d'état et différents scénarios dans lesquels une telle conversion peut se produire.

Non seulement ces travaux jettent un nouvel éclairage sur la manière dont la deuxième loi de la thermodynamique peut (et ne peut pas) être formulée, mais ils définissent aussi de nouvelles voies entre différents domaines de la physique théorique. C'est le genre de recherches qui crée de nouveaux tissus conjonctifs entre des disciplines disparates et illustre l'approche interdisciplinaire que l'Institut Périclète vise à favoriser.

References:

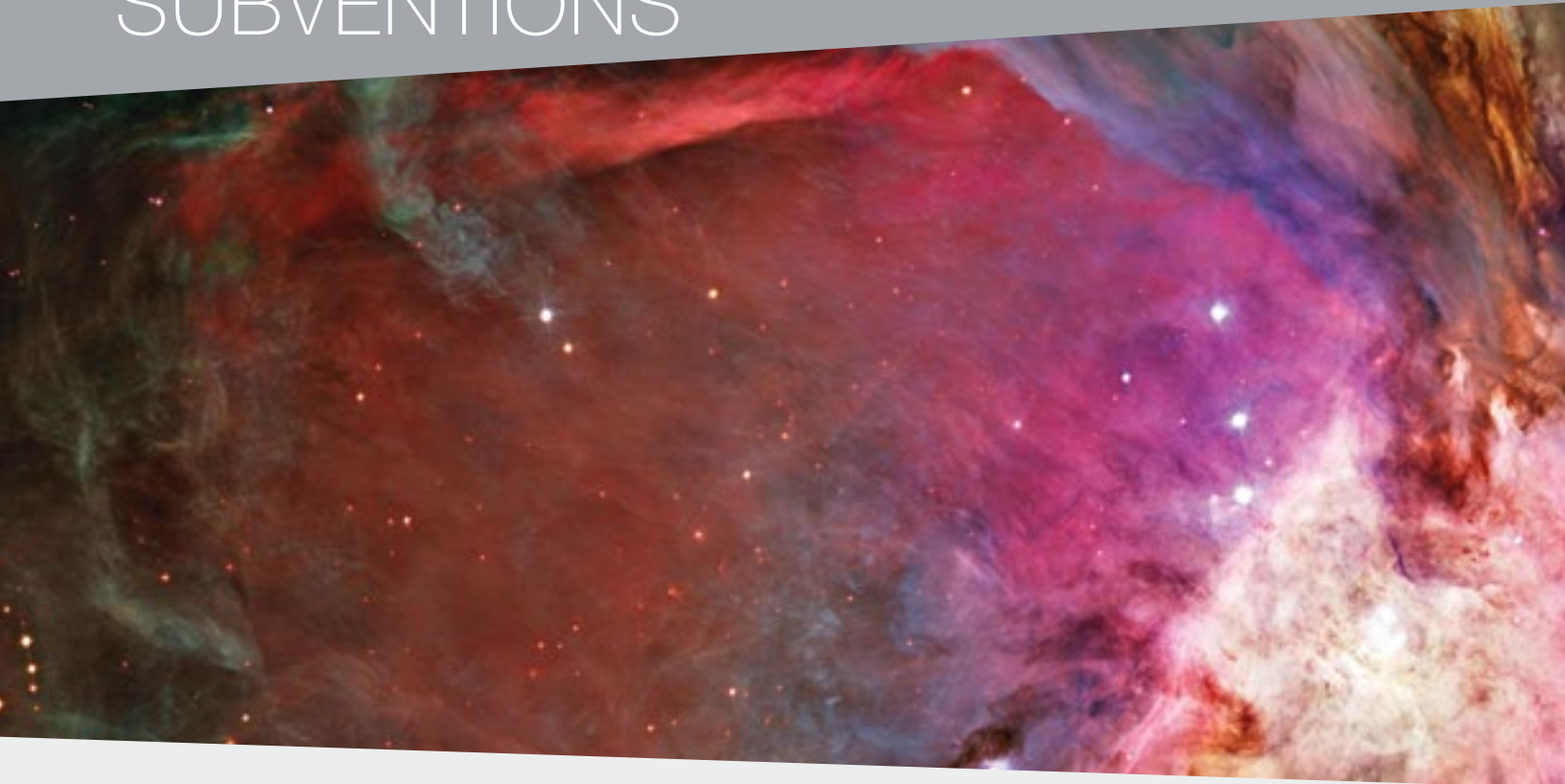
L. HARDY (Institut Périclète). On the theory of composition in physics, arXiv:1303.1537.

G. GOUR (Université de Calgary), M.P. MÜLLER (Université de Heidelberg), V. NARASIMHACHAR (Université de Calgary), R.W. SPEKKENS (Institut Périclète) et N. YUNGER Halpern (Institut de technologie de la Californie – Caltech), *The resource theory of informational nonequilibrium in thermodynamics*, arXiv:1309.6586.

F.G. BRANDAO (Collège universitaire de Londres), M. HORODECKI (Université de Gdańsk), J. OPPENHEIM (Collège universitaire de Londres), J. RENES (École polytechnique fédérale de Zurich – ETH) et R.W. SPEKKENS (Institut Périclète). *The resource theory of quantum states out of thermal equilibrium*, arXiv:1111.3882.



PRIX, DISTINCTIONS ET SUBVENTIONS



- L'équipe de l'expérience WMAP (*Wilkinson Microwave Anisotropy Probe*), dont fait partie **le professeur Kendrick Smith**, a obtenu le prix Gruber.
- **Neil Turok**, directeur de l'Institut Périmètre et **titulaire de la chaire Mike-et-Ophelia-Lazaridis-Niels-Bohr de physique théorique de l'Institut Périmètre**, a reçu des doctorats honorifiques de l'Université Heriot-Watt d'Édimbourg et de l'Université de Guelph.
- **Davide Gaiotto, titulaire de la chaire Fondation-Krembil-Galilée de physique théorique de l'Institut Périmètre**, a obtenu un prix *Nouveaux horizons en physique*, d'une valeur de 100 000 \$, remis par la Fondation des Prix de physique fondamentale.
- **Stephen Hawking, titulaire d'une chaire de chercheur invité distingué dans le cadre du programme Frontières Templeton de l'Institut Périmètre**, a reçu un prix de physique fondamentale, d'une valeur de 3 millions de dollars, remis par la Fondation des Prix de physique fondamentale.
- **S. James Gates fils, titulaire d'une chaire de chercheur invité distingué**, a reçu la Médaille nationale de la science, la plus haute distinction accordée à un scientifique par le gouvernement des États-Unis.
- **Le professeur associé Roger Melko** a reçu le Prix du jeune scientifique en physique informatique de l'Union internationale de physique pure et appliquée, remis par le Conseil de physique informatique.
- **Le professeur associé Roger Melko** a été nommé titulaire de la chaire de recherche (de niveau 2) du Canada en physique informatique quantique à N corps.
- **Le professeur associé Michele Mosca** a été nommé titulaire d'une chaire de recherche de l'Université de Waterloo, la plus haute distinction accordée par l'université.
- **Le professeur Daniel Gottesman et le chercheur principal Chris Fuchs** ont été élus membres de la Société américaine de physique.
- Plusieurs membres du corps professoral de l'Institut Périmètre ont eu l'honneur de recevoir la Médaille du jubilé de diamant de la reine Elizabeth II pour leurs réalisations et leurs contributions :
 - **Neil Turok**
 - **Robert Myers**
 - **Lee Smolin**
 - **Raymond Laflamme**
 - **Michele Mosca**



- **Le professeur Robert Spekkens** a remporté le premier prix au concours d'essais de l'Institut FQXi (*Foundational Questions Institute*); **Flavio Mercati**, postdoctorant dans le cadre du programme *Frontières Templeton* de l'Institut Périmètre, a été l'un des lauréats du quatrième prix.
- **Le professeur Luis Lehner** a été élu membre de la Société internationale de la relativité générale et de la gravitation.
- **Le postdoctorant Chad Hanna** a été élu coprésident du groupe de coalescence binaire compacte du projet scientifique international LIGO.
- Des chercheurs de l'Institut Périmètre ont obtenu des subventions totalisant plus de 3,3 millions de dollars, notamment du Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada, de la Fondation John-Templeton, de la Fondation canadienne pour l'innovation et du Fonds pour la recherche en Ontario.

DAVIDE GAIOTTO ET STEPHEN HAWKING REÇOIVENT DES PRIX DE PHYSIQUE FONDAMENTALE

Cette année, deux membres de la communauté scientifique de l'Institut Périmètre ont reçu des prix de la Fondation des Prix de physique fondamentale. Ces prix visent à reconnaître des chercheurs qui « se consacrent à faire progresser notre compréhension de l'univers au niveau le plus fondamental » [traduction].

Stephen Hawking, titulaire d'une chaire de chercheur invité distingué dans le cadre du programme *Frontières Templeton* de l'Institut Périmètre, a reçu un prix spécial de physique fondamentale pour sa découverte du rayonnement de Hawking émis par les trous noirs ainsi que pour ses contributions majeures dans les domaines de la gravitation et de la cosmologie du commencement de l'univers.

Davide Gaiotto, titulaire de la chaire Fondation-Krembil-Galilée de physique théorique de l'Institut Périmètre, a obtenu un prix Nouveaux horizons en physique, qui récompense de jeunes chercheurs exceptionnellement prometteurs. M. Gaiotto a fait beaucoup progresser notre compréhension du comportement des champs quantiques en régime de couplage fort, dans un cadre unifié appelé supersymétrie.

RECRUTEMENT



Dmitry Abanin

Luis Lehner

La science de haut niveau exige la collaboration de gens brillants. Depuis sa fondation, l'Institut Péricètre a su attirer et conserver des physiciens théoriciens de tout premier ordre, venus du monde entier. Au cours de la dernière année, l'Institut a recruté plusieurs scientifiques exceptionnels dans divers domaines: cosmologie, physique de la matière condensée, gravitation quantique, etc. Il a également renouvelé le mandat de **son directeur, Neil Turok**.

RENOUVELLEMENT DU MANDAT DU DIRECTEUR

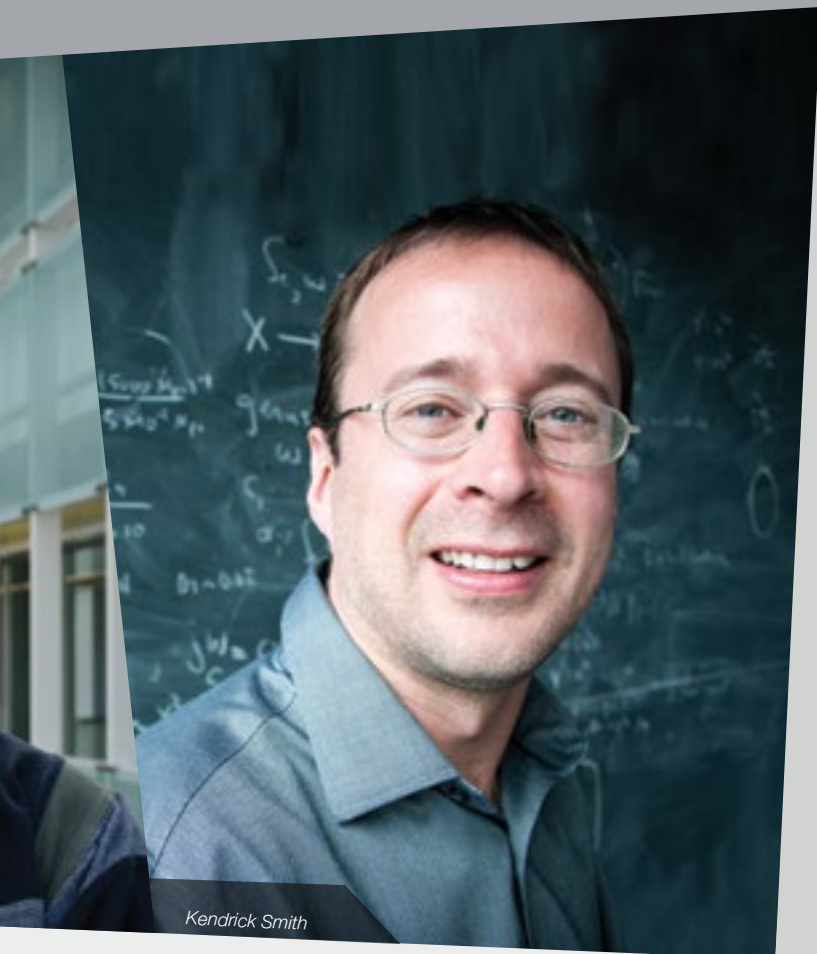
En mars 2013, le conseil d'administration de l'Institut Péricètre a renouvelé à l'unanimité le mandat de Neil Turok pour un deuxième terme de cinq ans comme directeur de l'Institut. Depuis son arrivée en 2008 en provenance de l'Université de Cambridge, Neil Turok a mené la croissance stratégique et le développement de l'Institut, contribuant à sa progression rapide en taille et en réputation internationale. Sous sa direction, l'Institut a mis sur pied le programme de chaires de chercheur invité distingué, créé le programme de maîtrise PSI (*Perimeter Scholars International* – Boursiers internationaux de l'Institut Péricètre) et établi le programme de chaires de recherche de l'Institut Péricètre.

LES CHAIRES DE RECHERCHE DE L'INSTITUT PÉRICÈTRE

En plus de voir son mandat de directeur renouvelé, Neil Turok a été nommé **titulaire de la chaire Mike-et-Ophelia-Lazaridis-Niels-Bohr de physique théorique de l'Institut Péricètre**. M. Turok est le troisième titulaire à avoir été nommé dans le cadre du programme de chaires de recherche de l'Institut Péricètre, qui vise à attirer à l'Institut et au Canada des chercheurs établis du plus haut calibre international.

La nomination de Neil Turok a suivi celles de **Xiao-Gang Wen, titulaire de la chaire Groupe-financier-BMO-Isaac-Newton de physique théorique de l'Institut Péricètre** et de **Davide Gaiotto, titulaire de la chaire Fondation-Krembil-Galilée de physique théorique de l'Institut Péricètre**. Chaque titulaire d'une chaire de recherche de l'Institut anime un groupe de recherche dynamique capable de faire des progrès rapides sur des questions clés en physique théorique.

Enfin, **Kevin Costello**, l'un des meilleurs jeunes mathématiciens au monde, a récemment été recruté comme **titulaire de la chaire Fondation-Krembil-William-Rowan-Hamilton de physique théorique de l'Institut Péricètre**. Il arrivera à l'Institut en provenance du Département de mathématiques de l'Université Northwestern. Il est l'auteur d'une monographie originale, intitulée *Renormalization and*



Kendrick Smith

QUELQUES STATISTIQUES

L'Institut Péricône compte le plus grand nombre de chercheurs en physique théorique au monde :

20 professeurs à plein temps

12 professeurs associés nommés conjointement avec des universités partenaires

34 titulaires de chaire de chercheur invité distingué

44 postdoctorants

70 étudiants diplômés¹

Effective Field Theory, qui introduit de nouveaux outils mathématiques dans la théorie quantique des champs. Kevin Costello participera aux efforts de plus en plus intenses de l'Institut Péricône en physique mathématique et travaillera sur certains des problèmes les plus difficiles dans ce domaine. Les nominations de MM. Costello et Gaiotto ont été rendues possibles grâce à un généreux investissement de 4 millions de dollars de la Fondation Krembil.

PROFESSEURS

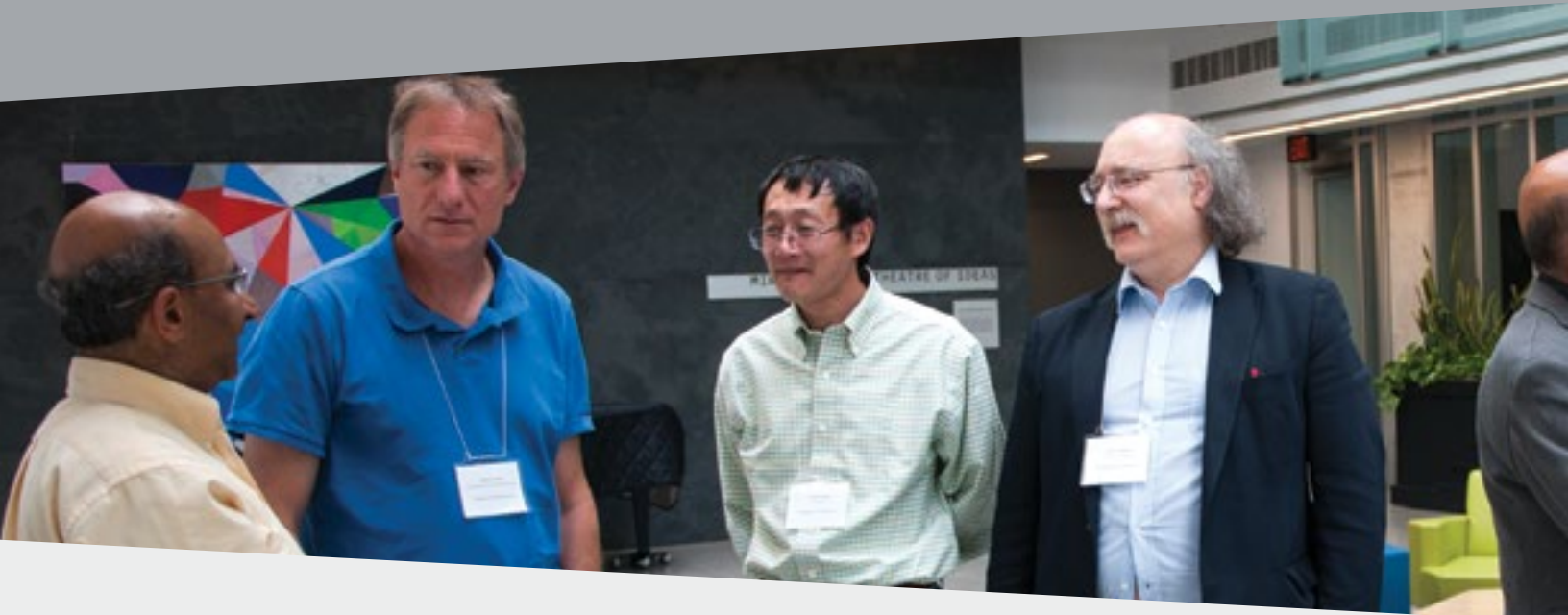
L'Institut Péricône a accueilli plusieurs nouveaux professeurs remarquables en 2012-2013.

Dmitry Abanin s'est joint à l'Institut Péricône après avoir été postdoctorant à l'Université de Princeton et à l'Université Harvard. C'est un jeune théoricien de premier ordre dans le domaine de la matière condensée. Ses recherches visent à mieux comprendre les matériaux de Dirac, dont les propriétés quantiques et électroniques sont porteuses d'un immense potentiel d'utilisation dans un éventail de technologies nouvelles. Plusieurs de ses résultats théoriques ont été confirmés par des groupes d'expérimentateurs de l'Institut Max-Planck, de l'Université de la Californie, de l'Université de Manchester, des universités Harvard et Columbia, ainsi que d'autres établissements de premier plan.

Luis Lehner est devenu professeur à plein temps à l'Institut Péricône après avoir été pendant trois ans professeur associé, dans le cadre d'une nomination conjointe avec l'Université de Guelph. Luis Lehner fait autorité dans le domaine de la gravité forte, où il explore les phénomènes cosmiques à l'origine d'une forte activité gravitationnelle et électromagnétique, comme les violentes collisions de systèmes binaires. Parmi ses nombreuses distinctions, il a reçu une bourse de recherche Sloan et a été membre de l'Institut canadien de recherches avancées (ICRA), de l'Institut de physique du Royaume-Uni, de la Société internationale de la relativité générale et de la gravitation, ainsi que de la Société américaine de physique.

Kendrick Smith s'est joint à l'Institut Péricône après avoir été postdoctorant à l'Université de Cambridge et à l'Université de Princeton. C'est un cosmologiste dont les travaux recouvrent la théorie pure et l'observation, en particulier en ce qui concerne la cartographie du rayonnement fossile – « instantané » de la lumière la plus ancienne de l'univers. Kendrick Smith a collaboré avec des équipes d'expérimentateurs à un certain nombre de projets majeurs, dont l'expérience WMAP (qui a remporté le prestigieux prix Gruber 2012 de cosmologie), ainsi que les expériences QUIET et Planck.

¹ Dont 39 doctorants et 31 étudiants de maîtrise dans le cadre du programme PSI (Perimeter Scholars International – Boursiers internationaux de l'Institut Péricône). Tous ces chiffres correspondent à la situation de l'Institut Péricône au 31 juillet 2012.



PROFESSEURS ASSOCIÉS

En plus d'embaucher des professeurs à plein temps, l'Institut Périmètre collabore souvent avec des universités avoisinantes pour recruter conjointement des candidats dans le cadre de son programme de professeurs associés. Cela permet à l'Institut d'amener au Canada des scientifiques de premier ordre et d'en faire profiter plusieurs établissements. Les professeurs associés passent jusqu'à 50 % de leur temps à l'Institut Périmètre, en plus d'enseigner et de faire de la recherche dans une université partenaire.

Cette année, l'Institut Périmètre a nommé deux professeurs associés qui ont beaucoup apporté aux activités de recherche de l'Institut.

Matthew 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 perfectionnés qui confrontent les prédictions de la théorie fondamentale avec les observations expérimentales du rayonnement fossile – la lumière la plus ancienne de l'univers. Après

avoir été pendant deux ans postdoctorant à l'Institut Périmètre, il est devenu en 2012 professeur associé, dans le cadre d'une nomination conjointe avec l'Université York de Toronto.

Roger Melko est un théoricien de la matière condensée qui utilise des modèles de calcul pour étudier les propriétés uniques des systèmes fortement corrélés à N corps. Ses recherches apportent de nouvelles connaissances sur les phénomènes émergents, les phases des états fondamentaux, les transitions de phase, les systèmes critiques quantiques et l'intrication. M. Melko a obtenu son doctorat en 2005 à l'Université de la Californie à Santa Barbara, puis a été boursier postdoctoral Wigner au Laboratoire national d'Oak Ridge avant de se joindre à l'Université de Waterloo en 2007. Il a obtenu une bourse de nouveau chercheur en 2010 et est devenu professeur associé à l'Institut Périmètre en 2012 tout en conservant son poste à l'Université de Waterloo.





De gauche à droite : Senthil Todadri, Matthew Fisher, Zhenghan Wang, Duncan Haldane, Ganapathy Baskaran et Subir Sachdev, titulaires de chaire de chercheur invité distingué

CHAIRES DE CHERCHEUR INVITÉ DISTINGUÉ

Unique au monde, le programme de chaires de chercheur invité distingué de l'Institut Péricône permet à de nombreux scientifiques parmi les plus renommés de passer à l'Institut des périodes (semaines ou mois) de recherche et de collaboration fructueuses, tout en conservant leur poste dans leur établissement d'origine. Pendant leur mandat, ils peuvent participer à tous les aspects de la vie de l'Institut Péricône : collaboration avec des collègues, organisation de conférences, enseignement dans le cadre du programme PSI, activités de diffusion des connaissances. Pour les titulaires de chaire de chercheur invité distingué, le temps passé à l'Institut Péricône est très productif, puisqu'ils sont libérés de leurs tâches habituelles d'administration et d'enseignement.

Les titulaires de chaire de chercheur invité distingué de l'Institut Péricône comprennent des sommités comme **Stephen Hawking**, **Leonard Susskind**, **Mark Wise** et le lauréat du prix Nobel **Gerard 't Hooft**. Leurs domaines de spécialité couvrent toutes les branches de la physique théorique.

Douze scientifiques exceptionnels sont devenus titulaires de chaire de chercheur invité distingué de l'Institut Péricône cette année, enrichissant de beaucoup la communauté de chercheurs de l'Institut.

TITULAIRES DE CHAIRE DE CHERCHEUR INVITÉ DISTINGUÉ

Dorit Aharonov, Université hébraïque

Yakir Aharonov, Université Chapman et Université de Tel Aviv

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

James Bardeen, Université de l'État de Washington

Ganapathy Baskaran, Institut de mathématiques de Chennai

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

Matthew Fisher*, Université de la Californie à Santa Barbara

S. James Gates, Université du Maryland à College Park

Alexander Goncharov*, Université Yale

Duncan Haldane*, Université de Princeton

Stephen Hawking**, Université de Cambridge

Patrick Hayden, Université Stanford

Ted Jacobson*, Université du Maryland à College Park

Leo Kadanoff, Université de Chicago

Adrian Kent*, Université de Cambridge

Renate Loll, Université Radboud à Nimègue

Ramesh Narayan*, Université Harvard

Sandu Popescu**, Université de Bristol

Frans Pretorius, Université de Princeton

Subir Sachdev, Université Harvard

Peter Shor*, Institut de technologie du Massachusetts

Eva Silverstein, Université Stanford

Dam Thanh Son*, Université de Chicago

Paul Steinhardt, Université de Princeton

Andrew Strominger*, Université Harvard

Raman Sundrum*, Université du Maryland à College Park

Leonard Susskind, Université Stanford

Gerard 't Hooft**, Université d'Utrecht

Senthil Todadri, Institut de technologie du Massachusetts

William Unruh, Université de la Colombie-Britannique

Ashvin Vishwanath, Université de la Californie à Berkeley

Zhenghan Wang*, Station Q de Microsoft Research

Steven White*, Université de la Californie à Irvine

Mark Wise, Institut de technologie de la Californie

* Nomination en 2012-2013

** Dans le cadre du programme *Frontières Templeton*



ENCOURAGER LES FEMMES EN PHYSIQUE

L'Institut Péricètre tient à soutenir les femmes en physique. Il a créé pour cela **le cercle Emmy-Noether**, du nom d'une mathématicienne allemande du XXe siècle, qualifiée par Einstein de « femme la plus importante de l'histoire des mathématiques » à cause de ses contributions majeures. Le Cercle Emmy-Noether a obtenu l'appui du Fonds de fiducie communautaire Bluma-Appel et de la Fondation de bienfaisance Ira-Gluskin-et-Maxine-Granozsky-Gluskin, pour appuyer des étudiantes du programme de maîtrise PSI (voir à la page 36).

Cette année, l'Institut Péricètre a créé **les bourses Emmy-Noether**, pour donner à des physiciennes exceptionnelles en début de carrière l'occasion de faire des séjours prolongés à l'Institut, afin de poursuivre leurs recherches dans le milieu stimulant de l'Institut Péricètre et de nouer des contacts avec ses chercheurs résidents.

Les deux premières boursières Emmy-Noether sont de jeunes physiciennes exceptionnellement prometteuses :

Claudia de Rham est professeure adjointe de physique à l'Université Case Western Reserve. C'est une cosmologiste qui s'intéresse à la cosmologie des tout débuts de l'univers et à l'énergie sombre.

Sara Pasquetti est chargée de cours en physique à l'Université du Surrey. Ses recherches se situent à la rencontre de la physique et des mathématiques.

POSTDOCTORANTS

Bon nombre des grandes découvertes en physique sont l'œuvre de scientifiques étonnamment jeunes, qui abordent d'un œil neuf les grandes questions. Pour encourager des scientifiques en début de carrière et bénéficier de leur vitalité intellectuelle, l'Institut Péricètre a réuni le groupe le plus nombreux de postdoctorants indépendants en physique théorique au monde.

Ces jeunes esprits audacieux bénéficient de la liberté et des occasions de collaboration dont ils ont besoin pour mener des recherches en territoire inconnu. Comme chercheurs de plein droit à l'Institut, ils sont encouragés à explorer des voies innovatrices et ambitieuses, à inviter des collaborateurs, à voyager et à organiser des conférences.

L'Institut Péricètre a embauché en 2012-2013 20 postdoctorants sur plus de 600 candidatures et en a recruté 18 autres pour l'année suivante.

La formation à l'Institut Péricètre rapporte des dividendes. L'an dernier, malgré un marché universitaire qui demeure très concurrentiel partout dans le monde, six finissants en postdoctorat ont obtenu des postes de professeur menant à la permanence. D'autres ont obtenu des postes convoités dans les domaines scientifique, financier et technologique.



« L'Institut Péricône ressemble à une grande conférence permanente. Je peux aller au bistro, y faire une rencontre imprévue, commencer une conversation, et du coup attaquer un problème sous un angle entièrement nouveau. Je crois que cela est unique au monde. »
[traduction]

– Eugenio Bianchi,
postdoctorant à l'Institut Péricône

« L'Institut Péricône laisse beaucoup de place à l'élaboration d'idées nouvelles. Pour un postdoctorant, qui est en début de carrière, c'est vraiment important. » [traduction]

– Joseph Ben Geloun,
postdoctorant à l'Institut Péricône



LA RICHESSE DE LA COLLABORATION

Lorsque j'ai appris que j'avais obtenu un poste de postdoctorant à l'Institut Péricône pour une période de trois ans, j'ai fêté cela de la meilleure manière que je pouvais imaginer : je suis allé au supermarché acheter de la viande.

Cela peut sembler une fête bien discrète, mais après quelques années à faire de la recherche avec de maigres moyens financiers – à dormir sur des canapés et à emprunter de l'argent pour des billets de train – un bon steak était un festin royal.

Même si je n'avais pas d'argent lorsque j'ai posé ma candidature à l'Institut Péricône en 2011, j'étais déjà riche sur le plan scientifique.

Je travaillais avec Julian Barbour, physicien théoricien britannique qui fonctionne à l'extérieur du cadre universitaire traditionnel, mais qui est reconnu comme le plus grand expert mondial du principe de Mach et comme un brillant scientifique en gravitation quantique et d'autres domaines qui me fascinent.

Peu après avoir obtenu une subvention de l'Institut FQXi (*Foundational Questions Institute*), il m'a invité à me joindre à lui pour travailler à un projet dans son lieu de recherche – une maison de ferme du XVI^e siècle, appelée *College Farm*, dans l'Oxfordshire.

J'avais obtenu peu de temps auparavant mon doctorat à l'Université La Sapienza de Rome, dans mon Italie natale, et une petite subvention de voyage couvrait à peine le loyer de mon appartement à Nottingham.

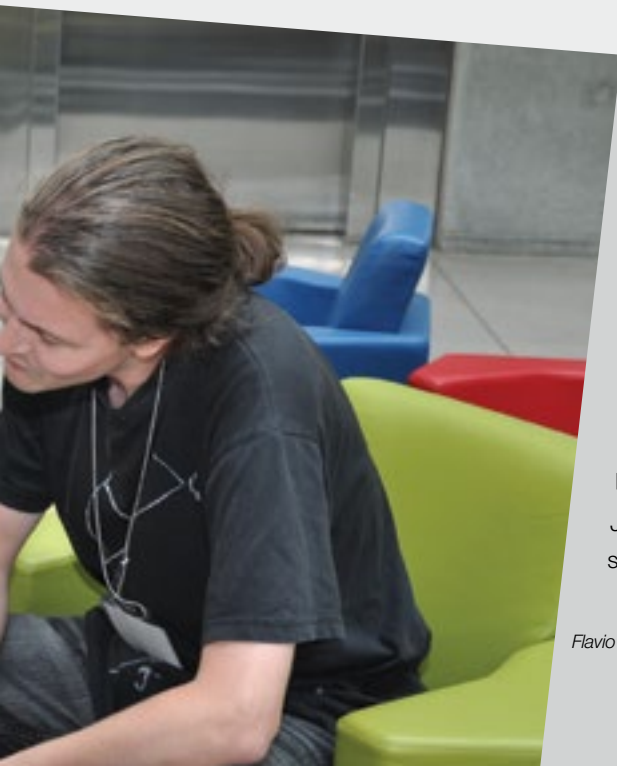
Julian Barbour défrayait le coût de mes fréquents voyages en train vers sa maison de ferme. Il me logeait et me nourrissait pendant que nous travaillions sur certains articles à propos de la dynamique des formes. Je lui serai toujours reconnaissant de sa gentillesse et de sa générosité.

Tim Koslowski, ancien postdoctorant à l'Institut Péricône, et moi-même avons récemment obtenu de l'Institut FQXi une subvention de 140 000 \$ pour poursuivre nos recherches sur « l'information, la complexité et la flèche du temps en dynamique des formes ». Grâce à cette subvention, nous pourrions continuer de travailler avec Julian Barbour pendant encore deux ans (dont une partie à College Farm!). Ensemble, nous pouvons poursuivre nos recherches dans de nouvelles directions.

Je suis ravi d'être à l'Institut Péricône, où de telles collaborations internationales sur des sujets risqués font partie du quotidien. Et en plus, les steaks y sont excellents.

– Flavio Mercati

Flavio Mercati est postdoctorant dans le cadre du programme Frontières Templeton. Il s'est joint à l'Institut Péricône en 2012.



FORMATION À LA RECHERCHE



DES TABLEAUX NOIRS AUX AFFAIRES

Même si la physique théorique explore des domaines que l'on peut difficilement imaginer – des confins de l'univers au monde des particules subatomiques –, ses outils mathématiques et sa rigueur scientifique ont des applications pratiques immédiates.

Parmi les six diplômés du programme de doctorat de l'Institut Péricètre cette année, deux ont mis leur formation à profit en fondant des entreprises canadiennes (pendant que leurs pairs obtenaient tous des postes hautement convoités dans des institutions savantes).

Jorge Escobedo utilise son savoir-faire en modélisation mathématique à titre de cofondateur et directeur de la technologie de Canopy Labs, établie à Toronto, qui aide des entreprises à prévoir le comportement des consommateurs et à cibler leurs ventes, grâce à des analyses sophistiquées de données. Il utilise les compétences qu'il a acquises à l'Institut Péricètre, où il a créé des outils analytiques et numériques originaux pour calculer des propriétés physiques en théorie des cordes.

Cozmin Ududec, Ph.D., est cofondateur et directeur de la gestion des risques d'Invenia Technical Computing, à Winnipeg, où il est responsable du calcul et de la gestion des risques financiers des opérations d'arbitrage dans le domaine de l'énergie.

Les atouts nécessaires pour faire de la physique théorique de pointe – mathématiques, algorithmique, pensée originale et créativité sans bornes – seront de plus en plus précieux dans l'économie du XXI^e siècle.

LE PROGRAMME PSI

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

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

En 2012-2013, 29 étudiants de 15 pays ont complété le programme PSI. Il est à noter que 10 des diplômés de cette année sont des femmes, ce qui reflète l'engagement de l'Institut Péricètre en faveur de l'équilibre des sexes dans le domaine. Depuis son lancement il y a 4 ans, 125 étudiants de 37 pays ont complété le programme. Cela témoigne de la renommée internationale et de la popularité du programme PSI.

En 2012-2013, le programme PSI a bénéficié du généreux soutien des personnes et organismes suivants :

le Fonds de fiducie communautaire Bluma-Appel; la Fondation Henry-White-Kinnear; la Fondation de bienfaisance Ira-Gluskin-et-Maxine-Granozsky-Gluskin; la Fondation communautaire de Kitchener-Waterloo – Fonds de la famille John A. Pollock; Brad et Kathy Marsland; Margaret et Larry Marsland.



CORPS PROFESSORAL DU PROGRAMME PSI EN 2012-2013

John Berlinsky (directeur), Institut Péricimètre

Dmitry Abanin, Institut Péricimètre

Assa Auerbach, Technion – Institut israélien de technologie

Latham Boyle, Institut Péricimètre

Andrew Childs, Université de Waterloo et Institut d'informatique quantique (IQC)

David Cory, Institut Péricimètre, Université de Waterloo et IQC

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

Bianca Dittrich, Institut Péricimètre

Michael Duff, Collège impérial de Londres

Joseph Emerson, Université de Waterloo et IQC

Ruth Gregory, Université de Durham

Alioscia Hama, Institut Péricimètre

Matthew Johnson, Institut Péricimètre et Université York

David Morrissey, Laboratoire TRIUMF

Robert Spekkens, Institut Péricimètre

Natalia Toro, Institut Péricimètre

Guifre Vidal, Institut Péricimètre

Pedro Vieira, Institut Péricimètre

Xiao-Gang Wen, titulaire de la chaire Groupe-financier-BMO-Isaac-Newton de physique théorique de l'Institut Péricimètre

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

Itay Yavin, Institut Péricimètre et Université McMaster

Konstantin Zarembo, Institut nordique de physique théorique (NORDITA)

Barton Zwiebach, Institut de technologie du Massachusetts (MIT)

DOCTORANTS

Le programme de doctorat de l'Institut Péricimètre continue de croître, avec 39 doctorants résidants en 2012-2013. Comme l'Institut ne délivre pas de diplômes, ses doctorants reçoivent leur diplôme d'une université partenaire à laquelle leur directeur de thèse est affilié. Le milieu de collaboration de l'Institut offre aux étudiants des occasions inégalées d'échanger avec des chefs de file de la recherche du monde entier et de développer leur carrière. Par exemple, parmi les six diplômés de cette année, deux ont fondé des entreprises canadiennes, et les autres ont obtenu par voie de concours des postes de postdoctorant dans des institutions de calibre international.

ADJOINTS DIPLÔMÉS INVITÉS

Le programme innovateur d'adjoints diplômés invités de l'Institut Péricimètre, qui permet à des doctorants avancés du monde entier de passer plusieurs mois à l'Institut, a accueilli 19 diplômés qui ont fait en tout 22 séjours en 2012-2013. Ce programme procure aux étudiants, à un moment charnière de leur formation, une occasion précieuse de travailler et de collaborer avec des chercheurs de premier plan dans leur domaine. À tout moment, de six à huit adjoints diplômés invités séjournent à l'Institut, bénéficiant de l'écosystème de recherche de l'Institut Péricimètre en même temps qu'ils l'enrichissent.

CHERCHEURS DE PREMIER CYCLE

Dans le cadre de ce programme, des étudiants prometteurs de 1er cycle réalisent des projets de recherche avec des postdoctorants de l'Institut Péricimètre. Cette expérience est précieuse pour tous les participants : expérience de mentorat pour les postdoctorants, et expérience d'apprentissage sans égale pour les étudiants de 1er cycle. C'est aussi pour l'Institut un moyen de recrutement. (À titre d'exemple, **Emily Adlam** a d'abord passé un été à l'Institut à titre d'étudiante de 1er cycle, puis y est revenue comme étudiante de maîtrise dans le cadre du programme PSI.)

RÉUNIONS DE CHERCHEURS



QUELQUES STATISTIQUES

En **2012/13**, l'Institut Péricône a...

- tenu **10** conférences et ateliers ciblés et opportuns, auxquels ont participé près de **700** scientifiques du monde entier;
- organisé **6** conférences et ateliers tenus à l'Institut et en a parrainé **10**
- présenté **301** exposés scientifiques, tous accessibles en ligne à www.pirsa.org

CONFÉRENCES, ATELIERS ET ÉCOLES D'ÉTÉ

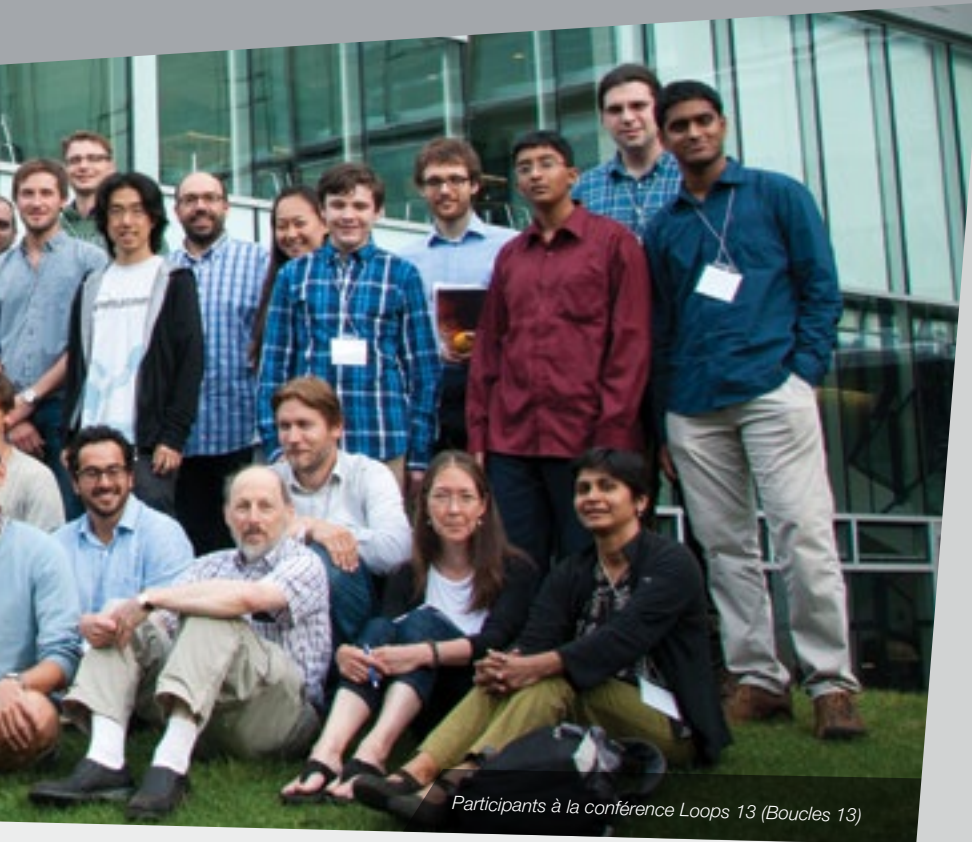
Les percées scientifiques sont rarement le fait d'une personne isolée. Beaucoup plus souvent, elles surviennent lorsque plusieurs esprits brillants, dont chacun aborde un problème difficile sous un angle différent, se rassemblent et collaborent entre eux. Aux conférences et rencontres scientifiques de l'Institut Péricône – où des chercheurs du monde entier discutent, débattent et explorent des idées inattendues –, le tout est plus grand que la somme des parties.

Rien ne peut remplacer l'intensité et les interactions humaines inattendues propres aux rencontres scientifiques. Grâce à sa souplesse, l'Institut Péricône peut repérer et exploiter rapidement de nouveaux domaines prometteurs. L'Institut est souvent le premier au monde à organiser une conférence dans un domaine émergent ou sur une nouvelle découverte.

En 2012-2013, l'Institut a tenu 10 conférences et ateliers, auxquels ont participé près de 700 scientifiques du monde entier. En choisissant de manière stratégique et opportune les sujets abordés, l'Institut vise à accélérer le progrès scientifique et à agir comme une importante plaque tournante de la recherche de pointe.



Tous les exposés et cours donnés à l'Institut Péricône sont accessibles sans frais à la communauté scientifique élargie dans PIRSA, le site d'archivage vidéo en ligne de l'Institut Péricône (www.pirsa.org).



Participants à la conférence Loops 13 (Boucles 13)

LA CONFÉRENCE EMERGENCE AND ENTANGLEMENT II (ÉMERGENCE ET INTRICATION II)

Au printemps 2013, 40 brillants physiciens ont convergé du monde entier à l'Institut Périmètre pour élucider la nature de la matière – plus précisément la matière *quantique*.

L'étude de la matière quantique – qui manifeste des propriétés quantiques non pas à l'échelle minuscule des particules individuelles, mais à l'échelle macroscopique de notre quotidien – constitue l'un des domaines de la physique contemporaine les plus dynamiques et porteurs de transformations potentielles. Alors que la plupart des états de la matière sont décrits par l'agencement de leurs atomes ou de leurs électrons, les états quantiques de la matière sont décrits par l'agencement de leurs propriétés quantiques, en particulier l'intrication. C'est un peu comme si l'on décrivait une ville non pas à l'aide d'un plan de ses rues, mais plutôt à partir des idées échangées par ses citoyens au cours de conversations téléphoniques.

Le groupe international d'experts qui s'est réuni pendant cinq jours à l'Institut Périmètre a discuté de nouvelles approches mathématiques permettant de comprendre et de décrire les états exotiques de la matière quantique. Comme toute bonne suite, la conférence de 2013 a poursuivi là où la première conférence sur le même thème avait abouti en 2010. Les conférenciers et panélistes (dont huit titulaires de chaire de chercheur invité distingué de l'Institut Périmètre – l'un des rassemblements les plus importants de ces éminents scientifiques) ont présenté des points de vue de la théorie des cordes, de la matière condensée, de l'information quantique et de la physique informatique, chacun apportant de nouvelles idées importantes sur la nature de la matière quantique.

COLLOQUES ET SÉMINAIRES

L'Institut Périmètre offre un environnement stimulant pour l'échange de connaissances, avec 257 séminaires et 44 colloques au cours de la dernière année. Des exposés ont été présentés par certains des scientifiques les plus éminents de la planète, dont les titulaires de chaire de chercheur invité distingué **Ganapathy Baskaran**, **Ted Jacobson**, **Renate Loll**, **Subir Sachdev**, **Paul Steinhardt**, **Steven White** et **Mark Wise**.

ARCHIVES EN LIGNE DE L'INSTITUT PÉRIMÈTRE

La vidéothèque de l'Institut Périmètre, que l'on peut consulter et citer sans frais, contient plus de 6700 séminaires, conférences, ateliers et cours scientifiques, et a attiré l'an dernier plus de 80 000 visiteurs distincts de 170 pays. Ce système en ligne, accessible à l'adresse www.pirsa.org, a été mis au point par l'Institut afin de faciliter la diffusion des connaissances à la communauté scientifique internationale et est devenu une ressource importante dans le milieu de la physique théorique.

COLLABORATIONS

QUELQUES STATISTIQUES

En 2012/13 ...

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

PROGRAMME DE CHERCHEURS INVITÉS

La collaboration est souvent la clé de la découverte. C'est pourquoi l'Institut Périmètre accueille des scientifiques de premier plan de toutes les régions du monde. Pendant leur séjour à l'Institut, les chercheurs invités ont le temps et l'espace voulus, ainsi que des occasions d'assister à des conférences et à des exposés, d'échanger des idées et de mettre sur pied de nouvelles collaborations avec des collègues.

En 2012-2013, l'Institut Périmètre a accueilli 427 chercheurs invités qui ont enrichi son écosystème de recherche et sa production scientifique lors d'un total de 457 séjours scientifiques. Il a reçu la visite de 387 invités à court terme, de 15 titulaires de chaire de chercheur invité distingué et de 8 adjoints invités. De plus, 17 chercheurs invités ont fait de longs séjours à l'Institut Périmètre pendant des congés, par exemple des congés sabbatiques, accordés par leur établissement d'origine.

MEMBRES AFFILIÉS

Grâce à son programme de membres affiliés, l'Institut renforce ses relations avec plus de 25 centres de recherche de premier plan du Canada, tout en enrichissant son propre milieu de recherche. Des professeurs choisis dans des universités de toutes les régions du pays sont invités à faire des séjours réguliers, à participer à des rencontres de chercheurs et à collaborer avec des scientifiques résidants de l'Institut. En 2012-2013, l'Institut Périmètre a renouvelé le mandat de 12 membres affiliés, et au total 117 scientifiques ont participé à son programme de membres affiliés.

COLLABORATIONS ET PARTENARIATS

Les partenariats de l'Institut Périmètre avec d'autres instituts de premier ordre au Canada et à l'étranger lui procurent des occasions de collaboration et de formation, lui permettant d'agir comme une plaque tournante de la recherche à l'échelle mondiale. L'Institut a conclu trois nouveaux partenariats et a renouvelé les accords existants avec le Laboratoire TRIUMF, centre national canadien de recherche en physique corpusculaire et nucléaire, et avec le Centre de cosmologie théorique (CTC) de l'Université de Cambridge.

NOUVEAUX PARTENARIATS

TRISEP

L'Institut Périmètre et les laboratoires canadiens TRIUMF et SNOLAB ont formé un partenariat pour organiser une nouvelle école d'été internationale sur des sujets de l'heure en physique des particules, à l'intention d'étudiants diplômés et de postdoctorants. La première École d'été tripartite sur les particules élémentaires (TRISEP) a eu lieu au Laboratoire TRIUMF en juillet 2013, avec des exposés et des ateliers donnés par des chefs de file de la physique des collisionneurs, des neutrinos, de la matière sombre et de la physique au-delà du modèle standard. D'autres éditions de cette École d'été auront lieu en 2014 et en 2015, respectivement au Laboratoire SNOLAB et à l'Institut Périmètre.

INSTITUT SCIENTIFIQUE WEIZMANN

À l'instar de l'Institut Périmètre, l'Institut scientifique Weizmann de Rehovot, en Israël, est un établissement de recherche pluridisciplinaire qui vise à améliorer notre compréhension de la nature. En 2013, les deux instituts ont signé une entente de trois ans pour faciliter les séjours de recherche et promouvoir la collaboration scientifique entre leurs chercheurs dans des domaines d'intérêt commun.

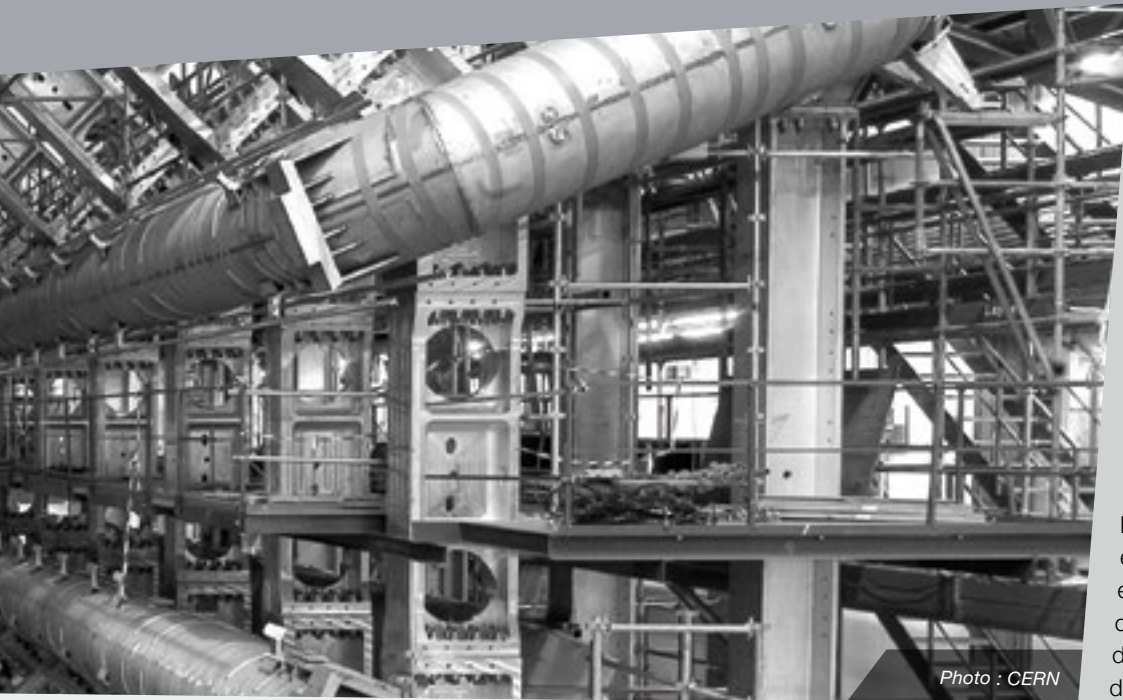


Photo : CERN

PARTICIPATION À LA QUANTUM VALLEY

L'informatique quantique progresse rapidement de la théorie à l'expérimentation, puis à la fabrication de composants et dispositifs prototypes. On croit maintenant généralement que les technologies quantiques transformeront la société autant que l'a fait la première vague d'ordinateurs classiques.

Des chercheurs de l'Institut Périmètre effectuent des travaux théoriques essentiels qui sous-tendent tout ce domaine, en étroite collaboration avec des expérimentateurs de l'Institut d'informatique quantique (IQC). Bon nombre des pionniers du domaine travaillent dans au moins l'un de ces deux centres. La communauté universitaire environnante (dont l'IQC, l'Institut de nanotechnologie de Waterloo et le Centre Quantum-Nano de l'Université de Waterloo), un ensemble dynamique d'entreprises en démarrage et la présence de capital de risque (dont la plus récente entreprise de Mike Lazaridis, Quantum Valley Investments) constituent un écosystème conçu pour la réalisation et la commercialisation d'avancées technologiques. Il y a donc de bonnes raisons de croire que la région de Waterloo possède l'infrastructure et les cerveaux voulus pour devenir la prochaine Silicon Valley – baptisée Quantum Valley.

L'Institut Périmètre contribue à la naissance de ce nouvel écosystème et travaille de manière stratégique avec ses partenaires, afin que cette rare occasion pour le Canada se concrétise. Par exemple, au cours de la dernière année, l'Institut a mis l'accent sur le recrutement de spécialistes du domaine quantique, comme **les professeurs Dmitry Abanin et Roger Melko, les titulaires de chaire de chercheur invité distingué Peter Shor, Steven White, Matthew Fisher, Duncan Haldane et Zhenghan Wang**, ainsi que de nombreux postdoctorants. L'Institut Périmètre collabore en outre régulièrement avec d'autres acteurs clés de la région de Waterloo, pour faire en sorte que le Canada demeure dans le peloton de tête de la course internationale au monde quantique.

ÉCOLE INTERNATIONALE SUPÉRIEURE D'ÉTUDES AVANCÉES (SISSA)

Située à Trieste, en Italie, l'École internationale supérieure d'études avancées (SISSA) est un centre d'excellence dont les principaux domaines de recherche sont la physique, les mathématiques et les neurosciences. L'Institut Périmètre et SISSA ont signé un accord pour faciliter les séjours scientifiques et promouvoir les collaborations entre chercheurs dans des domaines d'intérêt commun.

L'Institut Périmètre a en outre participé à d'autres partenariats, pour le plus grand bénéfice de la communauté internationale de la physique : LHC Search Strategies (Stratégies de recherche du LHC), atelier sur les données du grand collisionneur de hadrons; bourses africaines des instituts Fields et Périmètre, bourses d'un an offertes à des mathématiciens et scientifiques africains; Cosmological Frontiers in Fundamental Physics 2013 (Frontières cosmologiques en physique fondamentale), conférence organisée conjointement avec les Instituts internationaux Solvay de Bruxelles et le Laboratoire AstroParticule et Cosmologie (APC) de l'Université Paris 7.

Enfin, l'Institut Périmètre a accueilli plusieurs importantes conférences internationales en 2012-2013 et a organisé 10 ateliers et conférences en partenariat avec des organismes canadiens et étrangers.

RAYONNEMENT INTERNATIONAL

Par son programme de rayonnement international, l'Institut Périmètre partage ses compétences pour aider à la croissance de centres d'excellence scientifique dans le monde. Ce programme met actuellement l'accent sur l'initiative Next Einstein (le prochain Einstein) de l'Institut africain des sciences mathématiques (AIMS-NEI), projet panafricain mis sur pied en 2003 par Neil Turok, directeur de l'Institut Périmètre, pour établir un réseau de centres capables de dispenser une formation mathématique et scientifique avancée à des diplômés africains exceptionnels.

L'AIMS est devenu un réseau panafricain florissant. Son troisième centre a ouvert ses portes au Ghana en août 2012, suivi en 2013 de l'AIMS-Cameroun. Au cours de la dernière année, l'Institut Périmètre a contribué à ce succès en déléguant de ses scientifiques pour donner des cours dans des centres de l'AIMS, en apportant son soutien à la gestion et à l'obtention de fonds, de même qu'en contribuant à l'établissement de partenariats internationaux.

DIFFUSION DES CONNAISSANCES

« La science et la compréhension de notre place dans l'univers ont un aspect inspirant qui enrichit la société, les beaux-arts, la musique, la littérature et tout le reste. La science devient à son tour plus créative et fructueuse lorsqu'elle est mise au défi d'expliquer ce qu'elle fait et pourquoi, et lorsque les scientifiques apprécient mieux l'importance de leur travail pour la société dans son ensemble. » [traduction]

– Neil Turok,

The Universe Within: From Quantum to Cosmos
(L'univers vu de l'intérieur : du quantum au cosmos)



La science mérite d'être connue des gens dont elle transformera la vie. En faisant connaître les merveilles et la passion de la physique, l'Institut Périmètre vise à inspirer la prochaine génération de chercheurs scientifiques et à informer le public à propos du rôle transformateur que la physique continue de jouer dans notre société.

La diffusion des connaissances est au cœur de la mission de l'Institut Périmètre. Celui-ci a mis au point toute une série d'outils pédagogiques et de programmes afin de susciter la passion de la physique chez les élèves, les enseignants et le grand public. À ce jour, plus de deux millions d'élèves ont bénéficié des programmes primés de diffusion des connaissances de l'Institut Périmètre.

En faisant connaître et apprécier la physique chez les jeunes, nous investissons dans un avenir meilleur et plus prospère.

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

L'École d'été internationale pour jeunes physiciens et physiciennes (ISSYP) amène chaque été à l'Institut Périmètre des élèves exceptionnels du secondaire, pour deux semaines intenses consacrées à la physique. Cette année, l'Institut a accueilli 40 élèves provenant de 12 pays, qui se sont instruits sur la physique moderne, ont rencontré des scientifiques, ont visité des laboratoires de recherche et ont forgé des amitiés durables. Plus de 500 élèves provenant de 44 pays ont participé à l'ISSYP depuis sa création, et plus de 70 % des anciens ont dit que l'ISSYP les a amenés à poursuivre une carrière en mathématiques ou en sciences.

En 2012-2013, l'ISSYP a bénéficié du généreux soutien de la Fondation RBC.



Neil Turok prononce une conférence Massey à Toronto.
Photo : Jens Langen

« J'ai fait de la place dans mon esprit pour tout absorber et j'ai adoré chaque seconde de cette expérience. Je suis sortie de là complètement différente de ce que j'étais avant le début de cette école d'été. » [traduction]

– Lerato Mannyra, 17 ans, de l'Afrique du Sud, participante à l'ISSYP en 2013

« L'ISSYP m'a donné une perspective entièrement nouvelle sur la physique. Ce fut une expérience magnifique à tous points de vue. » [traduction]

– Rebecca Bauer, 17 ans, des États-Unis, participante à l'ISSYP en 2013

LES CONFÉRENCES MASSEY

Neil Turok, directeur de l'Institut Péricimètre, a communiqué le pouvoir inspirant de la science en prononçant les prestigieuses conférences Massey d'un bout à l'autre du Canada. Plus d'un million de Canadiens ont écouté les cinq conférences de M. Turok, présentées conjointement par la radio anglaise de Radio-Canada, la maison d'édition House of Anansi Press et le Collège Massey. Le livre tiré de ces conférences, *The Universe Within: From Quantum to Cosmos* (L'univers vu de l'intérieur : du quantum au cosmos), est devenu un bestseller canadien et a valu à Neil Turok le prix Lane-Anderson 2013 pour l'excellence en rédaction scientifique au Canada.

L'équipe de diffusion des connaissances de l'Institut Péricimètre s'est déplacée dans chacune des villes de la tournée – St. John's, Montréal, Toronto, Calgary et Vancouver – avant les conférences de Neil Turok, pour intéresser les élèves aux sciences liées à ces conférences.



Des enseignants de Singapour s'initient aux outils pédagogiques de l'Institut PÉRIMÈTRE.

LA SCIENCE EN TOURNÉE : *PHYSICA PHANTASTICA ET GOPHYSICS! (VIVE LA PHYSIQUE!)*

Cette année, des membres du réseau des enseignants de l'Institut PÉRIMÈTRE et des scientifiques de l'équipe de diffusion des connaissances de l'Institut ont tenu cinq ateliers *GoPhysics! (Vive la physique!)* d'une journée pour des élèves exceptionnels du secondaire au Canada, leur donnant un aperçu de l'expérience de l'ISSYP.

Plus de 2200 élèves de la 7^e à la 12^e année – et plus de 200 personnes du grand public – ont assisté aux exposés *Physica Phantastica* de l'Institut PÉRIMÈTRE, qui montrent les liens entre la science fondamentale et les technologies de pointe qu'elle rend possible.

PARTICIPATION DES AUTOCHTONES

Plus de 1500 jeunes Autochtones dans des dizaines de collectivités rurales et isolées ont pris contact avec des ressources pédagogiques de l'Institut PÉRIMÈTRE en 2012-2013. Le personnel de diffusion des connaissances a formé des membres d'organismes partenaires, qui ont transmis ce contenu à des élèves autochtones partout au Canada, dans le cadre de leurs propres activités. L'Institut PÉRIMÈTRE collabore étroitement depuis près de deux ans avec Actua – principal organisme canadien de diffusion des connaissances en sciences, technologie, génie et mathématiques (STGM) auprès des jeunes, et en particulier des Autochtones. L'Institut a également formé des membres de la Coalition pour l'éducation des Autochtones, afin d'inspirer encore davantage de jeunes à poursuivre des études et une carrière en sciences.

RESSOURCES PÉDAGOGIQUES

L'Institut PÉRIMÈTRE cherche à instruire et à inspirer la prochaine génération de chercheurs, avec des ressources pédagogiques qui visent à initier les élèves du secondaire à la physique. Ces trousseaux interactives ont touché plus de deux millions d'élèves à ce jour et ont suscité des réactions franchement positives de la part des enseignants comme des élèves.

Cette année, l'équipe de diffusion des connaissances de l'Institut PÉRIMÈTRE a terminé un nouveau module *Explorations*, intitulé *Destination carrière : les compétences pour réussir*. Créé avec le soutien de l'Agence fédérale de développement économique pour le Sud de l'Ontario (FedDev Ontario), ce nouveau module est conçu pour faire connaître aux élèves les possibilités de carrière en STGM et à leur montrer le pouvoir de la créativité, de la pensée critique et de l'esprit d'entreprise.

RÉSEAU DES ENSEIGNANTS DE L'INSTITUT PÉRIMÈTRE

Plus de 60 enseignants de toutes les régions de l'Ontario et du reste du Canada constituent le réseau des enseignants de l'Institut PÉRIMÈTRE et sont formés à faire connaître les ressources de l'Institut à leurs collègues. La plupart sont d'anciens participants à l'atelier pour enseignants *EinsteinPlus*, atelier estival d'une semaine destiné aux enseignants du secondaire, qui facilite les échanges entre pairs et permet de mettre en commun des stratégies d'enseignement de la physique moderne. Cette année, les membres du réseau ont animé 50 ateliers dans leurs régions respectives, permettant aux ressources de l'Institut d'atteindre quelque 65 000 élèves du secondaire au Canada.

« L'atelier de l'Institut Périmètre auquel j'ai participé est tout simplement la meilleure activité de perfectionnement professionnel que j'aie eu de toute ma carrière. Merci d'avoir remis en question, clarifié et énergisé mes méthodes d'enseignement. » [traduction]

– Trevor Taylor, école secondaire West Park,
Conseil scolaire de Niagara

DIFFUSION INTERNATIONALE

L'Institut Périmètre souhaite diffuser ses ressources auprès des jeunes partout dans le monde. Au cours de la dernière année, l'équipe de diffusion des connaissances est allée à Singapour – pays qui se classe déjà parmi les premiers au monde en mathématiques et en sciences – pour former 100 enseignants à l'utilisation d'un ensemble important de modules. Ces enseignants ont transmis leur formation et ces ressources à des collègues, donnant ainsi naissance à un réseau d'enseignants formés par l'Institut Périmètre dans l'ensemble du pays.

AU-DELÀ DU TABLEAU NOIR : LA SCIENCE POUR TOUS

Benjamin Franklin a écrit : « L'investissement dans le savoir est celui qui rapporte le plus d'intérêts. » [traduction]. L'Institut Périmètre repose sur la conviction que la recherche scientifique pure, mue par la curiosité, bénéficie à tous. C'est pourquoi l'Institut tient à faire connaître ses recherches et ses réalisations au public qui les appuie et qui en bénéficie.

L'Institut Périmètre amène la physique théorique au-delà des tableaux noirs, dans les pubs et les salons, au moyen de festivals et d'autres activités conçues pour intéresser et fasciner le grand public.

PRÉSENCE DANS LES MÉDIAS

L'Institut Périmètre diffuse activement les merveilles et les découvertes de la physique théorique dans des médias importants. En 2012-2013, l'Institut a fait l'objet d'une importante couverture dans des médias canadiens et étrangers, entre autres *The Globe and Mail*, le *Toronto Star*, le *National Post*, le *Calgary Herald*, le *Vancouver Sun*, le *Huffington Post*, *Maclean's*, *The Walrus*, CBC, CTV, *The Economist*, *Nature*, *Time*, *Physics Today*, *Popular Mechanics* et *Wired UK*.





Penelope Boston, Ph.D., donne une conférence publique.



PARLONS SCIENCE : LES CONFÉRENCES PUBLIQUES DE L'INSTITUT PÉRIMÈTRE

Six cents billets s'envolent immédiatement chaque fois que l'Institut Péricètre annonce une autre de ses fameuses conférences publiques, présentées par la Financière Sun Life. Au cours de l'année dernière, l'Institut Péricètre a organisé 10 de ces conférences accessibles, gratuites et intéressantes sur une variété de sujets scientifiques. Deux de ces conférences, celles de Neil Turok et de Lee Smolin, ont été données à l'Institut et diffusées simultanément en ligne. Dans d'autres exposés marquants, Paul Steinhardt a fait vivre au public sa recherche épique et sa découverte du premier quasi-cristal naturel au monde, et la populaire auteure scientifique Jennifer Ouellette a montré comment l'analyse mathématique a des applications nombreuses et parfois inattendues. Toutes les conférences sont enregistrées de manière professionnelle, puis accessibles en ligne dans le site Web de l'Institut Péricètre et le site *iTunes University*.

LE PARTENARIAT WGSII (WATERLOO GLOBAL SCIENCE INITIATIVE)

WGSII est un partenariat sans but lucratif, financé de manière indépendante, mis sur pied par l'Institut Péricètre et l'Université de Waterloo. Tous les deux ans, WGSII favorise des collaborations internationales, multigénérationnelles et pluridisciplinaires en vue d'un avenir meilleur et plus prospère.

Pendant toute l'année 2012, l'équipe de WGSII a poursuivi les importantes activités de suivi de la conférence inaugurale intitulée *Equinox Summit: Energy 2030* (Sommet Equinox : Énergie 2030), tenue avec succès en 2011, et a travaillé à l'organisation du sommet de l'automne 2013 sur le thème d'une réforme efficace de l'enseignement secondaire.



ISSYP 2013 poster session

TORQ : LE RYTHME DU TEMPS

La recherche d'une théorie unifiée de l'espace et du temps a réuni à l'Institut Péricimètre des dizaines de scientifiques pour la conférence intitulée *Loops 13* (Boucles 13).

Le temps d'une soirée, ils ont mis de côté leurs équations et formules pour vivre une expérience plus viscérale du temps : un concert de percussions aux rythmes complexes.

Venu de Toronto, le quatuor de percussionnistes TorQ a exécuté *A Shift in Time* (Le temps décalé), concert éclectique qui a amené l'auditoire d'experts de la gravitation quantique dans un monde inexploré de nouveaux sons et de mesures complexes, accompagnés d'un brin de folie rafraîchissant.

« Il se trouve que notre thème du temps décalé se mariait très bien avec cette conférence », a déclaré Jamie Drake, membre de TorQ.

« Nos perceptions du temps – comment il accélère, ralentit, si tant est qu'il existe vraiment – jouent un rôle important en musique, en particulier pour des percussionnistes, que l'on qualifie de gardiens du temps. » [traduction]

Le concert a constitué un salubre changement de rythme pour les participants à *Loops 13* (Boucles 13), qui ont passé toute la semaine à chercher à unifier les deux grands piliers de la physique moderne : la relativité générale et la mécanique quantique.

L'un des scientifiques, **Simone Speziale, ancien postdoctorant à l'Institut Péricimètre**, a même agi à la demande du quatuor TorQ comme chef invité, déclenchant des improvisations par des mouvements de son corps.

Ce fut une soirée de musique inspirante pour l'auditoire, et un concert hors-série exceptionnel pour le quatuor de percussionnistes TorQ.

« C'était bien la première fois que nous jouions dans un institut de physique théorique, a ajouté Jamie Drake. Le bâtiment est riche d'une grande énergie. C'est vraiment palpitant de jouer ici. » [traduction]

ACTIVITÉS CULTURELLES

Des manifestations culturelles complètent les activités de recherche et de diffusion des connaissances de l'Institut, tout en établissant des liens avec la collectivité en général. Financées par la vente de billets et le soutien du secteur privé, ces manifestations visent à stimuler et à charmer le public. Les concerts de cette année ont mis en vedette des solistes et formations renommés, dont la violoniste Karen Gomyo, la violoncelliste Alisa Weilerstein, le guitariste Milos Karadaglic, le quatuor JACK et le quatuor de percussionnistes TorQ.

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



DÉVELOPPEMENT DE L'INSTITUT PÉRIMÈTRE

« Avec l'Institut Péricètre, je sais que j'appuie la science fondamentale. J'ai décidé de soutenir l'Institut Péricètre parce que je me suis rendu compte de ceci : nous savons qu'il y aura des percées, mais nous ignorons où et quand, et comment elles se manifesteront. Ce n'est pas nécessaire d'être millionnaire pour faire un don à l'Institut. Nous avons tous intérêt à ce que l'avenir soit meilleur, et je crois que l'Institut Péricètre constituera un héritage durable pour le Canada si nous l'appuyons maintenant. »
[traduction]

– Dorian Hausman, informaticien et chef d'entreprise à la retraite, donateur de l'Institut Péricètre

La science a pour but le bien de la société, que ce soit par des progrès en médecine ou en technologie de l'information, ou par la recherche d'une meilleure compréhension de l'univers dans lequel nous vivons.

Il n'est donc pas surprenant que la qualité de la science aille de pair avec la qualité de la société qui la soutient.

L'Institut Péricètre est le pur produit d'une culture qui met en valeur la curiosité, le pouvoir éclairant de la méthode scientifique et le désir de construire un monde meilleur et plus prospère pour les générations futures.

L'Institut Péricètre doit son existence à la perspicacité de ses bailleurs de fonds – fondateurs philanthropes, organismes gouvernementaux et donateurs individuels –, qui ont perçu ce qui est possible lorsque de brillants esprits s'attaquent aux questions les plus difficiles.

À titre de partenariat public-privé et d'organisme de bienfaisance reconnu, l'Institut Péricètre est financé par une combinaison de subventions gouvernementales et de dons d'individus, d'entreprises et de fondations. Ses bailleurs de fonds savent que le meilleur investissement que nous puissions faire est dans notre propre capacité de questionner, d'expliquer et de comprendre.

CONSEIL D'ORIENTATION DE L'INSTITUT PÉRIMÈTRE

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

Ce groupe exceptionnel de bénévoles contribue à la croissance stratégique et internationale de l'Institut.

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

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

Cosimo Fiorenza

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

Jon S. Dellandrea, C.M.

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

Alexandra (Alex) Brown

Présidente, Aprilage inc.

David Caputo

Cofondateur et président-directeur général, Sandvine

Savvas Chamberlain, C.M.

Directeur général et président du conseil, Exel Research inc.

Jim Cooper

Président-directeur général, Maplesoft

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

Présidente, C.A. Delaney Capital Management Ltd.



Arlene Dickinson

Directrice générale, Venture Communications Ltd.

Ginny Dybenko

Directrice générale, campus de Stratford, Université de Waterloo

H. Garfield Emerson, c.r.

Directeur, Emerson Advisory

Edward S. Goldenberg

Associé, cabinet d'avocats Bennett Jones

Tim Jackson

Vice-président, Relations universitaires, Université de Waterloo

Tom Jenkins

Président, OpenText Corporation

Farsad Kiani

Président-directeur général, Groupe Ensil

Carol A. Lee

Cofondatrice et directrice générale, Linacare Cosmethery inc.

Michael Lee-Chin, O.J.

Président-directeur général, Portland Investment Counsel inc.

Gerry Remers

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

Bruce M. Rothney, C.A.

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

Maureen J. Sabia, O.C.

Présidente du conseil d'administration, Société Canadian Tire Itée

Kevin Shea

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

UNE TRADITION FAMILIALE

Mon grand-père est professeur de physique dans ma ville natale, en Chine. Lorsque j'étais enfant, j'étais fasciné par ses étagères pleines de livres de physique.

Je me rappelle que l'un de mes enseignants, qui connaissait mon grand-père de réputation, m'a demandé d'expliquer la leçon du jour devant la classe. J'en suis venu à parler de physique à tous mes camarades de classe et à leur montrer pourquoi cela m'intéressait. Depuis lors, l'enseignement a toujours été une passion, et la possibilité de travailler avec une équipe de diffusion des connaissances pour faire découvrir la recherche au public est l'un des motifs qui m'ont amené à rester à l'Institut Périmètre.

Mais la raison principale est la chance unique de côtoyer tant de gens de grande valeur. Certains des plus grands scientifiques du monde travaillent ici. Je peux obtenir une réponse à pratiquement n'importe quelle question, et les gens sont vraiment contents de pouvoir donner un coup de main. C'est un endroit tout à fait exceptionnel, et je suis heureux d'être ici.

– Yangang Chen

Yangang Chen est diplômé du programme PSI (Perimeter Scholars International – Boursiers internationaux de l'Institut Périmètre) de 2013. Il a pu participer au programme PSI grâce au généreux soutien de Brad et Kathy Marsland, ainsi que de Margaret et Larry Marsland. Maintenant candidat au doctorat, il travaille avec le professeur Guifre Vidal sur des sujets qui se situent à la rencontre de la physique de la matière condensée et de l'information quantique.

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

La planification financière, la comptabilité et la stratégie d'investissement relèvent du comité de gestion des investissements ainsi que du comité des finances et de l'audit. Le conseil d'administration forme également d'autres comités, selon les besoins, pour l'aider à exercer ses fonctions. Relevant du conseil d'administration, le directeur de l'Institut Périphère est un scientifique éminent chargé d'établir et de mettre en œuvre l'orientation stratégique globale de l'Institut. Le directeur de l'exploitation est responsable du fonctionnement quotidien de l'établissement et relève du directeur. Il est secondé dans sa tâche par une équipe de cadres administratifs.

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

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

MEMBRES DU CONSEIL D'ADMINISTRATION

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

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

M. Lazaridis est le fondateur et président du conseil d'administration de l'Institut Périphère, 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 Périphère et plus de 100 millions de dollars à l'IQC.

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

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

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

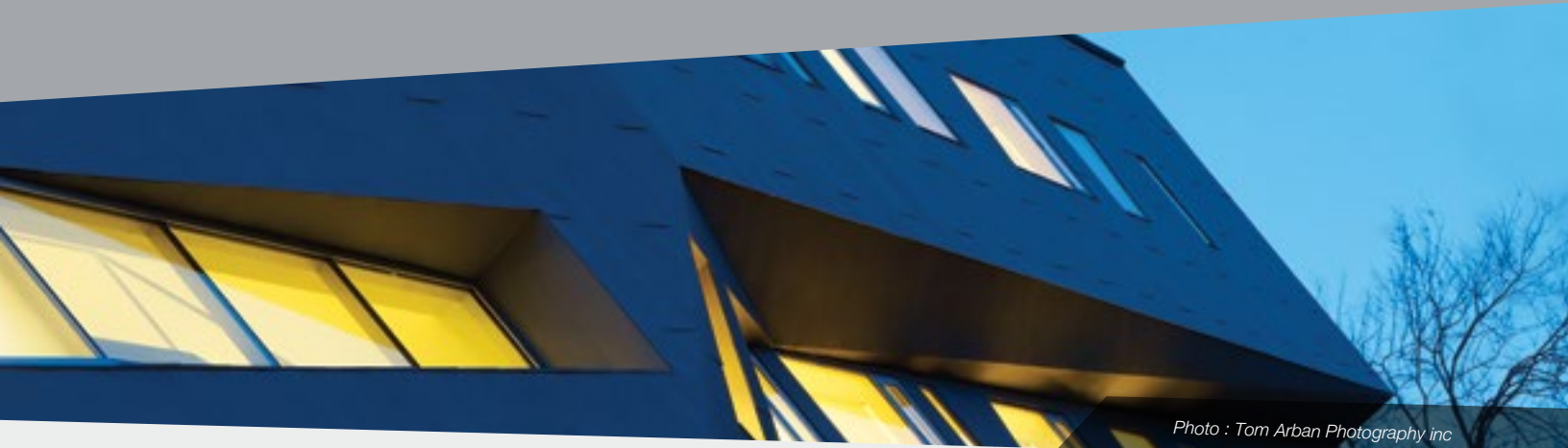


Photo : Tom Arban Photography inc

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

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

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

Steve MacLean était jusqu'à récemment président de l'Agence spatiale canadienne (ASC). Physicien de formation, il a été sélectionné en 1983 pour faire partie du groupe des six premiers astronautes canadiens. Il a participé à une mission de la navette spatiale Columbia (1992), puis à une mission de la navette Atlantis (2006) vers la Station spatiale internationale. En plus d'avoir acquis une vaste expérience à

l'ASC, à la NASA et dans le cadre des activités de la Station spatiale internationale, il est un ardent promoteur de la culture scientifique et de l'enseignement aux enfants.

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

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

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

MEMBRES DU COMITÉ CONSULTATIF SCIENTIFIQUE

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

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

Matthew Fisher, Institut Kavli de physique théorique de l'Université de la Californie à Santa Barbara (membre depuis 2009)

M. Fisher est un théoricien de la matière condensée. Il a travaillé sur les systèmes fortement corrélés, en particulier les systèmes à dimensionnalité réduite, les isolateurs de Mott, le magnétisme quantique et l'effet Hall quantique. Aux États-Unis, il a reçu le prix Alan-T. Waterman de la Fondation nationale des sciences en 1995, puis le prix des initiatives de recherche de l'Académie nationale des sciences en 1997. Il a été élu membre de l'Académie américaine des arts et des sciences en 2003 et de l'Académie nationale des États-Unis en 2012. Il a été nommé en 2013 titulaire d'une chaire de chercheur invité distingué de l'Institut PÉRIMÈTRE. Matthew Fisher a plus de 160 publications à son actif.

Brian Greene, Université Columbia (membre depuis 2010)

M. Greene est professeur de mathématiques et physique à l'Université Columbia, où il est codirecteur de l'Institut des cordes, de cosmologie et de physique des astroparticules (ISCAP). Il a fait des découvertes majeures en théorie des supercordes, explorant les conséquences physiques et les propriétés mathématiques des dimensions supplémentaires postulées par la théorie. Ses recherches actuelles mettent l'accent sur la cosmologie des cordes, où il cherche à comprendre la physique des premiers moments de l'univers. Brian Greene est bien connu pour son travail de communication de la physique théorique au grand public. Parmi les livres qu'il a publiés,

mentionnons : *The Elegant Universe* (traduit en français sous le titre *L'univers élégant*), vendu à plus d'un million d'exemplaires dans le monde; *The Fabric of the Cosmos* (traduit en français sous le titre *La magie du cosmos*), qui est demeuré pendant six mois dans la liste des bestsellers du New York Times; *The Hidden Reality* (traduit en français sous le titre *La réalité cachée*), qui a pris dès sa parution la 4^e place dans la liste des bestsellers du *New York Times*. Trois émissions spéciales de la série télévisée NOVA, réalisées à partir de *The Elegant Universe*, ont remporté à la fois un prix Emmy et un prix Peabody.

Erik Peter Verlinde, Institut de physique théorique de l'Université d'Amsterdam (membre depuis 2010)

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

Birgitta Whaley, Centre d'informatique quantique de l'Université de la Californie à Berkeley (membre depuis 2010)

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

INSTALLATIONS



Photo : Tom Arban Photography inc.

CONÇU POUR LA DÉCOUVERTE

Le bâtiment emblématique et primé de l'Institut Péricimètre est une installation moderne conçue spécifiquement pour inspirer une réflexion profonde, encourager la discussion et maximiser la productivité de la recherche.

Il y a des tableaux partout. Ces supports de collaboration sont perpétuellement couverts du langage de la physique théorique – équations, formules et diagrammes qui décrivent tout, des particules subatomiques à l'immensité de l'univers lui-même. Des coins et recoins paisibles et confortables sont propices à la contemplation; une infrastructure à la fine pointe de la technologie de l'information et une bibliothèque de deux étages donnent accès à une mine de connaissances en physique; et le bistro *Black Hole* est un lieu vivant qui permet de nourrir le corps et l'esprit.

LE CENTRE STEPHEN-HAWKING DE L'INSTITUT PÉRICIMÈTRE

Le spectaculaire Centre Stephen-Hawking de l'Institut Péricimètre – inauguré avec la participation de Stephen Hawking lui-même et où il fait des séjours prolongés de recherche – a ouvert ses portes en 2011. Grâce à cet agrandissement de quelque 5000 mètres carrés, l'Institut peut accueillir jusqu'à 250 chercheurs et étudiants, ce qui en fait le plus grand centre de recherche en physique théorique au monde.

Le gouvernement du Canada (par l'intermédiaire de la Fondation canadienne pour l'innovation) et le ministère de la Recherche et de l'Innovation de l'Ontario ont versé une contribution totale de 20,8 millions de dollars pour cet agrandissement. Le reste du financement est venu de fonds privés recueillis par l'Institut.

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

L'Institut Péricimètre est une brillante réussite sur les plans formel et fonctionnel, conçue sur mesure pour inspirer de grandes idées.

RÉSULTATS DES ACTIVITÉS

L'Institut Péricètre a conclu son exercice 2012-2013 dans une position financière solide, en bonne voie de réaliser son ambitieux plan de croissance et d'atteindre ses objectifs à long terme.

L'Institut a continué d'investir de manière stratégique en vue de sa mission centrale, en accordant une grande priorité au recrutement de chercheurs. Conformément à son plan de croissance, ses charges dans ce domaine ont augmenté de plus de 8 %. Le recrutement stratégique demeurera au cours des prochaines années une priorité de l'Institut, qui continue de rassembler une masse critique de chercheurs.

Les programmes de formation à la recherche ont également poursuivi leur croissance, conformément aux plans établis. Le programme de maîtrise PSI (Perimeter Scholars International – Boursiers internationaux de l'Institut Péricètre), offert en collaboration avec l'Université de Waterloo, et le programme de doctorat de l'Institut (en partenariat avec un certain nombre d'universités ontariennes) ont attiré un nombre croissant de diplômés talentueux de toutes les régions du monde. Les charges pour les programmes de formation ont augmenté de 8 %, donnant plus d'ampleur à des programmes innovateurs qui, en plus de former la prochaine génération de physiciens de premier plan, procurent aussi à l'écosystème élargi de l'innovation des personnes créatives capables de résoudre des problèmes difficiles.

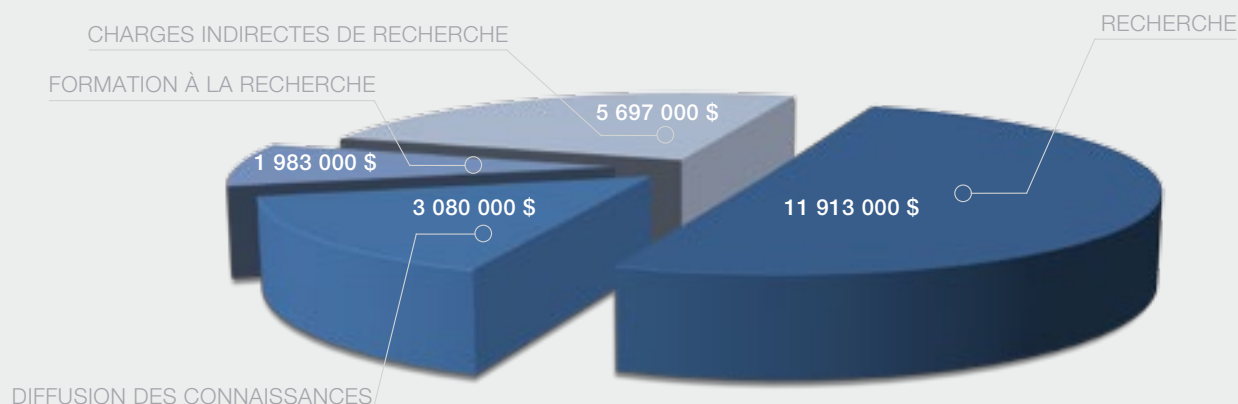
La diffusion des connaissances est demeurée un élément important de la mission de l'Institut Péricètre en 2012-2013. L'Institut a continué d'investir de manière stratégique plus de 13 % de ses charges annuelles dans des programmes et produits inspirants destinés aux élèves, aux enseignants et au grand public.

Les charges indirectes de recherche et de fonctionnement comprennent les coûts des activités centrales de soutien, notamment l'administration, la technologie de l'information et les installations. Ces charges sont demeurées au même niveau que l'année précédente, ce qui a permis à l'Institut de concentrer ses investissements sur sa mission centrale de recherche, de formation et de diffusion des connaissances. Les activités de promotion de l'Institut – dont les coûts sont également inclus dans les charges indirectes de recherche et de fonctionnement – ont continué d'alimenter avec succès le modèle de financement public-privé de l'Institut Péricètre.

L'Institut Péricètre a terminé son exercice 2012-2013 avec un excédent des produits sur les charges supérieur à ce qu'il avait été l'année précédente. Cela résulte du moment de la réception de certains fonds gouvernementaux qui avaient été engagés et d'un rendement de plus de 13 % des investissements, ce qui améliorera la solidité financière à long terme de l'Institut.

SOMMAIRE DES CHARGES DE FONCTIONNEMENT

Pour l'exercice terminé le 31 juillet 2013



SITUATION FINANCIÈRE

L'Institut Péricône continue de jouir d'un fonds de roulement solide. Cela lui donne la souplesse voulue pour réagir aux possibilités de recherches qui peuvent se présenter.

Le fonds de dotation sert à accumuler des fonds privés afin de répondre aux besoins futurs de l'Institut. Ce fonds de 233 millions de dollars comprend des titres canadiens, des titres étrangers, des titres à revenu fixe et d'autres investissements spécifiques conformes aux objectifs de l'Institut en matière de risque et de rendement.

RISQUES ET INCERTITUDES

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

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

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

L'Institut cherche en outre à augmenter ses sources de financement du secteur privé au moyen d'une ambitieuse campagne de financement, afin d'obtenir davantage de fonds annuels d'exploitation, ainsi que d'augmenter son fonds de dotation au cours des années à venir.

Selon les désirs des donateurs, les sommes provenant du secteur privé servent à assumer des charges d'exploitation ou sont placées dans un fonds de dotation. Celui-ci est conçu pour maximiser la croissance et réduire le plus possible les risques, afin de renforcer au maximum la santé financière à long terme de l'Institut. Le rendement des investissements est toutefois susceptible de varier et est assujéti à la situation économique. Sous la direction du comité de gestion des investissements, les fonds sont investis conformément aux politiques et procédures d'investissement approuvées par le conseil d'administration.



RAPPORT DES AUDITEURS INDÉPENDANTS SUR LES ÉTATS FINANCIERS RÉSUMÉS

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

Les états financiers résumés ci-joints, qui comprennent l'état résumé de la situation financière au 31 juillet 2013, 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 2013. Nous avons exprimé une opinion sans réserve sur ces états financiers dans notre rapport daté du 6 décembre 2013. 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 sans but 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 sans but 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 2013 constituent un résumé fidèle de ces états financiers, établi selon les normes comptables canadiennes pour les organismes sans but lucratif.

Zeifmans LLP

Toronto, Ontario
Le 6 décembre 2013

Comptables agréés
Experts-comptables autorisés

INSTITUT PÉRIMÈTRE
ÉTAT RÉSUMÉ DE LA SITUATION FINANCIÈRE
AU 31 JUILLET 2013

	<u>2013</u>	<u>2012</u>
ACTIF		
Actif à court terme :		
Trésorerie et équivalents	11 774 000 \$	1 697 000 \$
Valeurs négociables	232 514 000	211 417 000
Subventions gouvernementales à recevoir	2 321 000	4 294 000
Éléments d'actif destinés à la vente	---	1 235 000
Autre actif à court terme	<u>1 599 000</u>	<u>1 151 000</u>
	248 208 000	219 794 000
Immobilisations	<u>52 808 000</u>	<u>55 281 000</u>
TOTAL DE L'ACTIF	<u>301 016 000 \$</u>	<u>275 075 000 \$</u>
 PASSIF ET SOLDE DES FONDS		
Passif à court terme :		
Découvert bancaire	--- \$	732 000 \$
Dette bancaire	---	2 245 000
Comptes créditeurs et autre passif à court terme	<u>2 487 000</u>	<u>2 331 000</u>
TOTAL DU PASSIF	2 487 000 \$	5 308 000 \$
 Solde des fonds :		
Investis dans les immobilisations	52 319 000	56 495 000
Grevés d'affectations d'origine externe	126 801 000	105 589 000
Grevés d'affectations d'origine interne	78 840 000	78 840 000
Non grevés	<u>40 569 000</u>	<u>28 843 000</u>
SOLDE TOTAL DES FONDS	<u>298 529 000</u>	<u>269 767 000</u>
	<u>301 016 000 \$</u>	<u>275 075 000 \$</u>



INSTITUT PÉRIMÈTRE
ÉTAT RÉSUMÉ DES RÉSULTATS ET DU SOLDE DES FONDS
POUR L'EXERCICE TERMINÉ LE 31 JUILLET 2013

	<u>2013</u>	<u>2012</u>
Produits :		
Subventions gouvernementales	23 837 000 \$	14 412 000 \$
Autres produits	1 446 000	741 000
Dons	909 000	1 142 000
	<u>26 192 000</u>	<u>16 295 000</u>
Charges :		
Recherche	11 913 000	11 025 000
Formation à la recherche	1 983 000	1 838 000
Diffusion des connaissances et communications scientifiques	3 080 000	3 350 000
Charges indirectes de recherche et de fonctionnement	5 697 000	5 649 000
	<u>22 673 000</u>	<u>21 862 000</u>
Excédent des produits par rapport aux charges (des charges par rapport aux produits) avant produits de placement, amortissement et gain lors de la disposition d'immobilisations	3 519 000	(5 567 000)
Amortissement	(4 129 000)	(4 098 000)
Gain lors de la disposition d'immobilisations	771 000	8 000
Produits de placement	<u>28 601 000</u>	<u>7 645 000</u>
Excédent des produits par rapport aux charges (des charges par rapport aux produits)	28 762 000	(2 012 000)
Solde des fonds au début de l'exercice	269 767 000	271 779 000
Solde des fonds à la fin de l'exercice	<u>298 529 000 \$</u>	<u>269 767 000 \$</u>



PRIORITÉS ET OBJECTIFS POUR L'AVENIR



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

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

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

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

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

Constituer une plaque tournante d'un réseau mondial de centres de physique théorique et de mathématiques, en recherchant des occasions de partenariat et de collaboration qui peuvent contribuer à accélérer la mise sur pied de centres d'excellence en mathématiques et physique.

Renforcer le rôle de l'Institut comme centre de convergence pour la recherche en physique fondamentale au Canada, en continuant de développer des liens nationaux et internationaux, en tirant le meilleur parti possible des technologies de participation à distance de même qu'en favorisant les interactions entre ses professeurs et ses membres affiliés dans tout le pays.

Organiser des conférences, ateliers, cours et séminaires ciblés et opportuns sur des sujets à la fine pointe.

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

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

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

PROFESSEURS



Neil Turok (Ph.D., Collège impérial de Londres, 1983) a été professeur de physique à l'Université de Princeton et titulaire de la chaire de physique mathématique de l'Université de Cambridge avant de devenir directeur de l'Institut Périclète. Il est également titulaire de la chaire Mike-et-Ophelia-Lazaridis-Niels-Bohr de physique théorique de l'Institut Périclète. Les recherches de M. Turok mettent l'accent sur l'élaboration de théories fondamentales en cosmologie et de nouveaux tests d'observation. Ses prédictions concernant les corrélations entre la polarisation et la température du rayonnement fossile (ou fonds diffus cosmologique) et du rayonnement de fond produit par l'énergie sombre ont été confirmées. Avec Stephen Hawking, Neil Turok a découvert les solutions instanton qui décrivent la naissance d'univers inflationnaires. Ses travaux sur l'inflation ouverte constituent le fondement du modèle de « multivers » (ou multiunivers), qui fait maintenant l'objet de nombreuses discussions. Avec Paul Steinhardt, il a élaboré un nouveau modèle cosmologique cyclique, dont les prédictions concordent jusqu'à maintenant avec tous les tests d'observation. M. Turok a reçu de nombreuses distinctions, dont des bourses Sloan et Packard, de même que la médaille James-Clerk-Maxwell de l'Institut de physique du Royaume-Uni. Il est membre du programme *Cosmologie et gravité* de l'Institut canadien de recherches avancées (ICRA) et 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* (L'univers vu de l'intérieur), bestseller qui a valu à son auteur le prix Lane-Anderson 2013, prix de vulgarisation scientifique le plus important au Canada. Né en Afrique du Sud, M. Turok a fondé l'Institut africain de sciences mathématiques (AIMS) dans la ville du Cap en 2003. L'AIMS est depuis devenu un réseau de quatre centres – situés en Afrique du Sud, au Sénégal, au Ghana et au Cameroun – 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 Périclète en 2012, en provenance de l'Université Harvard, où il était boursier postdoctoral depuis 2011. Auparavant, il a été boursier de recherche au Centre des sciences théoriques de l'Université de Princeton de 2008 à 2011. C'est un jeune théoricien de premier ordre dans le domaine de la matière condensée. Ses recherches portent principalement sur l'élaboration d'une compréhension théorique des matériaux de Dirac, en mettant l'accent sur le transport quantique de charge et de spin, et sur la recherche de nouvelles manières de contrôler leurs propriétés électroniques. Certains de ses résultats théoriques ont été confirmés par des groupes d'expérimentateurs des universités Harvard et Columbia, de l'Université de Manchester, de l'Université de la Californie à Riverside, de l'Institut Max-Planck et d'autres établissements.



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 récemment formulé la théorie des « porcs-épics », nom qu'il a donné aux réseaux de détecteurs d'ondes gravitationnelles à basse fréquence, qui fonctionnent ensemble comme des télescopes pour la détection d'ondes gravitationnelles.



Freddy Cachazo (Ph.D., Université Harvard, 2002) est professeur à l'Institut Périclète depuis 2005. De 2002 à 2005, il a été membre de l'École de sciences naturelles de l'Institut d'études avancées de Princeton. M. Cachazo est l'un des plus grands experts mondiaux de l'étude et du calcul des amplitudes de diffusion en chromodynamique quantique (QCD) et dans les théories de Yang et Mills supersymétriques $N=4$. Il a reçu de nombreuses distinctions, dont une bourse de nouveau chercheur (2007), la médaille Gribov de la Société européenne de physique (2009), la médaille commémorative Rutherford de physique de la Société royale du Canada (2011) et la médaille Herzberg (2012).



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

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



Davide Gaiotto (Ph.D., Université de Princeton, 2004) est professeur à l'Institut Périclète depuis mai 2012 et est devenu depuis lors titulaire de la chaire Fondation-Krembil-Gallée de physique théorique de l'Institut Périclète. 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 (2012).



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



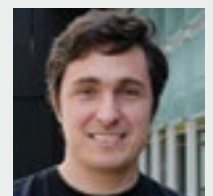
Daniel Gottesman (Ph.D., Institut de technologie de la Californie, 1997) est professeur à l'Institut Périclète depuis 2002. De 1997 à 2002, il a été postdoctorant au Laboratoire national de Los Alamos, à la division de la recherche de Microsoft et à l'Université de la Californie à Berkeley (à titre de boursier CMI à long terme de l'Institut de mathématiques Clay). M. Gottesman est l'auteur de contributions majeures qui continuent de façonner la recherche sur la théorie de l'information quantique, grâce à son travail sur la correction d'erreurs quantiques et la cryptographie quantique. Il a publié plus de 40 articles qui ont fait l'objet de plus de 4000 citations à ce jour. Daniel Gottesman est également membre du programme *Information quantique* de l'Institut canadien de recherches avancées (ICRA) et a été élu membre de la Société américaine de physique (APS).



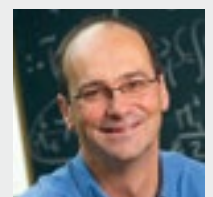
Lucien Hardy (Ph.D., Université de Durham, 1992) est devenu professeur à l'Institut Périclète en 2002, après avoir occupé des postes de chercheur et d'enseignant dans diverses universités européennes, dont l'Université d'Oxford, l'Université *La Sapienza* de Rome, l'Université de Durham, l'Université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

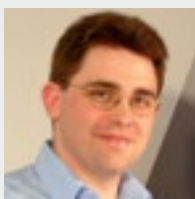


Luis Lehner (Ph.D., Université de Pittsburgh, 1998) est devenu professeur associé à l'Institut Périclète en 2009, dans le cadre d'une nomination conjointe avec l'Université de Guelph, puis professeur à plein temps à l'Institut Périclète en 2012. Auparavant, il a été postdoctorant à l'Université du Texas à Austin et à l'Université de la Colombie-Britannique, puis professeur à l'Université d'État de la Louisiane de 2002 à 2009. M. Lehner a reçu de nombreuses distinctions, dont le Prix d'honneur de l'Université nationale de Córdoba, en Argentine, une bourse de doctorat de la Fondation Mellon, le prix CGS/UMI pour une thèse exceptionnelle, de même que le prix Nicholas-Metropolis. Il a été boursier de l'Institut du Pacifique pour les sciences mathématiques (PIMS), boursier national de l'Institut canadien d'astrophysique théorique (ICAT), ainsi que récipiendaire d'une bourse de recherche Sloan. Luis Lehner est actuellement membre 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 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 Périclète en 2001. Il est l'auteur de contributions majeures à la compréhension des d-branes et de la microphysique des trous noirs. M. Myers a reçu de nombreuses distinctions, dont la médaille Herzberg (1999), le prix de l'Association canadienne des physiciens et physiciennes et du Centre de recherches mathématiques (2005), et la médaille Vogt (2012). Il est en outre membre de la Société royale du Canada ainsi que du programme *Cosmologie et gravité* de l'Institut canadien de recherches avancées (ICRA).





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



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



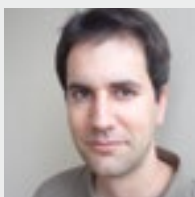
Lee Smolin (Ph.D., Université Harvard, 1979) est l'un des membres fondateurs du corps professoral de l'Institut Périclète. Auparavant, il a été chercheur à l'Institut d'études avancées de Princeton, à l'Institut de physique théorique de l'Université de la Californie à Santa Barbara, à l'Institut Enrico-Fermi de l'Université de Chicago, à l'Université Yale, à l'Université de Syracuse et à l'Université d'État de la Pennsylvanie. Les recherches de M. Smolin portent surtout sur le problème de la gravitation quantique, notamment la gravitation quantique à boucles et la relativité restreinte déformée (ou relativité doublement restreinte). De plus, il est l'auteur de contributions dans beaucoup de domaines, ainsi que de quatre ouvrages non techniques. Ses articles ont fait l'objet de plus de 7400 citations à ce jour. Lee Smolin a reçu de nombreuses distinctions, dont le prix Majorana (2007) et le prix commémoratif Klopsteg (2009). Il a aussi été élu membre de la Société américaine de physique et de la Société royale du Canada.



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

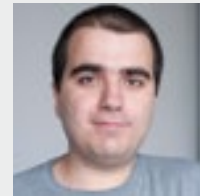


Natalia Toro (Ph.D., Université Harvard, 2007) est devenue professeure à l'Institut Périclète en 2010, après avoir été boursière postdoctorale à l'Institut de physique théorique de l'Université Stanford (SITP). Elle a élaboré un cadre de modèles comportant peu de paramètres pour des signaux potentiels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



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

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

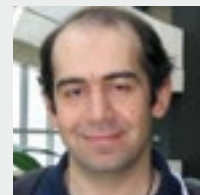


Xiao-Gang Wen (Ph.D., Université de Princeton, 1987) est devenu professeur à l'Institut Périclète en mai 2012 à titre de titulaire de la chaire Groupe-financier-BMO-Isaac-Newton de physique théorique de l'Institut Périclète. Reconnu mondialement comme un chef de file de la théorie de la matière condensée,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



PROFESSEURS ASSOCIÉS

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



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



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



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 les modèles d'expansion de l'univers qui constituent le cadre le plus prometteur pour la vérification expérimentale de la théorie des cordes. Entre autres distinctions récentes, Cliff Burgess a été titulaire d'une bourse Killam et a été élu membre de la Société royale du Canada. Il a aussi remporté le prix de physique théorique et mathématique de l'Association canadienne des physiciens et physiciennes et du Centre de recherches mathématiques.





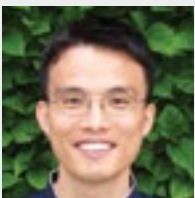
David Cory (Ph.D., Université Case Western Reserve, 1987), nommé conjointement avec l'Institut d'informatique quantique de l'Université de Waterloo, a été chercheur à l'Université de Nimègue, aux Pays-Bas, au Laboratoire de recherches navales du Conseil national de recherches des États-Unis, à Washington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



Matthew Johnson (Ph.D., Université de la Californie à Santa Cruz, 2007) est devenu professeur associé à l'Institut Périphère en août 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 Périphère. 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 (ou fonds diffus cosmologique). En 2012, il a obtenu une subvention du programme *Nouvelles frontières en astronomie et cosmologie* de l'Université de Chicago et de la Fondation John-Templeton.



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



Sung-Sik Lee (Ph.D., Université Pohang de sciences et technologie, 2000) est devenu professeur associé à l'Institut Périphère en 2011, dans le cadre d'une nomination conjointe avec l'Université McMaster, où il est professeur agrégé. Auparavant, il a été postdoctorant à l'Université Pohang de sciences et technologie, à l'Institut de technologie du Massachusetts, et à l'Institut Kavli de physique théorique de l'Université de la Californie à Santa Barbara. Les recherches de M. Lee portent principalement sur l'étude des systèmes quantiques à N corps et à interaction forte à l'aide de la théorie quantique des champs, de même que sur les points de rencontre entre la 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 Périphère en septembre 2012, dans le cadre d'une nomination conjointe avec l'Université de Waterloo, où il est professeur depuis 2007. Auparavant, il a été boursier postdoctoral Wigner au Laboratoire national d'Oak Ridge (2005-2007). M. Melko est un théoricien de la matière condensée qui élabore de nouveaux algorithmes et méthodes de calcul afin d'étudier les systèmes fortement corrélés à N corps. Il se concentre sur les phénomènes émergents, les phases des états fondamentaux, les transitions de phase, les systèmes critiques quantiques et l'intrication. Entre autres distinctions, il a obtenu une bourse de nouveau chercheur, de même que le Prix du jeune scientifique en physique informatique de l'Union internationale de physique pure et appliquée, remis par le Conseil de physique informatique. Il a également été nommé titulaire de la chaire de recherche (de niveau 2) du Canada en physique informatique quantique à N corps.

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



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



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



CADRES ADMINISTRATIFS

Directeur de l'exploitation

Michael Duschenes

Directeur du développement

Jonathan Braniff

Directeur des systèmes d'information

Ben Davies

Directeur des programmes d'enseignement

John Berlinsky

Directeur de la diffusion des connaissances

Greg Dick

Directeur des relations extérieures et des affaires publiques

John Matlock

Directrice financière

Sue Scanlan

Directeur des opérations financières

Stefan Pregelj

Directrice des ressources humaines et de la culture

Sheri Keffer

Directrice des publications

Natasha Waxman

CHERCHEURS RÉSIDANTS

Chercheur résidant associé

John Moffat

Chercheur principal

Rafael Sorkin

POSTDOCTORANTS EN 2012-2013

Haipeng An

Lilia Anguelova

Denis Bashkirov

Benjamin Basso

Joseph Ben Geloun

Eugenio Bianchi

Hector Bombin

Valentin Bonzom

Oliver Buerschaper

Lukasz Cincio

William Edwards

Astrid Eichhorn

Adrienne Erickcek

Cecilia Flori

Tobias Fritz*

Steffen Gielen

Gus Gutoski

Alioscia Hama

Chad Hanna

Song He

Kurt Hinterbichler*

Philipp Hoehn

Eder Izaguirre

Tim Johannsen

Wojciech Kaminski

Peter Koroteev

Ryszard Kosteci

Gordan Krnjaic

David Marsh

Mercedes Martin-Benito

Eduardo Martin-Martinez

Paul McFadden

Flavio Mercati*

Markus Müller

Robert Pfeifer

Luiz Santos

Amit Sever

Brian Shuve

Ajay Singh

Misha Smolkin

Carlos Tamarit

William Witczak-Krempa

Peng Ye

Huangjun Zhu

* Boursier dans le cadre du programme Frontières Templeton

SCIENTIFIQUES INVITÉS EN 2012-2013

* Titulaire d'une chaire de chercheur invité distingué

** Adjoint invité

*** Chercheur invité à long terme

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

Dmitry Abanin, Université Harvard	Chris Beem, Université de l'État de New York à Stony Brook	Anushya Chandran, Université de Princeton
Rana Adhikari, Institut de technologie de la Californie (Caltech)	Salman Beigi, Institut de recherche en sciences fondamentales (IPM)	Alan Chen, Université McMaster
Peter Adshead, Université de Chicago	Dario Benedetti, Institut Max-Planck de physique gravitationnelle (Institut Albert-Einstein)	Xie Chen, Institut de technologie du Massachusetts (MIT)
Ofer Aharony, Institut scientifique Weizmann	Ingemar Bengtsson, Université de Stockholm	Sasha Chernyshev, Université de la Californie à Irvine
Nahid Ahmadi***, Université de Téhéran	Dionigi Benincasa, Collège impérial de Londres	Giulio Chiribella**, Université Tsinghua
Andrea Marie Albert, Université d'État de l'Ohio	Eloisa Bentivegna, Institut Max-Planck de physique gravitationnelle (Institut Albert-Einstein)	Eric Chitambar***, Université du Sud de l'Illinois
Andrea Allais, Institut de technologie du Massachusetts (MIT)	Erez Berg, Institut scientifique Weizmann	Jens Chluba, Institut canadien d'astrophysique théorique de l'Université de Toronto (ICAT)
Asma Al-Qasimi, Université de Toronto	Edo Berger, Université Harvard	Debanjan Chowdhury, Université Harvard
Jan Ambjorn, Institut Niels-Bohr de l'Université de Copenhague	Stefano Bianco, Université <i>La Sapienza</i> de Rome	Matthias Christandl, Institut de physique théorique de l'Institut fédéral suisse de technologie de Zurich (ETH)
Giovanni Amelino-Camelia, Université <i>La Sapienza</i> de Rome	Agnese Bissi, Institut Niels-Bohr de l'Université de Copenhague	Isaac Chuang, Centre des atomes ultrafroids de l'Institut de technologie du Massachusetts (MIT) et de l'Université Harvard
Luigi Amico***, Université de Catane	Kfir Blum, Institut d'études avancées de Princeton	Bob Coecke, Université d'Oxford
Edward Anderson, Université de Cambridge	Robin Blume-Kohout, Laboratoires nationaux Sandia	Roger Colbeck, Institut de physique théorique de l'Institut fédéral suisse de technologie de Zurich (ETH)
Damiano Anselmi***, Université de Pise	Julien Bolmont, Université Pierre-et-Marie-Curie	Christopher Coleman-Smith, Université Duke
Marcus Appleby***, Université Queen Mary de Londres	Pavel Bolokhov, Université du Minnesota	Benoit Collins, Université d'Ottawa
Francesco Aprile, Université de Barcelone	Jacob Bourjaily, Institut d'études avancées de Princeton	Thomas Cooney, Université Complutense de Madrid
Asimina Arvanitaki, Institut de physique théorique de l'Université Stanford	Fernando Brandao**, Université fédérale de Minas Gerais	Joshua Cooperman, Université de la Californie à Davis
Sujay Ashok, Institut de mathématiques de Chennai	Robert Brandenberger, Université McGill	Marina Cortes, Observatoire royal de l'Université d'Édimbourg
Benjamin Assel, École Normale Supérieure (ENS)	Duncan Brown, Université de Syracuse	Miguel Costa, Université de Porto/Theoretical Physics Center
Steve Avery, Institut de mathématiques de Chennai	Martin Bucher, Laboratoire de physique théorique de l'Université Paris-Sud 11	Kevin Costello, Université Northwestern
John Baez, Université de la Californie à Riverside	Michel Buck, Collège impérial de Londres	Nathaniel Craig, Institut d'études avancées de Princeton
Cosimo Bambi, Centre Arnold-Sommerfeld de physique théorique de l'Université Ludwig-Maximilian de Munich	Mathew Bullimore, Université d'Oxford	Andrew Cumming, Université McGill
Shamik Banerjee, Institut de physique théorique de l'Université Stanford	Philipp Burda, Université de Durham	Oscar Dahlsten, Université d'Oxford
Hans Bantilan, Université de Princeton	Mark Byrd, Université du Sud de l'Illinois	Stephane Dartois, École Normale Supérieure (ENS), Lyon
Jie Bao, Université Brown	Earl Campbell, Institut de physique théorique de l'Université libre de Berlin	Sumit Das, Université du Kentucky
Aristide Baratin, Institut Max-Planck de physique gravitationnelle (Institut Albert-Einstein)	Miguel Campiglia, Institut de recherche Raman	Ghanashyam Date, Institut de mathématiques de Chennai
Enrico Barausse, Institut d'astrophysique de Paris	Kipp Cannon, Institut canadien d'astrophysique théorique de l'Université de Toronto (ICAT)	Nilanjana Datta, Université de Cambridge
Fernando Barbero, Institut de la structure de la matière du Conseil national de recherches de l'Espagne (CSIC)	Francesco Caravelli, Collège universitaire de Londres	Adam Davison, Collège universitaire de Londres
James Bardeen*, Université de l'État de Washington	Vitor Cardoso***, Institut supérieur de technologie de l'Université de Lisbonne	Daniel Martin de Blas, Institut de la structure de la matière du Conseil national de recherches de l'Espagne (CSIC)
Howard Barnum, Université du Nouveau-Mexique	Federico Carrasco, Université nationale de Córdoba	Gemma de las Cuevas, Institut Max-Planck d'optique quantique
Ganapathy Baskaran*, Institut de mathématiques de Chennai	Juan Carrasquilla, Université de Georgetown	Claudia de Rham, Université Case Western Reserve
Bela Bauer, Station Q de Microsoft Research	Sylvain Carrozza, Institut Max-Planck de physique gravitationnelle (Institut Albert-Einstein)	Antonio Delgado, Université Notre-Dame
	Hilary Carteret, Université Wilfrid-Laurier	
	Sarah Chadburn, Université de Durham	

Paul Demorest, Observatoire national de radioastronomie des États-Unis

Stefan Depenbrock, Université de Munich

Jacobo Diaz-Polo, Louisiana State University

Peter Diener, Louisiana State University/Center for Computation and Technology

Tudor Dimofte, Institut d'études avancées de Princeton

Lance Dixon, Laboratoire national de l'accélérateur SLAC

Brian Dolan, Université nationale d'Irlande à Maynooth

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

Xi Dong, Université Stanford

John Donoghue, Université du Massachusetts à Amherst

Fay Dowker, Collège impérial de Londres

Elan Dresher, Université de Toronto

Runyao Duan, Université de technologie de Sydney

Sergei Dubovsky, Université de New York

Thomas Dumitrescu, Université Harvard

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

William East, Laboratoire national de l'accélérateur SLAC

Gilly Elor, Université de la Californie à Berkeley

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

Solomon Endlich, École polytechnique fédérale de Lausanne

Asa Ericsson, Université de Stockholm

Andrew Essin, Université du Colorado à Boulder

Glen Evenbly, Institut de technologie de la Californie (Caltech)

Stephen Feeney, Collège universitaire de Londres

Joshua Feinberg, Institut israélien de technologie

Andrew Ferris, Université de Sherbrooke

Pau Figueras, Université de Cambridge

Raphael Flauger, Institut d'études avancées de Princeton

Gary Forrester, Université du Massachusetts à Dartmouth

Anthony Fradette, Université de Victoria

Andrew Frey, Université de Winnipeg

Gregory Gabadadze***, Université de New York

Maxime Gabella, Centre d'études atomiques de Saclay (CEA)

Chad Galley, Institut de technologie de la Californie (Caltech)

Charles Gammie, Université de l'Illinois à Urbana-Champaign

Luis Garay, Université Complutense de Madrid

David Garner, Université Queen Mary de Londres

Simon Gentle, Université de Durham

Scott Geraedts, Institut de technologie de la Californie (Caltech)

Pouyan Ghaemi, Université de l'Illinois à Urbana-Champaign

Michel Gingras***, Université de Waterloo

Steve Girvin, Université Yale

Vera Gluscevic, Institut de technologie de la Californie (Caltech)

Humberto Gomez, Institut de physique théorique de l'Université d'État de São Paulo (UNESP)

Jeremy Goodman, Université de Princeton

Stefania Gori, Université de Chicago

Jonathan Granot, Université ouverte d'Israël

Oliver Gray, Université de Bristol

Ruth Gregory**, Université de Durham

Andrew Green, Collège universitaire de Londres

Lauren Greenspan, Université de Porto

Sean Gryb, Université Radboud de Nîmègue

Zheng-Cheng Gu, Institut de l'information et des matériaux quantiques de l'Institut de technologie de la Californie (Caltech)

Giulia Gubitosi, Université *La Sapienza* de Rome

Emir Gumrukcuoglu, Université de Tokyo

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

Gus Gutoski, Institut d'informatique quantique de l'Université de Waterloo (IQC)

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

Lucas Hackl, Université d'État de la Pennsylvanie

Shahar Hadar, Institut Racah de physique de l'Université hébraïque de Jérusalem

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

Kerem Halil Shah, Université de Strathclyde

Patrick Hall, Université York

Maximilian Hanusch, Université de Paderborn

Sheik Shajidul Haque, Institut national de physique théorique de l'Université du Witwatersrand

Daniel Harlow, Université de Princeton

William Harper, Université Western

James Hartle, Université de la Californie à Santa Barbara

Ehsan Hatefi, Centre international Abdus-Salam de physique théorique (ICTP)

Stephen Hawking*, Université de Cambridge

Yang-Hui He, City University de Londres

Michael Hermele, Université du Colorado à Boulder

Thomas Hertog, Laboratoire AstroParticule et Cosmologie (APC) de l'Université Paris 7

Edward Hinds, Collège impérial de Londres

Renee Hlozek, Université de Princeton

Peter Holdsworth, École Normale Supérieure (ENS)

Richard Holman, Université Carnegie-Mellon

Anson Hook, Institut d'études avancées de Princeton

Yu-tin Huang, Université du Michigan

Robert Huebener, Institut de physique théorique de l'Université libre de Berlin

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

Liza Huijse, Université Harvard

Janet Hung, Université Harvard

Tasneem Zehra Husain, Université Harvard

Viqar Husain, Université du Nouveau-Brunswick

Anna Ijjas, Centre d'astrophysique Harvard-Smithsonian

Ahmed Ismail, Université Stanford

Dmitri Ivanov, Institut de physique théorique de l'Institut fédéral suisse de technologie de Zurich (ETH)

Eder Izaguirre, Laboratoire national de l'accélérateur SLAC

Ted Jacobson*, Université du Maryland

Esaias Janse van Rensburg***, Université York

Jens Jasche, Institut d'astrophysique de Paris

David Jennings, Collège impérial de Londres

Kristan Jensen, Université de Victoria

Sania Jevtic, Collège impérial de Londres

Samo Jordan, Institut de physique théorique de l'Université d'Utrecht

Stephen Jordan, Institut national des normes et de la technologie des États-Unis

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

Wojciech Kaminski, Université de Varsovie

Manoj Kaplinghat, Université de la Californie à Irvine

Andrey Katz, Université Harvard

Alexandros Kehagias, Université technique nationale d'Athènes

Adrian Kent*, Université de Cambridge

Drew Keppel, Institut Max-Planck de physique gravitationnelle (Institut Albert-Einstein)

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

Isaac Kim, Institut de technologie de la Californie (Caltech)/Institute of Quantum Information and Matter

Seok Kim***, Université nationale de Séoul

John Klauder***, Université de la Floride

Zohar Komargodski, Institut d'études avancées de Princeton

Maxim Kontsevich, Institut des hautes études scientifiques

Mario Konz, Institut fédéral suisse de technologie de Zurich (ETH)

Tim Koslowski, Université du Nouveau-Brunswick

Alexey Kovalev, Université de la Californie à Riverside

SCIENTIFIQUES INVITÉS (SUITE)

Jerzy Kowalski-Glikman, Institut de physique théorique de l'Université de Wrocław

David Krohn, Université Harvard

Martin Kruczenski, Université Purdue

Emilia Kubalova, Université Masaryk

Kunal Kumar, Université Carleton

Olivier Landon-Cardinal, Université de Sherbrooke

Suzanne Lanery, Université d'Erlangen-Nuremberg

Joshua Lapan, Université Harvard

Calin Lazaroiu, Institut national Horia-Hulubei de physique et de génie nucléaire de Roumanie (IFIN HH)

Jean-Luc Lehners, Institut Max-Planck de physique gravitationnelle (Institut Albert-Einstein)

Rob Leigh, Université de l'Illinois à Urbana-Champaign

Zhou Li, Université McMaster

Steven Liebling, Université de Long Island

Tongyan Lin, Université de Chicago

Mariangela Lisanti, Université de Princeton/Princeton Center for Theoretical Science

Fangzhou Liu, Institut de technologie du Massachusetts (MIT)

Etera Livine**, École Normale Supérieure (ENS), Lyon

Peter Loch, Université de l'Arizona

Kinjalk Lochan, Institut Tata de recherche fondamentale

Ramalingam Loganayagam, Université Harvard

Renate Loll*, Centre de mathématiques, d'astrophysique et de physique des particules de l'Université Radboud de Nîmègue

Leon Loveridge, Université de la Colombie-Britannique

Markus Luty, Université de la Californie à Davis

Yin-Zhe Ma, Université de la Colombie-Britannique

Vaibhav Madhok, Université Wilfrid-Laurier

Gabriel Magill, Université McGill

Joao Magueijo, Collège impérial de Londres

Laura Mancinska, Institut d'informatique quantique de l'Université de Waterloo (IQC)

Ilya Mandel, Université Northwestern

John Mangual, Université de la Californie à Santa Barbara

Vladimir Manucharyan, Université Harvard

Owen Maroney, Université d'Oxford

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

Shunji Matsuura, Université McGill

Alex May, Université McGill

Matthew McCullough, Institut de technologie du Massachusetts (MIT)

Jonathan McKinney, Université du Maryland

Tristan McLoughlin, Collège Trinity de Dublin

Patrick Meade, Université de l'État de New York à Stony Brook/C.N. Yang Institute for Theoretical Physics

Kirill Melnikov, Université Johns-Hopkins

Max Metlitski, Institut Kavli de physique théorique de l'Université de la Californie à Santa Barbara

Shun-Pei Miao, Université d'Utrecht

David Miller, Université de Chicago

Mozhgan Mir, Université Ferdowsi de Mashhad

Mehrdad Mirbabayi, Université de New York

Ryan Mishmash, Université de la Californie à Santa Barbara

Joel Moore, Université de la Californie à Berkeley

Ian Morrison, Université de Cambridge

David Morrissey, Laboratoire TRIUMF

Ugo Moschella***, Université de l'Insubrie à Côme

Ramis Movassagh, Institut de technologie du Massachusetts (MIT)

Berndt Mueller, Université Duke

Subro Mukerjee, Institut indien des sciences

David Mulryne, Université Queen Mary de Londres

Yasha Neiman, Université de Tel Aviv

Titus Neupert, Institut de physique théorique de l'Institut fédéral suisse de technologie de Zurich (ETH)

Yasunori Nomura, Université de la Californie à Berkeley

Zohar Nussinov, Université Washington de Saint-Louis

Robert Oeckl, Université nationale autonome du Mexique

Hirota Okawa, Institut supérieur de technologie de l'Université de Lisbonne

Takuya Okuda, Université de Tokyo

Jonathan Oppenheim, Collège universitaire de Londres

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

Prince Osei, Institut africain de sciences mathématiques (AIMS) – Ghana

Enrico Pajer, Université de Princeton

Prakash Panangaden, Université McGill

Paolo Pani, Institut supérieur de technologie de l'Université de Lisbonne

Kyriakos Papadodimas, Organisation européenne pour la recherche nucléaire (CERN)

Zlatko Papic, Université de Princeton

Manu Paranjape, Université de Montréal

Belen Paredes, Université autonome de Madrid et Institut de physique théorique du Conseil national de recherches de l'Espagne (CSIC)

Vasileios Paschalidis, Université de l'Illinois à Urbana-Champaign

Filippo Passerini, Organisation européenne pour la recherche nucléaire (CERN)

Miguel Paulos, Université Pierre-et-Marie-Curie

Jonathan Pearson, Université de Durham

Roberto Pellegrini, Institut italien de physique nucléaire (INFN)

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

Joao Penedones, Université de Porto

Alexander Penin, Université de l'Alberta

Jeffrey Pennington, Laboratoire national de l'accélérateur SLAC

Vasily Pestun, Université Harvard

Corsin Pfister, Centre de technologies quantiques de l'Université nationale de Singapour

Guilherme Pimentel, Université de Princeton

Luis Pires, Université Radboud de Nîmègue

David Pirtskhalava, Université de la Californie à San Diego

Andrew Pontzen, Université d'Oxford

Sandu Popescu*, Université de Bristol

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

William Press, Université du Texas à Austin

Tomislav Prokopec, Université d'Utrecht

Dimitrios Psaltis, Université de l'Arizona

Jacek Puchta, Université de Varsovie

Andrea Puhm, Centre d'études atomiques de Saclay (CEA)

Matthew Pusey, Collège impérial de Londres

Xiao-Liang Qi, Université Stanford

Callum Quigley, Université de l'Alberta

Sohrab Rahvar***, Université Sharif de technologie

Suvrat Raju, Centre international de sciences théoriques de l'Institut Tata de recherche fondamentale

Sanjaye Ramgoolam***, Centre de recherche en théorie des cordes de l'Université Queen Mary de Londres

Ying Ran, Université Boston College

Matthew Reece, Université de Princeton

Michael Reisenberger, Université de Montevideo

Adam Rej, Institut d'études avancées de Princeton

Martin Reuter, Institut de physique de l'Université Johannes-Gutenberg de Mayence

Michael Revzen, Technion – Institut israélien de technologie

David Rideout, Université de la Californie à San Diego

Vincent Rivasseau**, Laboratoire de physique théorique de l'Université Paris-Sud 11

Elinore Roebber, Université McGill

Rachel Rosen, Université Columbia

Terry Rudolph, Collège impérial de Londres

Jorge Russo***, Université de Barcelone

James Ryan, Université de Potsdam

Shinsei Ryu, Université de l'Illinois à Urbana-Champaign

Subir Sachdev*, Université Harvard

Benjamin Safdi, Université de Princeton

Jeremy Sakstein, Université de Cambridge

Gavin Salam, Organisation européenne pour la recherche nucléaire (CERN)

Dine Ousmane Samary, Université nationale du Bénin

Olivier Sarbach, Université Michoacana San Nicolás de Hidalgo

Naoki Sasakura, Institut Yukawa de physique théorique de l'Université de Kyoto

Yuki Sato, Université de Nagoya

Alejandro Satz, Université du Maryland

Frank Saueressig, Université Radboud de Nîmègue

Ruediger Schack, Collège Royal Holloway de l'Université de Londres

Sebastian Schaetzel, Université de Heidelberg

Michael Scherer, Institut de physique théorique de l'Université de Heidelberg

Christian Schilling, Institut de physique théorique de l'Institut fédéral suisse de technologie de Zurich (ETH)

Ralf Schuetzhold, Université de Duisbourg et Essen

Sanjeev Seahra, Université du Nouveau-Brunswick

Gordon Semenoff, Université de la Colombie-Britannique

Rak-Kyeong Seong, Collège impérial de Londres

Maksym Serbyn, Institut de technologie du Massachusetts (MIT)

Tomer Shacham, Institut Racah de physique de l'Université hébraïque de Jérusalem

Mohamad Shalaby, Université de Waterloo

Ramamurti Shankar, Université Yale

Alfred Shapere, Université du Kentucky

Kris Sigurdson**, Université de la Colombie-Britannique

Lorenzo Sindoni, Institut Max-Planck de physique gravitationnelle (Institut Albert-Einstein)

Mahi Singh, Université Western

Lorenzo Sironi, Université Harvard

David Skinner**, Université de Cambridge

Martin Sloth, Université du Danemark du Sud

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

Kendrick Smith, Université de Princeton

Evgeny Sobko, École normale supérieure de Paris

Wei Song, Université Harvard

Evgeny Sorkin, Université de la Colombie-Britannique

Michael Spannowsky, Université de Durham

Simone Speziale, Centre de physique théorique de l'Université d'Aix-Marseille

Anatoly Spitkovsky, Université de Princeton

Douglas Stanford, Université Stanford

Cyril Stark, Institut de physique théorique de l'Institut fédéral suisse de technologie de Zurich (ETH)

Paul Steinhardt*, Université de Princeton

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

Jean-Marie Stephan, Université de la Virginie

James Stone, Université de Princeton

Alexander Stottmeister, Institut de gravitation quantique de l'Université d'Erlangen-Nuremberg

Edwin Stoudenmire, Université de la Californie à Irvine

Michael Strauss, Université de Princeton

Sichun Sun, Université de l'État de Washington

Paul Sutter, Institut d'astrophysique de Paris

Jedrzej Swiezewski, Université de Varsovie

Brian Swingle, Université Harvard

Philip Tanedo, Université Cornell

Ewan Tarrant, Université de Nottingham

Alexander Tchekhovskoy, Université de Princeton

Emily Thompson, Organisation européenne pour la recherche nucléaire (CERN)

Senthil Todadri*, Institut de technologie du Massachusetts (MIT)

Andrew Tolley, Université Case Western Reserve

Casey Tomlin, Université d'État de la Pennsylvanie

Viktor Toth, chercheur indépendant

Jennie Traschen, Université du Massachusetts à Amherst

Yuhsin Tsai, Université de la Californie à Davis

Artur Tsobanjan, Université américaine de Washington

Ari Turner, Université d'Amsterdam

Bill Unruh*, Université de la Colombie-Britannique

Amol Upadhye, Institut Kavli de physique cosmologique de l'Université de Chicago

Eugene Vasiliev, Institut de technologie de Rochester

Herman Verlinde, Université de Princeton

Ashvin Vishwanath*, Université de la Californie à Berkeley

Matt von Hippel, Université de l'État de New York à Stony Brook

Marcel Vos, Université de Valence

Jay Wacker, Laboratoire national de l'accélérateur SLAC

Robert Wald, Université de Chicago

Aron Wall, Université du Maryland

Petros Wallden, Université d'Athènes

Joel Wallman, Université de Sydney

Yidun Wan, Université de Tokyo

LianTao Wang, Université de Chicago

Zhengan Wang*, Station Q de Microsoft Research

Claude Warnick, Université de l'Alberta

Leah Weiss, Université Harvard

Congkao Wen, Université Queen Mary de Londres

Zheng-Yu Weng, Université Tsinghua

Christopher Wever, Institut de physique théorique de l'Université d'Utrecht

Steven White*, Université de la Californie à Irvine

Wolfgang Wieland, Centre de physique théorique de l'Université d'Aix-Marseille

Julia Wildeboer, Université Washington de Saint-Louis

Danielle Wills, Université de Durham

Edward Wilson-Ewing, Centre de physique théorique de l'Université d'Aix-Marseille

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

Howard Wiseman, Université Griffith

Benjamin Withers, Université de Durham

Sander Wolters, Centre de mathématiques, d'astrophysique et de physique des particules de l'Université Radboud de Nîmègue

Mark Wyman, Université de New York

Itamar Yaakov, Université de Princeton

Masahide Yamaguchi, Institut de technologie de Tokyo

Yuxiang Yang, Université Tsinghua

Piljin Yi, Institut d'études avancées de la Corée

Xi Yin, Université Harvard

Beni Yoshida, Institut de technologie du Massachusetts (MIT)

Gil Young Cho, Université de la Californie à Berkeley

Nicolas Yunes, Université de Princeton

Michael Zaletel, Université de la Californie à Berkeley

SCIENTIFIQUES INVITÉS (SUITE)

Marco Zaopo, Université de Pavie

Andrew Zayakin, Université de Saint-Jacques-de-Compostelle

Hao Zhang, Université de Toronto

Peng Zhao, Université de Cambridge

Antonia Zipfel, Institut de gravitation quantique de l'Université d'Erlangen-Nuremberg

Danielle Wills, Université de Durham

Edward Wilson-Ewing, Centre de physique théorique de l'Université d'Aix-Marseille

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

Howard Wiseman, Griffith University

Benjamin Withers, Université de Durham

Sander Wolters, Centre de mathématiques, d'astrophysique et de physique des particules de l'Université Radboud de Nijmègue

Mark Wyman, Université de New York

Itamar Yaakov, Université de Princeton

Masahide Yamaguchi, Tokyo Institute of Technology

Yuxiang Yang, Université Tsinghua

Piljin Yi, Korea Institute for Advanced Study

Xi Yin, Université Harvard

Beni Yoshida, Institut de technologie du Massachusetts (MIT)

Gil Young Cho, Université de la Californie à Berkeley

Nicolas Yunes, Université de Princeton

Michael Zaletel, Université de la Californie à Berkeley

Marco Zaopo, University of Pavia

Andrew Zayakin, University of Santiago de Compostela

Hao Zhang, Université de Toronto

Peng Zhao, Université de Cambridge

Antonia Zipfel, Institut de gravitation quantique de l'Université d'Erlangen-Nuremberg

MEMBRES AFFILIÉS EN 2012-2013

Ian Affleck, Université de la Colombie-Britannique

Arif Babul, Université de Victoria

Leslie Ballentine, Université Simon-Fraser

Richard Bond, Institut canadien d'astrophysique théorique de l'Université de Toronto (ICAT)

Ivan Booth, Université Memorial

Vincent Bouchard, Université de l'Alberta

Robert Brandenberger, Université McGill

Gilles Brassard, Université de Montréal

Anne Broadbent, Institut d'informatique quantique de l'Université de Waterloo (IQC)

Anton Burkov, Université de Waterloo

Bruce Campbell, Université Carleton

Benoit Charbonneau, Université St. Jerome's

Jeffrey Chen, Université de Waterloo

Andrew Childs, Institut d'informatique quantique de l'Université de Waterloo (IQC)

Matthew Choptuik, Université de la Colombie-Britannique

Dan Christensen, Université Western

Aashish Clerk, Université McGill

James Cline, Université McGill

Alan Coley, Université Dalhousie

Andrzej Czarnecki, Université de l'Alberta

Saurya Das, Université de Lethbridge

Arundhati Dasgupta, Université de Lethbridge

Keshav Dasgupta, Université McGill

Rainer Dick, Université de la Saskatchewan

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

Valerio Faraoni, Université Bishop's

James Forrest, Université de Waterloo

Marcel Franz, Université de la Colombie-Britannique

Doreen Fraser, Université de Waterloo

Andrew Frey, Université de Winnipeg

Andrei Frolov, Université Simon-Fraser

Valeri Frolov, Université de l'Alberta

Jack Gegenberg, Université du Nouveau-Brunswick

Ghazal Geshnizjani, Université de Waterloo

Shohini Ghose, Université Wilfrid-Laurier

Florian Girelli, Université de Waterloo

Stephen Godfrey, Université Carleton

Thomas Grégoire, Université Carleton

John Harnad, Université Concordia

Jeremy Heyl, Université de la Colombie-Britannique

Bob Holdom, Université de Toronto

Michael Hudson, Université de Waterloo

Viqar Husain, Université du Nouveau-Brunswick

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

Catherine Kallin, Université McMaster

Joanna Karczmarek, Université de la Colombie-Britannique

Spiro Karigiannis, Université de Waterloo

Mikko Karttunen, Université de Waterloo

Achim Kempf, Université de Waterloo

Yong-Baek Kim, Université de Toronto

David Kribs, Université de Guelph

Hari Kunduri, Université Memorial

Gabor Kunstatter, Université de Winnipeg

Kayll Lake, Université Queen's

Debbie Leung, Institut d'informatique quantique de l'Université de Waterloo (IQC)

Randy Lewis, Université York

Hoi-Kwong Lo, Université de Toronto

Michael Luke, Université de Toronto

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

Norbert Lütkenhaus, Institut d'informatique quantique de l'Université de Waterloo (IQC)

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

Alexander Maloney, Université McGill

Robert Mann, Université de Waterloo

Gerry McKeon, Université Western

Brian McNamara, Université de Waterloo

Volodya Miransky, Université Western

Guy Moore, Université McGill

Ruxandra Moraru, Université de Waterloo

David Morrissey, Laboratoire TRIUMF

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

Wayne Myrvold, Université Western

Julio Navarro, Université de Victoria

Ashwin Nayak, Institut d'informatique quantique de l'Université de Waterloo (IQC)

Elisabeth Nicol, Université de Guelph

Don Page, Université de l'Alberta

Prakash Panangaden, Université McGill

Arun Paramekanti, Université de Toronto

Manu Paranjape, Université de Montréal

Amanda Peet, Université de Toronto

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

Alexander Penin, Université de l'Alberta
 Tamar Pereg-Barnea, Université McGill
 Harald Pfeiffer, Institut canadien d'astrophysique théorique de l'Université de Toronto (ICAT)
 Marco Piani, Institut d'informatique quantique de l'Université de Waterloo (IQC)
 Levon Pogosian, Université Simon-Fraser
 Dmitri Pogosyan, Université de l'Alberta
 Éric Poisson, Université de Guelph
 Erich Poppitz, Université de Toronto
 David Poulin, Université de Sherbrooke
 Robert Raussendorf, Université de la Colombie-Britannique
 Ben Reichardt, Université de Waterloo
 Kevin Resch, Institut d'informatique quantique de l'Université de Waterloo (IQC)
 Adam Ritz, Université de Victoria

Moshe Rozali, Université de la Colombie-Britannique
 Barry Sanders, Université de Calgary
 Veronica Sanz-Gonzalez, Université York
 Kristin Schleich, Université de la Colombie-Britannique
 Achim Schwenk, Laboratoire TRIUMF
 Douglas Scott, Université de la Colombie-Britannique
 Sanjeev Seahra, Université du Nouveau-Brunswick
 Peter Selinger, Université Dalhousie
 Gordon Semenoff, Université de la Colombie-Britannique
 John Sipe, Université de Toronto
 Philip Stamp, Université de la Colombie-Britannique
 Aephraim Steinberg, Université de Toronto

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

CONFÉRENCES ET ATELIERS EN 2012-2013

LHC Search Strategies (Stratégies de recherche du LHC)

Du 2 au 4 août 2012

Experimental Search for Quantum Gravity: The Hard Facts

(Recherche expérimentale de la gravité quantique : les faits)

Du 22 au 25 octobre 2012

Applications of Jet Substructure to New Physics Searches

(Applications de la sous-structure des jets aux recherches en nouvelle physique)

Du 21 au 23 février 2013

New Mathematical Structures in Supersymmetric Gauge Theory? (Nouvelles structures mathématiques en théories de jauge supersymétriques?)

Du 1er au 3 mars 2013

Women and Physics: Past, Present, and Future – A Celebration of International Women's Day

(Les femmes et la physique : le passé, le présent et l'avenir – Célébration de la Journée internationale de la femme)

Le 8 mars 2013

Colloque des quatre coins du Sud-ouest ontarien sur la matière condensée 2013

Le 25 avril 2013

Emergence and Entanglement II (Émergence et intrication II)

Du 6 au 10 mai 2013

The Quantum Landscape (Le paysage quantique)

Du 27 au 31 mai 2013

Cosmological Frontiers in Fundamental Physics 2013

(Frontières cosmologiques en physique fondamentale 2013)

Du 8 au 11 juillet 2013

Loops 13 (Boucles 13)

Du 22 au 26 juillet 2013

COURS EN 2012-2013

Introduction to Supersymmetry (Introduction à la supersymétrie)

Donné par Alex Buchel, Université Western et Institut Périclète

Du 17 janvier au 11 avril 2013

Elements of General Relativity (Éléments de relativité générale)

Donné par Rafael Sorkin, Institut Périclète

Du 22 janvier au 11 avril 2013

Visionnement : <http://pirsa.org/C13001>

Fuzzballs to Firewalls: A Post-Firewall Review of the Fuzzball Proposal (Des boules chevelues aux pare-feu : examen de la proposition de la boule chevelue)

Donné par Steve Avery, Institut de mathématiques de Chennai

Du 30 mai au 4 juin 2013

Visionnement : <http://pirsa.org/13050087/>



PARRAINAGES EN 2012-2013

L'Institut PÉRIMÈTRE a parrainé les manifestations et activités scientifiques canadiennes et internationales suivantes en 2012-2013 :

8^e conférence sur la théorie du calcul, de la communication et de la cryptographie quantiques, Université de Guelph

13^e École d'été canadienne sur l'information quantique et conférence étudiante, Université de Calgary

Black Holes 9 (Trous noirs 9), Université de la Saskatchewan

Complex Quantum Networks (Réseaux quantiques complexes), Institut d'informatique quantique de l'Université de Waterloo

GAP 2013, Centre de recherches mathématiques de l'Université de Montréal

Institut d'hiver 2013 du lac Louise, Université de l'Alberta

Symbolic Computation in Theoretical Physics: Integrability and Super-Yang Mills (Calcul symbolique en physique théorique : intégrabilité et théorie de Yang-Mills supersymétrique), Institut sud-américain de recherche fondamentale

Theory Canada 8 (Théorie Canada 8), Université Bishop's

TRISEP, Laboratoire TRIUMF

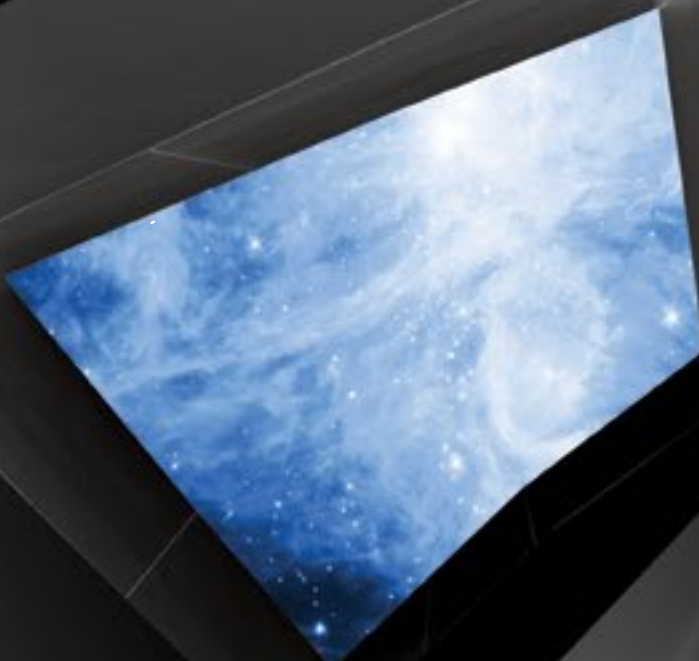
Women in Physics Canada (Les femmes et la physique au Canada), Université Simon-Fraser

MERCI AUX VISIONNAIRES

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

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

– **MIKE LAZARIDIS, FONDATEUR**



PARTENAIRES DU SECTEUR PUBLIC :

- GOUVERNEMENT DU CANADA
- GOUVERNEMENT DE L'ONTARIO
- RÉGION DE WATERLOO
- VILLE DE WATERLOO

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

– LA LISTE DES DONATEURS DE L'INSTITUT PÉRIMÈTRE EST ACCESSIBLE À LA PAGE

WWW.PERIMETERINSTITUTE.CA/SUPPORT-PERIMETER.

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

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

INSTITUT  PÉRIMÈTRE DE PHYSIQUE THÉORIQUE

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

perimeterinstitute.ca

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

