



Rapport annuel à Industrie Canada 2012-2013

Objectifs, activités et états financiers
pour l'exercice du 1^{er} août 2012 au 31 juillet 2013
et énoncé des objectifs pour le prochain exercice et pour l'avenir

Soumis par Neil Turok, directeur général,
à l'honorable James Moore, ministre de l'Industrie,
et à l'honorable Greg Rickford, ministre d'État chargé des Sciences et de la Technologie

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

Vue d'ensemble de l'Institut Périmètre

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

– Stephen Hawking

Une récente étude a classé l'Institut Périmètre au deuxième rang mondial pour l'excellence en recherche en physique théorique, non loin derrière le célèbre Institut d'études avancées de Princeton¹.

La physique théorique est à la fois la discipline scientifique la moins coûteuse et celle dont les impacts sont les plus grands. Elle vise à nous faire comprendre de quoi l'univers est fait et les forces qui le régissent, au niveau le plus élémentaire. Ce domaine est si fondamental qu'une seule découverte majeure peut littéralement changer le monde. Par exemple, la découverte de l'électromagnétisme a donné la radio, les rayons X et toutes les technologies sans fil, et a catalysé à son tour des percées dans toutes les autres sciences. La découverte de la mécanique quantique a mené directement aux semi-conducteurs, aux ordinateurs, aux lasers et à un ensemble presque sans fin d'appareils électroniques modernes.

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

Au 31 juillet 2013, l'Institut comptait :

- 20 professeurs à plein temps,
- 12 professeurs associés,
- 34 titulaires de chaire de chercheur invité distingué,
- 44 postdoctorants,
- 70 étudiants diplômés².

L'Institut Périmètre est également une plaque tournante majeure de la recherche, dont les programmes de conférences et de visites amènent à l'Institut plus de 1000 scientifiques chaque année, ce qui suscite de nouvelles collaborations de recherche et des découvertes dans tout le spectre de la physique fondamentale.

¹ Source : *Ranking and Mapping of Universities and Research-Focused Institutions Worldwide Based on Highly-Cited Papers: A Visualization of Results from Multi-Level Models*, <http://www.excellencemapping.net/info.html>.

² C'est-à-dire 39 doctorants et 31 étudiants de maîtrise dans le cadre du programme PSI (*Perimeter Scholars International* – Boursiers internationaux de l'Institut Périmètre).

Des percées en physique sont essentielles pour notre société et notre avenir. C'est pourquoi la diffusion de connaissances aux enseignants, aux élèves et au grand public fait partie intégrante de la mission de l'Institut Péricètre. Couronnés par des prix, les programmes et les outils pédagogiques de l'Institut cherchent à éveiller l'intérêt, à instruire et à inspirer, en communiquant l'importance de la recherche fondamentale, les joies de la découverte et le pouvoir durable des idées.

UN ÉCOSYSTÈME DE DÉCOUVERTE

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

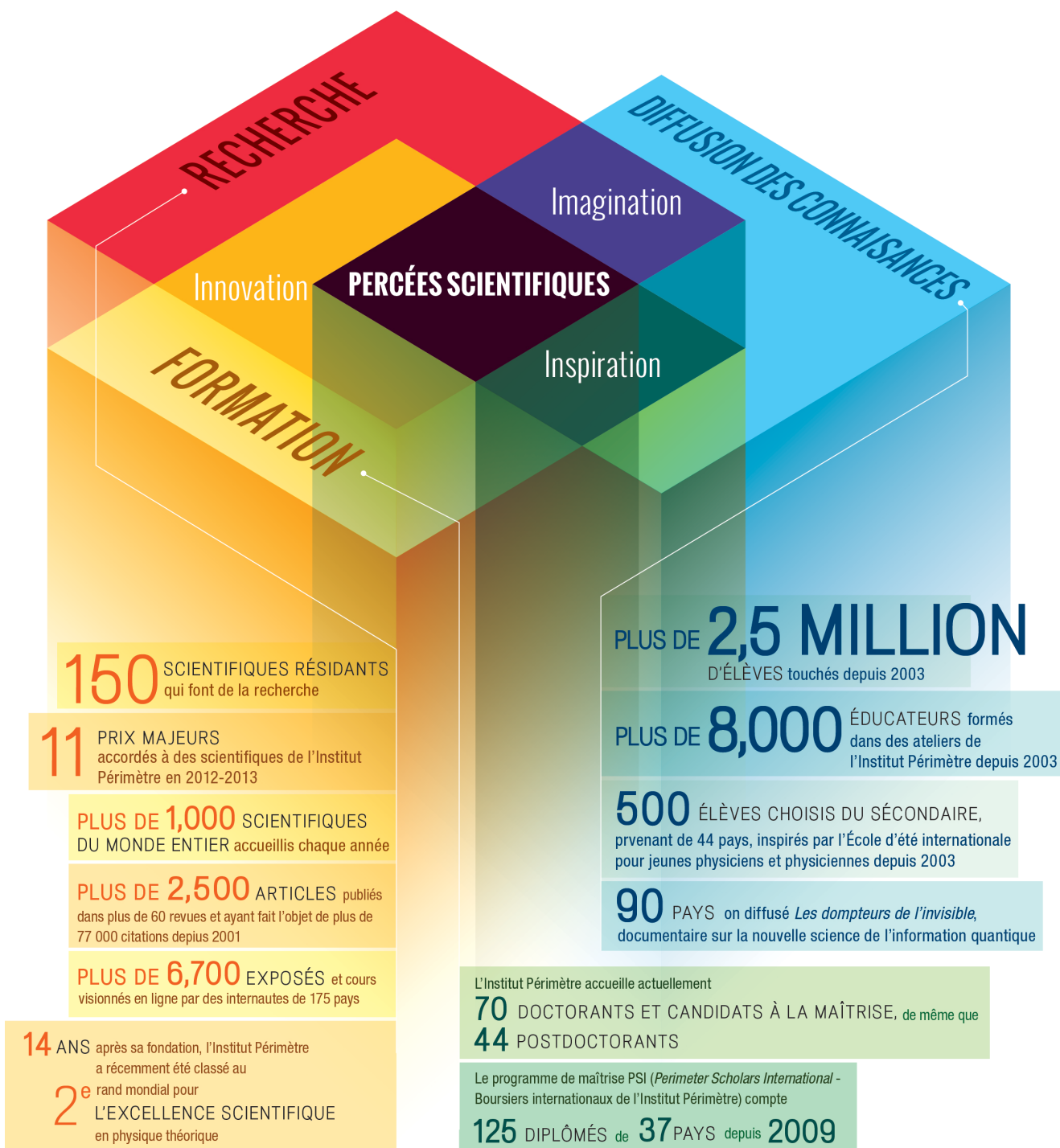


Table des matières

Sommaire	1
Énoncé des objectifs pour 2012-2013	5
Objectif n° 1 : Réaliser des découvertes de classe mondiale.....	6
Cartographie de l'excellence scientifique.....	6
Information quantique	8
Physique mathématique.....	11
Cosmologie	14
Gravité forte	16
Matière condensée.....	18
Physique des particules	21
Théorie quantique des champs et théorie des cordes	24
Gravitation quantique	27
Fondements quantiques.....	30
Prix, distinctions et subventions majeures	33
Objectif n° 2 : Devenir la résidence de recherche d'une masse critique des plus grands physiciens théoriciens.....	35
Renouvellement du mandat du directeur	35
Chaires de recherche de l'Institut Périmètre.....	35
Professeurs	37
Professeurs associés	38
Objectif n° 3 : Devenir un incubateur des talents les plus prometteurs.....	40
Postdoctorants	40
Programme PSI (<i>Perimeter Scholars International</i> – Boursiers internationaux de l'Institut Périmètre).....	41
Doctorants	42
Adjoints diplômés invités.....	42
Étudiants de premier cycle	43
Objectif n° 4 : Devenir la seconde résidence de recherche de plusieurs grands théoriciens du monde... ..	44
Chaires de chercheur invité distingué	44
Adjoints invités	48
Programme de chercheurs invités.....	49

Objectif n° 5 : Constituer une plaque tournante d'un réseau mondial de centres de physique théorique et de mathématiques	50
Collaborations et partenariats.....	50
Rayonnement international.....	52
Objectif n° 6 : Renforcer le rôle de l'Institut Périmètre comme centre de convergence pour la recherche en physique fondamentale au Canada	53
Membres affiliés	53
Engagement avec des centres d'expérimentation	54
Participation à la <i>Quantum Valley</i>	55
Objectif n° 7 : Organiser des conférences, ateliers, cours et séminaires ciblés et opportuns.....	57
Conférences et ateliers.....	57
Séminaires et colloques.....	59
Cours.....	59
PIRSA, le système d'archivage en ligne de l'Institut Périmètre	59
Objectif n° 8 : Mener une action de diffusion des connaissances à fort impact	60
Programmes et produits destinés aux élèves.....	60
Programmes et ressources destinés aux enseignants	62
Ressources pédagogiques.....	63
Programmes destinés au grand public	65
Objectif n° 9 : Créer le milieu et l'infrastructure les meilleurs au monde pour la recherche, la formation et la diffusion des connaissances en physique théorique.....	68
Mises à niveau des systèmes et autres initiatives en matière de TI.....	68
Collections de la bibliothèque et accès électronique à des revues	69
Promotion de l'équité entre les sexes	69
Objectif n° 10 : Continuer d'exploiter le modèle de financement public-privé qui a fait ses preuves à l'Institut Périmètre.....	70
Partenaires publics	70
Partenaires privés	70
Directeur général du développement	71
Comité de direction du conseil d'orientation de l'Institut Périmètre.....	72
Aperçu des états financiers, des dépenses, des critères d'évaluation et de la stratégie d'investissement.....	73
Stratégie d'évaluation du rendement.....	78

Stratégie d'investissement	79
Objectifs pour 2013-2014	81
Énoncé des objectifs pour 2013-2014	81
Annexes	82
Annexe A : Les 100 premières institutions en physique et en astronomie au monde, selon <i>Mapping Scientific Excellence</i>	82
Annexe B : Corps professoral de l'Institut Périmètre	85
Annexe C : Titulaires de chaire de chercheur invité distingué de l'Institut Périmètre	95
Annexe D : Membres affiliés de l'Institut Périmètre	104
Annexe E : Membres du conseil d'administration de l'Institut Périmètre.....	109
Annexe F : Membres du comité consultatif scientifique de l'Institut Périmètre.....	111
Annexe G : Présence dans les médias.....	113

Sommaire

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

Chacun des objectifs énoncés dans le plan d'activité de l'an dernier fait partie de la stratégie globale à long terme de l'Institut visant ce but très ambitieux. En 2012-2013, l'Institut a accompli de grands progrès en vue d'atteindre ou de dépasser au cours de l'exercice les principaux résultats définis par tous ses objectifs. Cela indique clairement que la planification stratégique de l'Institut est à la fois judicieuse et efficace, et que ses objectifs à long terme sont en bonne voie d'être réalisés.

Principales réalisations en 2012-2013

Progrès de la recherche fondamentale

- ✓ Une récente étude internationale sur l'excellence en recherche a montré que l'Institut Péricône se classe au cinquième rang mondial en physique et au deuxième rang en physique théorique³.
- ✓ L'Institut Péricône a fait progresser la recherche fondamentale grâce à 397 articles de haut niveau.
- ✓ Voici quelques points saillants de la recherche effectuée :
 - Le professeur Dmitry Abanin a élaboré une théorie générale de la dynamique quantique permettant de décrire de grands systèmes où les effets quantiques persistent dans le temps. Il s'agit d'un préalable essentiel à la création et au contrôle de systèmes quantiques à N corps. De tels systèmes seront probablement à la base de technologies futures comme celle des ordinateurs quantiques.
 - Le calcul quantique a un potentiel de traitement ultrapuissant de l'information, grâce à l'exploitation de phénomènes quantiques tels que la superposition et l'intrication. Pour surmonter les erreurs qui surviennent inévitablement dans les fragiles systèmes quantiques, le professeur Daniel Gottesman a proposé un « réfrigérateur quantique » qui permet une correction plus durable et plus fiable des erreurs quantiques – étape importante sur la voie de l'informatique quantique.
 - Le professeur Kendrick Smith a mis au point des techniques de calcul cruciales maintenant utilisées pour analyser et interpréter les données du satellite Planck, qui donnent de nouveaux renseignements importants sur la structure de l'univers naissant.

³ Source : *Ranking and Mapping of Universities and Research-Focused Institutions Worldwide Based on Highly-Cited Papers: A Visualization of Results from Multi-Level Models*, <http://www.excellencemapping.net/info.html>.

- ✓ Les chercheurs de l'Institut Périmètre ont obtenu de nombreux prix et distinctions d'envergure nationale et internationale, notamment les suivants :
 - le professeur Kendrick Smith a reçu le prix Gruber en tant que membre de l'équipe de l'expérience WMAP (*Wilkinson Microwave Anisotropy Probe*), qui a produit une carte de la lumière la plus ancienne de l'univers;
 - le professeur Davide Gaiotto 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, a reçu un prix de physique fondamentale, d'une valeur de 3 millions de dollars, remis par la Fondation des Prix de physique fondamentale pour ses contributions majeures, notamment en physique des trous noirs;
 - le professeur associé Roger Melko s'est vu attribuer une chaire de recherche du Canada de niveau 2 et a obtenu le Prix du jeune scientifique en physique informatique de l'IUPAP;
 - le professeur Daniel Gottesman et le chercheur principal Christopher Fuchs ont été élus membres de la Société américaine de physique;
 - cinq scientifiques de l'Institut Périmètre ont reçu la Médaille du jubilé de diamant de la reine Elizabeth II;
 - les professeurs de l'Institut ont obtenu plus de 2,3 millions de dollars en subventions de recherche.

Recrutement des meilleurs

- ✓ Neil Turok a vu son mandat de directeur de l'Institut Périmètre renouvelé pour un deuxième terme de cinq ans; il a aussi été nommé titulaire de la chaire Mike-et-Ophelia-Lazaridis-Niels-Bohr de physique théorique.
- ✓ Dmitry Abanin, Luis Lehner et Kendrick Smith ont été recrutés au sein du corps professoral de l'Institut.
- ✓ L'Institut Périmètre a attribué des chaires de chercheur invité distingué à 12 scientifiques de renommée mondiale.
- ✓ Matthew Johnson est devenu professeur associé, dans le cadre d'une nomination conjointe avec l'Université York, et Roger Melko est devenu professeur associé, dans le cadre d'une nomination conjointe avec l'Université de Waterloo.
- ✓ L'Institut Périmètre a embauché 20 postdoctorants en 2012-2013 et en a recruté 18 autres pour 2013-2014.

Formation des scientifiques de l'avenir

- ✓ L'Institut Périmètre a formé 29 étudiants, dont 10 femmes, provenant de 15 pays, dans le cadre du programme de maîtrise PSI (*Perimeter Scholars International – Boursiers internationaux de l'Institut Périmètre*).
- ✓ L'Institut Périmètre a formé 39 doctorants.

- ✓ Après avoir obtenu leur doctorat, Jorge Escobedo et Cozmin Ududec ont fondé de nouvelles entreprises canadiennes : Canopy Labs, dont le siège est à Toronto, aide des entreprises à prévoir le comportement des consommateurs et à cibler leurs ventes, grâce à l'analyse de données; Invenia Technical Computing, dont le siège est à Winnipeg, se spécialise dans le calcul et la gestion des risques financiers des opérations d'arbitrage dans le domaine de l'énergie.
- ✓ Six anciens postdoctorants ont obtenu des postes menant à la permanence comme professeurs d'université.

Une plaque tournante mondiale de l'interaction scientifique

- ✓ Conclusion de nouveaux partenariats : avec les laboratoires TRIUMF et SNOLAB, laboratoires canadiens dans les domaines de la physique des particules et de la matière sombre; avec l'Institut scientifique Weizmann, de Rehovot, en Israël; avec l'École internationale d'études avancées (SISSA), de Trieste, en Italie
- ✓ Assistance et conseils pour l'initiative *Next Einstein* (le prochain Einstein) de l'Institut africain des sciences mathématiques (AIMS-NEI)
- ✓ Organisation de 10 conférences et ateliers, auxquels ont participé près de 700 scientifiques du monde entier
- ✓ Tenue de 301 rencontres scientifiques (257 séminaires et 44 colloques)
- ✓ Accueil de 432 chercheurs invités pour des recherches en collaboration et individuelles
- ✓ Diffusion des activités scientifiques de l'Institut : 81 099 visiteurs de 170 pays ont accédé à PIRSA, le système d'archivage en ligne de l'Institut Périmètre, ce qui représente une augmentation de 7,5 % par rapport à l'année précédente

Une source d'inspiration par la diffusion de connaissances

- ✓ Ressources pédagogiques qui ont bénéficié à plus d'un million d'élèves
- ✓ Conférences CBC Massey 2012, prononcées par Neil Turok d'un bout à l'autre du Canada et diffusées en ligne ainsi qu'à la chaîne *Radio One* de la radio anglaise de Radio-Canada; attribution du prix Lane-Anderson de littérature scientifique pour le livre des conférences, intitulé *The Universe Within: From Quantum to Cosmos* (L'univers vu de l'intérieur : du quantum au cosmos)
- ✓ Production d'un nouveau module *Explorations*, intitulé *Destination carrière : les compétences pour réussir*, qui vise à montrer aux élèves du secondaire les possibilités palpitantes de carrière en sciences et en mathématiques
- ✓ Tenue de la 11^e École d'été internationale annuelle pour jeunes physiciens et physiciennes, avec 40 élèves canadiens et étrangers
- ✓ Organisation de 5 camps *Go Physics!* (Vive la physique!) et de 10 exposés *Physica Phantastica* pour plus de 2200 élèves de toutes les régions du Canada
- ✓ Présentation de plus de 90 ateliers à plus de 2500 enseignants, touchant 125 000 élèves
- ✓ Diffusion de contenu à 1500 jeunes Autochtones dans 60 collectivités rurales et isolées, en partenariat avec Actua et la Coalition autochtone pour l'éducation

- ✓ Présentation à guichets fermés de 10 conférences publiques

Un milieu de recherche optimal

- ✓ Amélioration des systèmes informatiques de l'Institut Périmètre, ainsi que des collections de la bibliothèque de l'Institut, pour offrir aux scientifiques des ressources informatiques et de recherche à la fine pointe

Un partenariat public-privé en croissance

- ✓ Plus de 1,6 million de dollars en dons d'individus, d'entreprises et de fondations
- ✓ Lancement du Programme d'entreprises partenaires, du Cercle Emmy-Noether ainsi que du Programme des amis et anciens de l'Institut Périmètre
- ✓ Obtention de 100 000 \$ finançant la création de la bourse Anaximandros pour jeunes physiciens exceptionnels

L'Institut Périmètre dans l'actualité

- ✓ Mentions du Canada et de l'Institut Périmètre dans des médias importants, entre autres *The Globe and Mail*, le *National Post*, le *Toronto Star*, *Maclean's*, *The Huffington Post*, CTV, CBC, *Nature*, *The Walrus*, *TIME Magazine*, *Reader's Digest*, *Wired UK* et *The Economist*

« [Neil Turok] a contribué à établir la réputation de l'Institut Périmètre, reconnu comme l'un des principaux centres mondiaux de physique théorique de pointe ainsi que de diffusion des connaissances. L'Institut Périmètre ne se contente pas de dévoiler les secrets de l'univers; il tient à ce que tous partagent la joie de la découverte. » [traduction]
– « The God Particle », *The Walrus*, décembre 2012

« En moins de 15 ans, une plaque tournante mondiale de la recherche quantique est née de presque rien dans la région de Waterloo. Elle comprend le plus grand institut de physique théorique au monde, les laboratoires les plus avancés jamais construits pour la fabrication d'appareils quantiques, ainsi que des centaines de chercheurs recrutés dans le monde entier. Des entreprises dérivées sont fondées, des brevets sont déposés, des hôtels de luxe et des restaurants voient le jour pour desservir les scientifiques en visite. Le mot *quantique* devient familier du grand public, dont l'engouement pour les conférences scientifiques ne cesse d'étonner. » [traduction]
– « The quest for Quantum Valley », *The Waterloo Region Record*, le 20 avril 2013

Énoncé des objectifs pour 2012-2013

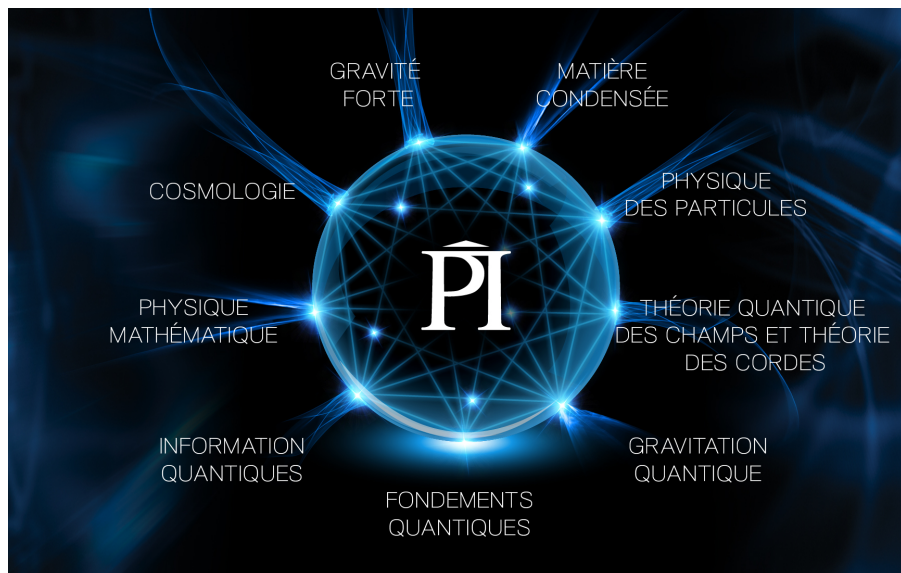
- Objectif n° 1 : Réaliser des découvertes de classe mondiale.
- Objectif n° 2 : Devenir la résidence de recherche d'une masse critique des plus grands physiciens théoriciens au monde.
- Objectif n° 3 : Devenir un incubateur des talents les plus prometteurs.
- Objectif n° 4 : Devenir la seconde résidence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

Objectif n° 1 : Réaliser des découvertes de classe mondiale

Résumé des réalisations

- Recherche fondamentale de pointe, qui s'est traduite par 397 articles de haut calibre
- Les chercheurs de l'Institut Périmètre ont produit depuis sa création 2548 articles, parus dans plus de 60 revues spécialisées et qui ont fait à ce jour l'objet de 77 412 citations. Cela témoigne de l'importance et de l'impact à long terme de la recherche effectuée à l'Institut.

Points saillants



Cartographie de l'excellence scientifique

Dans une récente étude, intitulée [Mapping Scientific Excellence](#), l'Institut Périmètre a été classé au cinquième rang mondial en physique, et au **deuxième rang en physique théorique**, étant devancé uniquement par le renommé (et vénérable) Institut d'études avancées de Princeton, et devant des centres traditionnels d'excellence telles que les universités Harvard et Stanford ainsi que l'Institut de technologie du Massachusetts. Dans cette liste, l'institution canadienne suivante vient au 78^e rang.

Cette étude a été menée par des chercheurs de l'Institut Max-Planck de Munich, qui ont analysé les données sur les publications consignées dans *Scopus*, la plus grande base de données au monde pour ce qui est des résumés et citations d'articles revus par des pairs. À l'aide de ces données, ils ont fait une estimation de la probabilité que les chercheurs d'une institution publient des articles parmi les 10 % des

articles les plus cités dans leur domaine, ce qui donne une bonne indication de l'excellence en recherche⁴. La méthodologie de l'étude a été vantée pour son objectivité, puisqu'elle repose uniquement sur des données de publication, plutôt que sur des facteurs difficiles à mesurer tels que la réputation ou l'opinion de tierces personnes. (L'annexe A, *Les 100 premières institutions en physique et en astronomie au monde, selon Mapping Scientific Excellence*, donne des résultats plus détaillés de l'étude.)

Physics and Astronomy

Institutional scores

Institution	Country	Papers	Probability of excellent papers
Institut de Ciències Fotoniques	ESP	522	0.328
Institute for Advanced Study	USA	558	0.309
Institucio Catalana de Recerca i Estudis Avancats	ESP	771	0.297
Rice University	USA	1294	0.294
Perimeter Institute for Theoretical Physics	CAN	708	0.293
University of Pennsylvania	USA	1699	0.279
Stanford University	USA	3560	0.276
Partners HealthCare System	USA	635	0.276
Harvard University	USA	5254	0.274
University of California, Santa Barbara	USA	3772	0.274
Columbia University	USA	2399	0.269
Massachusetts Institute of Technology	USA	5880	0.269
Princeton University	USA	3595	0.266
Tufts University	USA	529	0.263
University of Chicago	USA	2192	0.261
University of California, Santa Cruz	USA	2525	0.260
Carnegie Institution for Science	USA	785	0.257

Figure 1 – Classement mondial d'universités et instituts de recherche selon les articles souvent cités : présentation des résultats de modèles à plusieurs niveaux. (Voir arxiv.org/abs/1212.0304 et <http://www.excellencemapping.net/about.html>.)

⁴ L'analyse a porté sur les institutions qui ont publié au moins 500 articles, revues et communications de 2005 à 2009 dans 17 domaines (p. ex. physique et astronomie ou science des matériaux) définis par *Scopus*. La période de citation va du moment de la publication jusqu'à la fin de 2011. La recherche a été dirigée par le professeur L. Bornmann (Division des études sur les sciences et l'innovation, au siège social de la Société Max-Planck, à Munich, en Allemagne). Un article décrivant la méthodologie complète de l'étude est accessible à <http://arxiv.org/abs/1212.0304>.

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 des 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 désembrouiller 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 fiable.

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, produisant un circuit comportant de l'ordre de n portes pour obtenir une précision de n chiffres. 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 d'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 toutefois, 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, fondamentales et extrêmement ambitieuses, 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, professeur à l'Institut Périmètre, 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 aplatisant 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, 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.

Son procédé est analogue à ceci : on considère une théorie à 2 dimensions, analogue à une feuille de papier, puis on enroule la feuille pour former un tube; si l'on observe le tube de loin, il a l'aspect d'une ligne – ce qui représente une dimension de moins.

De la même manière – bien que ce ne soit pas facile de se le représenter –, on peut considérer une théorie tridimensionnelle « enroulée » dans une forme à 2 dimensions. Il y a plusieurs manières de l'enrouler, par exemple en une sphère creuse ou en un tore (comme un beigne ayant un trou au milieu). 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 certaines 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 Périmètre), 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 Périmètre) et R. VAN DER VEEN (Institut de mathématiques Korteweg-de Vries). *RG Domain Walls and Hybrid Triangulations*, arXiv:1304.6721.

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 autoportrait

On pourrait dire que l'univers s'est fait un autoportrait. Comme quelqu'un qui tient une caméra 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 **le professeur Kendrick Smith**, tentent d'interpréter et 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 sait 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 postdoctorant à l'Institut Périmètre**, 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 Périmètre) *et al.* *Planck 2013 Results. XXIV. Constraints on primordial non-Gaussianity*, arXiv:1303.5084.

C. DE RHAM (Université Case Western Reserve), K. HINTERBICHLER (Institut Périmètre), 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.

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.

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 celles 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 Périmètre et Université de Waterloo) *et al.* « Jet Launching Structure Resolved Near the Supermassive Black Hole in M87 », *Science*, vol. 338, n° 6105, 2012, arXiv:1210.6132.

C. PALENZUELA (Institut canadien d'astrophysique théorique), L. LEHNER (Institut Périmètre), 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.

Matière condensée

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

De 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.

En observant ces systèmes, les chercheurs ont appris qu'ils 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 Périmètre**, vient d'élaborer 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 Périmètre) et **Zlatko Papić** (maintenant postdoctorant à l'Institut Périmètre), 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 Péricètre, MIT et Université de Tsinghua), « Symmetry protected topological orders in interacting bosonic systems », *Science*, vol. 338, 2012, n° 6114, p. 1604.

M. SERBYN (MIT), Z. PAPIĆ (Université de Princeton) et D.A. ABANIN (Institut Péricètre 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 Péricètre 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.

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 Périmètre, 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 Périmètre, 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 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*, n° 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*, n° 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*, n° 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 système moderne qui nous permet de comprendre la physique des particules, les systèmes de matière condensée et de nombreux aspects de la cosmologie du commencement de l'univers. On l'utilise pour décrire les interactions entre particules élémentaires, la dynamique des systèmes à N corps, ainsi que des phénomènes critiques, toujours avec une grande précision. Les chercheurs de l'Institut Périclète 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 Périclète, ainsi que les anciens **postdoctorants Benjamin Basso** (maintenant à l'École normale supérieure de Paris) et **Amit Sever** (maintenant à l'Institut d'études avancées de Princeton), 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 manière exponentielle la difficulté du calcul de son aire.

Les chercheurs de l'Institut Péricimètre 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*, n° 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 Périmètre travaillent activement sur un certain nombre d'approches de ce problème, dont la gravitation quantique à boucles, les modèles de mousse de spin, la sécurité asymptotique, la gravité émergente, la théorie des cordes et la théorie des ensembles causaux. La recherche sur la gravitation quantique rejoint d'autres domaines comme la cosmologie, la physique des particules et les fondements de la physique quantique.

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 Périmètre, 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 Péricimètre). *Gravitational origin of the weak interaction's chirality*, arXiv:1212.5246.

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

Fondements quantiques

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

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 Périmètre**. 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 Périmètre 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 Périmètre**, 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 spécial 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, ancien postdoctorant à l'Institut Périmètre**, et **Nicole Halpern, ancienne étudiante du programme PSI de l'Institut Périmètre**) ont étudié comment quantifié 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 Péricône vise à favoriser.

Références

L. HARDY (Institut Péricône). *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 Péricône) 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 Péricône). *The resource theory of quantum states out of thermal equilibrium*, arXiv:1111.3882.

Prix, distinctions et subventions majeures

- 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, a reçu des doctorats honorifiques de l'Université Heriot-Watt d'Édimbourg et de l'Université de Guelph.
- Le professeur Davide Gaiotto 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, 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 scientifiques de l'Institut Péricimètre 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, directeur de l'Institut,
 - le professeur Robert Myers,
 - le professeur Lee Smolin,
 - le professeur associé Raymond Laflamme,
 - le professeur associé Michele Mosca.
- Le professeur Robert Spekkens a remporté le premier prix au concours d'essais de l'Institut FQXi (*Foundational Questions Institute*); le postdoctorant Flavio Mercati 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.
- Le professeur associé Sung-Sik Lee a obtenu une subvention de 90 000 \$ de la Fondation John-Templeton.
- Le professeur Guifre Vidal et le professeur associé Roger Melko ont obtenu une subvention de 450 000 \$ de la Fondation John-Templeton pour leur projet sur la simulation de l'émergence dans la matière quantique.
- Le professeur associé Michele Mosca et un groupe de collègues de l'Institut d'informatique quantique de l'Université de Waterloo ont obtenu du fonds de l'avant-garde de la FCI et du Fonds pour la recherche en Ontario une subvention de 490 000 \$ (sur un total de 980 000 \$) pour leur projet de recherche sur un dispositif global de communication quantique et de certification de sécurité.
- Des chercheurs de l'Institut Périmètre ont obtenu des subventions à la découverte du CRSNG, d'un montant total de 1,79 million de dollars (pour une période de 5 ans), dont 2 suppléments d'accélération à la découverte, répartis comme suit :
 - le professeur Dmitry Abanin : 150 000 \$ (30 000 \$ par année pendant 5 ans);
 - le professeur Davide Gaiotto : 386 000 \$ (53 200 \$ par année pendant 5 ans, ainsi qu'un supplément d'accélération à la découverte de 120 000 \$);
 - la professeure Natalia Toro : 260 000 \$ (52 000 \$ par année pendant 5 ans);
 - le professeur Xiao-Gang Wen : 545 000 \$ (85 000 \$ par année pendant 5 ans, ainsi qu'un supplément d'accélération à la découverte de 120 000 \$);
 - le professeur associé Matt Johnson : 162 000 \$ (27 000 \$ par année pendant 5 ans, ainsi qu'un supplément de 27 000 \$ pour chercheur en début de carrière);
 - le professeur associé Sung-Sik Lee : 125 000 \$ (25 000 \$ par année pendant 5 ans);
 - le professeur associé Roger Melko : 165 000 \$ (33 000 \$ par année pendant 5 ans).

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

Résumé des réalisations

- Renouvellement du mandat de Neil Turok pour un deuxième terme de 5 ans comme directeur de l'Institut, à compter d'octobre 2013
- Nomination de Neil Turok comme titulaire de la chaire Mike-et-Ophelia-Lazaridis-Niels-Bohr de physique théorique
- Nomination de 3 professeurs à plein temps, portant leur nombre total à 20
- Nomination conjointe de 2 professeurs associés, portant leur nombre total à 12

Points saillants

Renouvellement du mandat du directeur

- Renouvellement du mandat de Neil Turok pour un deuxième terme de 5 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. Les points saillants de son premier mandat comprennent de nombreux succès de recrutement⁵, la mise sur pied du programme de chaires de chercheur invité distingué, la création du programme de maîtrise PSI (*Perimeter Scholars International* – Boursiers internationaux de l'Institut Périmètre) et la venue des premiers titulaires de chaire de recherche de l'Institut Périmètre, Xiao-Gang Wen et Davide Gaiotto. En mars 2013, le conseil d'administration de l'Institut Périmètre a renouvelé à l'unanimité le mandat de Neil Turok pour un deuxième terme de 5 ans comme directeur de l'Institut, à compter d'octobre 2013.

Chaires de recherche de l'Institut Périmètre

- Nomination de Neil Turok comme troisième titulaire d'une chaire de recherche de l'Institut Périmètre

Le programme de chaires de recherche de l'Institut Périmètre a été conçu pour attirer à l'Institut et au Canada des chercheurs étoiles ayant beaucoup d'expérience. Ces chaires, qui portent le nom de scientifiques légendaires dont les découvertes ont contribué à façonner la physique moderne, sont conçues pour attirer les meilleurs chercheurs au monde dans des domaines choisis de manière

⁵ Au cours de cette période, l'Institut Périmètre a recruté 12 nouveaux professeurs et 7 professeurs associés.

stratégique. Leurs titulaires animent des groupes de recherche dynamiques dotés de ressources qui leur permettent de faire des progrès rapides sur des questions clés. Les chaires de recherche de l'Institut Périmètre sont conçues pour être les chaires les plus attrayantes et les plus prestigieuses en physique théorique au monde, ce qui représente un bénéfice intellectuel majeur pour le Canada.

En mars 2013, Neil Turok a été nommé titulaire de la chaire Mike-et-Ophelia-Lazaridis-Niels-Bohr de physique théorique. Il s'agit de la troisième chaire de recherche de l'Institut Périmètre, ce qui est conforme aux objectifs fixés⁶. En plus de diriger l'Institut Périmètre, Neil Turok est un scientifique de renommée mondiale dans le domaine de la cosmologie (voir ci-dessous).

Nouveau titulaire d'une chaire de recherche de l'Institut Périmètre en 2012-2013

Neil Turok (Ph.D., Collège impérial de Londres, 1983) a été professeur de physique à l'Université de Princeton et titulaire de la chaire de physique mathématique de l'Université de Cambridge avant de devenir directeur de l'Institut Périmètre. Les recherches de M. Turok mettent l'accent sur l'élaboration de théories fondamentales en cosmologie et de nouveaux tests d'observation. Ses prédictions concernant les corrélations entre la polarisation et la température du rayonnement fossile (ou fonds diffus cosmologique) et du rayonnement de fond produit par l'énergie sombre ont été confirmées. Avec Stephen Hawking, Neil Turok a découvert les solutions instanton qui décrivent la naissance d'univers inflationnaires. Ses travaux sur l'inflation ouverte constituent le fondement du modèle de « multivers » (ou multiunivers), qui fait maintenant l'objet de nombreuses discussions. Avec Paul Steinhardt, il a élaboré un nouveau modèle cosmologique cyclique, dont les prédictions concordent jusqu'à maintenant avec tous les tests d'observation. M. Turok a reçu de nombreuses distinctions, dont des bourses Sloan et Packard, de même que la médaille James-Clerk-Maxwell 1992 de l'Institut de physique du Royaume-Uni. Il est 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 – et est maintenant l'institution de formation supérieure en sciences mathématiques la plus renommée de l'Afrique. Pour ses découvertes scientifiques et son œuvre de fondation et de développement de l'AIMS, Neil Turok s'est vu décerner un prix TED en 2008. Il a également reçu des prix du Sommet mondial sur l'innovation et l'esprit d'entreprise (WSIE) et du Sommet mondial de l'innovation en éducation (WISE).

⁶ Les deux premiers titulaires de chaire de recherche de l'Institut Périmètre sont Xiao-Gang Wen, nommé en 2011 titulaire de la chaire Groupe-financier-BMO-Isaac-Newton de physique théorique, et Davide Gaiotto, nommé en 2012 titulaire de la chaire Galilée de physique théorique.

Professeurs

- Nomination de 3 professeurs à plein temps – Dmitry Abanin, Luis Lehner et Kendrick Smith –, portant leur nombre total à 20

À l'automne 2012, l'Institut Périmètre a accueilli dans ses rangs 2 professeurs adjoints exceptionnels, Dmitry Abanin et Kendrick Smith. De plus, après 3 ans comme professeur associé dans le cadre d'une nomination conjointe avec l'Université de Guelph, Luis Lehner est devenu professeur titulaire à l'Institut Périmètre en septembre 2012. Cela porte à 20 le nombre de professeurs à plein temps, ce qui dépasse les objectifs fixés.

Nouveaux professeurs recrutés en 2012-2013

Dmitry Abanin (Ph.D., Institut de technologie du Massachusetts, 2008) est devenu professeur à l'Institut Périmètre à l'automne 2012, après avoir été postdoctorant au Centre de sciences théoriques de Princeton (2008-2011) et à l'Université Harvard (2011-2012). M. Abanin est un jeune théoricien de premier plan dans le domaine de la matière condensée. Ses recherches portent principalement sur l'élaboration d'une compréhension théorique des matériaux de Dirac, en mettant l'accent sur le transport quantique de charge et de spin, et sur la recherche de nouvelles manières de contrôler leurs propriétés électroniques. Certains de ses résultats théoriques ont été confirmés par des groupes d'expérimentateurs de l'Institut Max-Planck, de l'Université de Manchester, de l'Université de la Californie à Riverside, des universités Harvard et Columbia, ainsi que d'autres établissements.

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

Kendrick Smith (Ph.D., Université de Chicago, 2007) est devenu professeur à l'Institut Périmètre à l'automne 2012⁷, après avoir été postdoctorant à l'Université de Cambridge (2007-2009) et à l'Université de Princeton (2009-2012). M. Smith est un cosmologiste qui œuvre 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 marquants, dont la première détection de l'effet lenticulaire gravitationnel dans le rayonnement fossile (ou fonds diffus cosmologique).

Professeurs associés

- Nomination de 2 professeurs associés, portant leur nombre total à 12

Grâce à son programme de professeurs associés, l'Institut Périmètre recrute des scientifiques de premier plan en partenariat avec d'importantes universités canadiennes, ce qui augmente l'étendue des gains de compétences réalisés et contribue à la force de plus en plus grande du Canada en physique fondamentale. Chaque professeur associé passe jusqu'à 50 % de son temps à l'Institut Périmètre, en plus d'enseigner et de faire de la recherche dans l'université partenaire.

Luis Lehner donne un exemple instructif de la valeur stratégique du programme de professeurs associés. En 2009, il a été recruté en provenance de l'Université d'État de Louisiane, dans le cadre d'une nomination conjointe à l'Institut Périmètre et à l'Université de Guelph. En 2012, M. Lehner est devenu professeur à plein temps à l'Institut Périmètre (voir plus haut), et l'Institut a commencé à rechercher un autre professeur associé avec l'Université de Guelph. Le résultat net en est une région plus forte dans les domaines de la physique gravitationnelle, de l'astrophysique et de la physique informatique. Cela a aidé l'Université de Guelph tout comme l'Institut Périmètre à attirer plusieurs professeurs adjoints, postdoctorants et étudiants diplômés exceptionnels.

En 2012-2013, conformément aux objectifs fixés, l'Institut Périmètre a recruté 2 nouveaux professeurs associés, le cosmologiste Matthew Johnson (avec l'Université York) et le théoricien de la matière condensée Roger Melko (avec l'Université de Waterloo). L'Institut compte maintenant 12 professeurs associés⁸; il recherche d'autres candidats en collaboration avec l'Université de Guelph, l'Université Queen's, l'Université de Toronto, l'Université de Waterloo et l'Université Western.

⁷ M. Smith s'est vu accorder un congé d'un an à compter de la date de son embauche, afin de participer à la phase de démarrage du projet HSC (*Hyper-Suprime Cam*) au télescope Subaru d'Hawaii, après quoi il apportera à l'Institut Périmètre les pleins droits d'utilisation des données recueillies. Il devrait également diriger la participation de l'Institut au projet LSST (*Large Synoptic Survey Telescope*), qui succédera au projet HSC et donnera lieu à des tests sans précédent portant sur l'énergie sombre et sur d'autres signaux de la physique primordiale. Il sera sur place à l'Institut Périmètre à compter de septembre 2013.

⁸ Les professeurs associés sont nommés pour des durées fixes de 3 à 7 ans. Au cours de la dernière année, Adrian Kent et Luis Lehner ont complété leur terme. Luis Lehner est devenu professeur à plein temps à l'Institut Périmètre, alors qu'Adrian Kent a accepté une chaire de chercheur invité distingué.

Nouveaux professeurs associés recrutés en 2012-2013

Matthew Johnson (Ph.D., Université de la Californie à Santa Cruz, 2007) est devenu professeur associé à l'Institut Péricètre en août 2012, dans le cadre d'une nomination conjointe avec l'Université York. Auparavant, il a été postdoctorant à l'Institut de technologie de la Californie (2007-2010) et à l'Institut Péricètre (2010-2012). C'est un cosmologiste dont les recherches interdisciplinaires visent à comprendre comment l'univers a commencé, comment il a évolué et quel est son avenir. Pour cela, M. Johnson conçoit des algorithmes d'analyse de données pour confronter les théories fondamentales avec les observations du rayonnement fossile.

Roger Melko (Ph.D., Université de la Californie à Santa Barbara, 2005) est devenu professeur associé à l'Institut Péricètre en septembre 2012, dans le cadre d'une nomination conjointe avec l'Université de Waterloo, où il est professeur depuis 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. De 2005 à 2007, M. Melko a été boursier postdoctoral Wigner au Laboratoire national d'Oak Ridge. Il a obtenu une bourse de nouveau chercheur en 2010.

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

Résumé des réalisations

- Embauche de 20 postdoctorants en 2012-2013 et recrutement de 18 autres pour 2013-2014
- Obtention de postes de professeur menant à la permanence pour 6 finissants en postdoctorat
- Formation de 29 étudiants, dont 10 femmes, provenant de 15 pays, dans le cadre du programme de maîtrise PSI (*Perimeter Scholars International* – Boursiers internationaux de l’Institut Périmètre), ainsi que de 39 doctorants
- Accueil de 19 adjoints diplômés invités, pour un total de 22 séjours
- Formation à la recherche de 7 étudiants de 1^{er} cycle

Points saillants

Postdoctorants

- Embauche de 20 postdoctorants en 2012-2013
- Obtention de postes de professeur menant à la permanence pour 6 finissants en postdoctorat

En 2012-2013, l’Institut Périmètre a embauché 20 postdoctorants et en a recruté 18 autres pour 2013-2014, dépassant les objectifs fixés⁹.

L’Institut Périmètre est connu dans le monde entier pour son milieu exceptionnellement stimulant et le soutien qu’il apporte. Les postdoctorants y jouissent d’une indépendance totale dans leurs recherches et sont encouragés à explorer des voies innovatrices et ambitieuses¹⁰. L’Institut offre des occasions inégalées de collaboration, grâce à de nombreux partenariats stratégiques, notamment avec des centres d’observation et d’expérimentation tels que le Laboratoire TRIUMF, le CERN, ainsi que l’Institut d’informatique quantique de l’Université de Waterloo (voir l’objectif n° 6). L’Institut Périmètre met en outre à profit ses partenariats pour offrir à certains candidats de premier plan des postes conjoints de postdoctorant¹¹.

La formation à l’Institut Périmètre rapporte des dividendes. En 2012-2013, malgré un marché universitaire qui demeure très concurrentiel partout dans le monde, 6 finissants en postdoctorat ont obtenu à ce jour des postes de professeur menant à la permanence : Eric Chitambar (Université de

⁹ Les succès des chercheurs résidants dans l’obtention de subventions ont permis à l’Institut d’embaucher un nombre plus élevé que prévu de postdoctorants.

¹⁰ L’Institut Périmètre a reçu 694 candidatures pour les postes disponibles en 2013-2014, soit le nombre le plus élevé de son histoire, ce qui témoigne de l’excellente réputation de l’Institut.

¹¹ En 2012-2013, l’Institut Périmètre a offert 4 postes de ce type – 3 avec l’Institut d’informatique quantique et 1 avec l’Institut d’études avancées de Princeton.

l'Illinois du Sud), Sarah Croke (Université de Glasgow), Adrienne Erickcek (Université de la Caroline du Nord), Simone Giombi (Université Princeton), Leonardo Modesto (Université Fudan, en Chine) et David Skinner (Université de Cambridge). D'autres finissants en postdoctorat ont obtenu d'excellents postes scientifiques dans des établissements tels que l'Université du Nouveau-Brunswick, l'Université Harvard, l'Université d'État de Pennsylvanie, l'Université Paris 13 et le Synchrotron d'électrons allemand (DESY); d'autres ont obtenu des postes dans le secteur privé, dont un comme analyste de risques à la CitiBank.

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

- En 2012-2013, formation de 29 étudiants, dont 10 femmes, provenant de 15 pays, dans le cadre du programme PSI

PSI est un programme du niveau de la maîtrise qui attire des diplômés très doués venus du monde entier et les amène à la fine pointe de la physique théorique en une année universitaire. Ce programme innovateur comprend des modules de 3 semaines de cours donnés par des conférenciers de premier plan venus du monde entier¹². Six assistants à plein temps de niveau postdoctoral et plusieurs assistants d'enseignement diplômés fournissent aide et conseils aux étudiants pendant toute l'année¹³. Les finissants reçoivent un diplôme de maîtrise de l'Université de Waterloo.

Le processus d'admission au programme PSI est très concurrentiel, avec des candidatures provenant de 62 pays et un taux d'admission de 8,9 %¹⁴. Par conséquent, le calibre des participants à ce programme est extrêmement élevé. Plusieurs étudiants acceptés pour 2013-2014 ont obtenu des bourses par voie de concours, dont 5 du CRSNG et 2 du CERN. Le programme PSI contribue également à renforcer les liens de l'Institut Périmètre avec ses partenaires régionaux – notamment l'Université de Waterloo, l'Université McMaster et le Laboratoire TRIUMF, dont des scientifiques donnent des cours et supervisent des projets de recherche dans le cadre du programme PSI. De plus, 10 cours du programme PSI ont été ouverts (avec une autorisation spéciale) à des étudiants diplômés de l'extérieur de l'Institut Périmètre, ce qui a enrichi d'autant l'offre de cours aux étudiants diplômés de toute la région¹⁵.

¹² En 2012-2013, le corps professoral du programme PSI comprenait 12 professeurs de l'Institut Périmètre, 1 titulaire de chaire de chercheur invité distingué et 10 autres scientifiques de calibre international.

¹³ Ces assistants acquièrent ainsi une précieuse expérience d'enseignement; cette année, Sarah Croke, postdoctorante membre du programme PSI, a obtenu un poste de professeur menant à la permanence à l'Université de Glasgow.

¹⁴ Pour 2013-2014, 31 étudiants, dont 10 femmes, provenant de 17 pays, ont été acceptés sur 349 candidats de 62 pays. Deux membres de cette dernière promotion sont diplômés de l'Institut africain de sciences mathématiques (AIMS), partenaire de rayonnement international de l'Institut Périmètre.

¹⁵ 20 étudiants d'universités environnantes se sont inscrits à des cours du programme PSI.

Le programme PSI continue d'accomplir sa mission d'amener au Canada des diplômés qui ont un potentiel scientifique élevé, et d'y retenir les meilleurs d'entre eux pour qu'ils poursuivent leur formation au niveau du doctorat. Parmi les finissants de 2012-2013, 11 poursuivent leur doctorat au Canada, dont 7 à l'Institut Périmètre. La plupart des autres diplômés du programme PSI ont été admis dans des programmes de doctorat d'institutions prestigieuses, dont l'Institut de technologie de la Californie, l'Université de Cambridge, l'Institut de technologie du Massachusetts et l'Université d'Oxford.

Doctorants

- L'Institut Périmètre comptait 39 doctorants en résidence en 2012-2013.
- Six doctorants travaillant sous la direction de professeurs de l'Institut ont obtenu leur doctorat d'universités partenaires.
- Deux diplômés ont fondé des entreprises au Canada.

Le programme de doctorat continue de croître comme prévu, alors que l'Institut recrute les meilleurs diplômés de son programme PSI, qui poursuivent leurs études avec des professeurs de l'Institut. À la fin de l'exercice, l'Institut Périmètre comptait 39 doctorants en résidence, dont 21 avaient obtenu leur maîtrise dans le cadre du programme PSI. Comme l'Institut Périmètre ne décerne pas de diplôme, son programme de doctorat amène des étudiants de premier plan non seulement à l'Institut, mais aussi dans les universités partenaires qui délivrent les diplômes, ce qui constitue un important gain de talents pour le Canada.

Parmi les 6 diplômés de cette année, 2 ont fondé des entreprises canadiennes (les autres ont obtenu par voie de concours des postes de postdoctorant dans des institutions de calibre international). Jorge Escobedo met à profit ses talents de 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 l'analyse de données. Cozmin Ududec 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.

Adjoints diplômés invités

- Accueil en 2012-2013 de 19 adjoints diplômés invités, pour un total de 22 séjours d'une durée de 1 à 8 mois

Le programme d'adjoints diplômés invités permet à des doctorants avancés du monde entier de passer plusieurs mois à l'Institut Périmètre. Cela leur permet de se joindre aux chercheurs de l'Institut et d'échanger avec des chercheurs de premier plan à un moment charnière de leur formation à la

recherche. À sa première année complète de mise en œuvre, le programme a déjà presque atteint son objectif de croisière d'avoir en tout temps la visite de 6 à 8 adjoints diplômés invités.

Étudiants de premier cycle

- Formation à la recherche de 7 étudiants exceptionnels de 1^{er} cycle, provenant d'institutions de premier plan

Dans le cadre de ce programme, des étudiants prometteurs de 1^{er} cycle réalisent des projets de recherche de 2 à 4 mois. Ils acquièrent ainsi une expérience de la recherche de haut niveau, tout en procurant à des postdoctorants de l'Institut Périmètre une précieuse expérience de mentorat. Ce programme contribue également à attirer des cerveaux à l'Institut – à titre d'exemple, Emily Adlam est venue de l'Université d'Oxford pour un projet d'été en 2012, puis elle est revenue à l'Institut Périmètre en 2013-2014 comme étudiante dans le programme PSI.

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

Résumé des réalisations

- Nomination de 12 scientifiques de premier plan comme titulaires de chaire de chercheur invité distingué, portant leur nombre total à 34
- Nomination de 4 jeunes chercheurs accomplis comme adjoints invités, portant leur nombre total à 10
- Accueil de 432 chercheurs invités, pour un total de 462 séjours scientifiques

Points saillants

Chaires de chercheur invité distingué

- L'Institut Périclète a nommé 12 nouveaux titulaires de chaire de chercheur invité distingué et a renouvelé le mandat de 6 autres, portant leur nombre total à 34¹⁶.
- En 2012-2013, 15 titulaires de chaire de chercheur invité distingué ont effectué en tout 29 séjours à l'Institut Périclète.

Unique au monde, le programme de chaires de chercheur invité distingué de l'Institut Périclète est à la fois stratégique et rentable. Les titulaires de ces chaires sont des scientifiques de premier plan qui se rendent à l'Institut Périclète pour de longues périodes de recherche et de collaboration, et participent à tous les aspects de la vie à l'Institut. Ils sont nommés pour des mandats renouvelables de 3 ans et conservent leur poste dans leur établissement d'origine. Collectivement, ces sommités – dont Stephen Hawking, Nima Arkani-Hamed, Leonard Susskind et le lauréat du prix Nobel Gerard 't Hooft – couvrent une gamme extrêmement vaste de compétences (voir l'annexe C, *Titulaires de chaire de chercheur invité distingué de l'Institut Périclète*).

Pour les titulaires de chaire de chercheur invité distingué, le temps passé à l'Institut Périclète est très productif, puisqu'ils sont libérés de leurs tâches habituelles d'administration et d'enseignement. En échange, leur présence comme collaborateurs, conférenciers, ainsi que leur participation au programme PSI, sont grandement bénéfiques et inspirantes pour la communauté des chercheurs résidents de l'Institut.

Les titulaires de chaire de chercheur invité distingué de l'Institut Périclète continuent de recevoir des marques de reconnaissance parmi les plus prestigieuses. En 2012-2013, Stephen Hawking a reçu l'un des deux prix de physique fondamentale, d'une valeur de 3 millions de dollars, accordés par la Fondation

¹⁶ Les 6 titulaires de chaire de chercheur invité distingué dont le mandat a été renouvelé jusqu'en 2015 sont Patrick Hayden, Leo Kadanoff, Sandu Popescu, Paul Steinhardt, William Unruh et Mark Wise.

des Prix de physique fondamentale, et S. James Gates fils a reçu la Médaille nationale de la science, la plus haute distinction accordée à un scientifique par le gouvernement des États-Unis.

Nouveaux titulaires de chaire de chercheur invité distingué nommés en 2012-2013

Matthew Fisher (Ph.D., Université de l'Illinois à Urbana-Champaign, 1986) est physicien de la matière condensée à l'Institut Kavli de physique théorique de l'Université de la Californie à Santa Barbara. Ses recherches portent sur les systèmes fortement corrélés, en particulier les systèmes à dimensionnalité réduite, les 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. Matthew Fisher a été élu membre de l'Académie américaine des arts et des sciences en 2003 et de l'Académie nationale des États-Unis en 2012. Il a plus de 160 publications à son actif.

Alexander Goncharov (Ph.D., Institut de mathématiques de Novossibirsk, 1987) est professeur au Département de mathématiques de l'Université Yale. Avant d'occuper ce poste, il a été professeur à l'Université Brown, à l'Institut Max-Planck de mathématiques et à l'Institut de technologie du Massachusetts. Ses recherches portent principalement sur la physique mathématique, notamment la géométrie algébrique et arithmétique et la théorie des représentations. Il est connu pour la conjecture de Goncharov, selon laquelle la cohomologie de certains complexes motiviques coïncide avec des parties de groupes K. En 1992, M. Goncharov a obtenu le Prix de la Société européenne de mathématiques.

F. Duncan M. Haldane (Ph.D., Université de Cambridge, 1978) a le titre de professeur Eugene-Higgins de physique à l'Université de Princeton. Ses recherches portent sur l'étude de systèmes quantiques de matière condensée à N corps en interaction forte, à l'aide de méthodes non perturbatrices. Il s'intéresse en particulier au spectre d'intrication d'états quantiques, aux isolants topologiques et aux isolants de Chern, ainsi qu'à la géométrie et aux fonctions d'onde modèles de l'effet Hall quantique fractionnaire. M. Haldane a été récipiendaire d'une bourse de recherche Sloan et est actuellement membre élu de la Société royale de Londres, de l'Institut de physique du Royaume-Uni, de la Société américaine de physique, de l'Association américaine pour l'avancement de la science et de l'Académie américaine des arts et des sciences. Il a reçu le prix Oliver-E.-Buckley de physique de la matière condensée, attribué par la Société américaine de physique (1993), et la médaille Dirac du Centre international de physique théorique (2012).

Theodore A. (Ted) Jacobson (Ph.D., Université du Texas à Austin, 1983) est professeur de physique à l'Université du Maryland à College Park. C'est un chef de file de la recherche dans le domaine de la physique gravitationnelle, de même qu'un éducateur passionné et accompli. Ses recherches portent sur la gravitation quantique, la mise à l'épreuve des fondements de la théorie de la relativité, la nature du rayonnement de Hawking et l'entropie des trous noirs. M. Jacobson est l'auteur de plus de 100 articles scientifiques, qui ont fait l'objet de plus de 6800 citations. Il est membre élu de la Société américaine de physique et de l'Association américaine pour l'avancement de la science. Il est en outre membre du

comité de rédaction de *Physical Review D* et rédacteur en chef d'une section des *Physical Review Letters*.

Adrian Kent (Ph.D., Université de Cambridge, 1996) est maître de conférences en physique quantique à l'Université de Cambridge. Auparavant, il a été boursier postdoctoral Enrico-Fermi à l'Université de Chicago, membre de l'Institut des études avancées de Princeton et chercheur boursier de la Société royale de Londres à l'Université de Cambridge. Avant de devenir titulaire d'une chaire de chercheur invité distingué, Adrian Kent a été professeur associé à l'Institut Périclès. Ses recherches portent sur les fondements de la physique, la cryptographie quantique et la théorie de l'information quantique, plus particulièrement sur la physique de la décohérence, les tests innovateurs de la physique quantique et d'autres théories possibles, ainsi que les nouvelles applications de l'information quantique.

Ramesh Narayan (Ph.D., Université de Bangalore, 1979) a le titre de professeur Thomas-Dudley-Cabot de sciences naturelles à l'Université Harvard. C'est un astrophysicien mondialement reconnu pour ses recherches sur les trous noirs. M. Narayan a également fait des recherches dans un certain nombre d'autres domaines de l'astrophysique théorique, dont les disques d'accrétion, l'effet lentillaire gravitationnel, les bouffées de rayons gamma et les étoiles à neutrons. Il est membre élu de la Société royale de Londres, de l'Association américaine pour l'avancement de la science, de l'Union astronomique internationale et de la Société américaine d'astronomie.

Peter Shor (Ph.D., Institut de technologie du Massachusetts, 1985) a le titre de professeur Morss de mathématiques appliquées à l'Institut de technologie du Massachusetts. En 1994, il a formulé un algorithme quantique de factorisation, maintenant appelé *algorithme de Shor*, qui est exponentiellement plus rapide que le meilleur algorithme actuellement connu conçu pour un ordinateur classique. Il a également démontré que la correction d'erreurs quantiques est possible et que l'on peut effectuer des calculs quantiques insensibles aux défaillances dans un ordinateur quantique. M. Shor continue de concentrer ses recherches sur l'informatique théorique, plus précisément sur l'algorithmique et le calcul quantique. Il a reçu de nombreux prix et distinctions, dont le prix Nevanlinna (1998), le Prix international de communication quantique (1998), le prix Gödel de l'ACM (1999) et une bourse de la Fondation MacArthur (1999). Il a en outre été élu membre de l'Académie nationale des sciences des États-Unis (2002) ainsi que de l'Académie américaine des arts et des sciences (2011).

Dam Thanh Son (Ph.D., Institut de recherche nucléaire de Moscou, 1995) a le titre de professeur d'université en physique à l'Université de Chicago, poste prestigieux qui comporte des nominations aux instituts de recherche interdisciplinaire de l'université, à savoir l'Institut Enrico-Fermi et l'Institut James-Franck. Reconnu pour ses vastes intérêts en recherche, M. Son a acquis une renommée internationale pour son application des idées de la théorie des cordes à la physique du plasma quark-gluon. Ses travaux englobent plusieurs domaines de la physique théorique, dont la théorie des cordes, la physique nucléaire, la physique de la matière condensée, la physique des particules et la physique atomique. Entre autres distinctions, Dam Thanh Son a été élu membre de la Fondation Alfred-P.-Sloan (2001) et de la Société américaine de physique (2006).

Andrew Strominger (Ph.D., Institut de technologie du Massachusetts, 1982) a le titre de professeur Gwill-E.-York de physique à l'Université Harvard, où il est également directeur du Centre des lois fondamentales de la Nature. Dans ses recherches, il a recours à diverses approches pour étudier l'unification des forces et des particules, l'origine de l'univers, de même que la structure quantique des trous noirs et de leur horizon (horizon des événements). Entre autres contributions majeures, le professeur Strominger est le codécouvreur des compactifications de Calabi-Yau et des solutions branaires de la théorie des cordes. Avec ses collaborateurs, il a fourni une démonstration à l'échelle microscopique de la manière dont les trous noirs peuvent stocker de l'information de façon holographique. Ses recherches récentes portent sur des aspects des trous noirs et de leur horizon qui sont universels et ne dépendent pas d'hypothèses microphysiques détaillées.

Raman Sundrum (Ph.D., Université Yale, 1990) a le titre de professeur d'université distingué à l'Université du Maryland à College Park, où il est également directeur du Centre de physique fondamentale du Maryland. Son domaine de recherche est la physique théorique des particules, plus précisément les mécanismes théoriques et les implications observables des dimensions supplémentaires de l'espace-temps, de la supersymétrie et de la dynamique en régime de couplage fort. En 1999, avec Lisa Randall, il a proposé une classe de modèles, maintenant connus sous le nom de modèles de Randall-Sundrum, selon lesquels le monde réel est un univers comportant des dimensions supplémentaires, décrit par une géométrie déformée. M. Sundrum a remporté un prix de jeune chercheur exceptionnel du Département américain de l'Énergie pour 2001-2002. Il a été élu membre de la Société américaine de physique (2003) et de l'Association américaine pour l'avancement de la science (2011).

Zhenghan Wang (Ph.D., Université de la Californie à San Diego, 1993) est chercheur principal à la Station Q de Microsoft Research sur le campus de l'Université de la Californie à Santa Barbara (UCSB), ainsi que professeur de mathématiques à l'UCSB, en congé d'une durée indéterminée. Il s'intéresse principalement à la topologie quantique, aux modèles mathématiques des états topologiques de la matière, ainsi qu'à leur application à l'informatique quantique. M. Wang et ses collègues de Microsoft ont obtenu de nombreux résultats, y compris la démonstration qu'un ordinateur quantique anyonique est capable d'effectuer tout calcul qu'un ordinateur quantique plus traditionnel à qubits peut effectuer. Il travaille actuellement sur les fondements théoriques du domaine de l'anyonique, c'est-à-dire la science et la technologie de la mise au point, du comportement et des applications d'appareils anyoniques.

Steven White (Ph.D., Université Cornell, 1988) est professeur au Département de physique de l'Université de la Californie à Irvine. Ses recherches portent principalement sur la théorie de la matière condensée, notamment les approches numériques des systèmes magnétiques et supraconducteurs fortement corrélés. En 1992, M. White a inventé le groupe de renormalisation par la matrice de densité (DMRG), technique de variation numérique permettant de calculer avec une grande précision les propriétés physiques de faible énergie des systèmes quantiques à N corps. Ses travaux lui ont valu d'être élu membre de la Société américaine de physique (1998) et de l'Association américaine pour l'avancement de la science (2008). En 2003, il a remporté le prix Aneesur-Rahman, la plus haute distinction dans le domaine de la physique informatique attribuée par la Société américaine de physique.

Adjoints invités

- L'Institut Péricimètre a nommé 4 nouveaux adjoints invités en 2012-2013.
- En 2012-2013, 8 adjoints invités ont effectué en tout 13 séjours à l'Institut Péricimètre.

Depuis sa création en 2011, le programme d'adjoints invités est rapidement devenu un outil important pour amener de façon régulière à l'Institut Péricimètre des chercheurs accomplis. Sur le modèle des titulaires de chaire de chercheur invité distingué, les adjoints invités couvrent une vaste gamme de domaines, sont nommés pour des termes renouvelables et conservent leur poste dans leur établissement d'origine tout en venant à l'Institut pour de longs séjours de recherche.

Avec les nominations de cette année, l'Institut a atteint son objectif de croisière de 10 adjoints invités dans le cadre de ce programme. Parmi les nouveaux adjoints invités de cette année, 3 viennent de terminer leur stage postdoctoral à l'Institut Péricimètre. L'Institut peut ainsi rester en contact avec eux tout en renforçant ses liens avec leurs nouvelles institutions d'appartenance.

Nouveaux adjoints invités nommés en 2012-2013

Fernando Brandão (Ph.D., Collège impérial de Londres, 2008) est chargé de cours au Collège universitaire de Londres. Ses recherches portent sur l'information quantique, le calcul quantique et l'optique quantique, en particulier sur leurs liens avec les mathématiques et l'informatique en vue de comprendre les possibilités et les limites des systèmes de mécanique quantique. Entre autres distinctions, M. Brandão a remporté le prix de la meilleure thèse de doctorat dans la division d'électronique quantique de l'Institut de physique du Royaume-Uni (2008), le prix de la division d'électronique et d'optique quantiques de la Société européenne de physique (2009), et une bourse européenne de jeune chercheur en information quantique à la conférence QIPC 2013.

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

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

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

Programme de chercheurs invités

- En 2012-2013, l'Institut Périmètre a accueilli 432 chercheurs invités, dont 392 invités à court terme, 15 titulaires de chaire de chercheur invité distingué et 8 adjoints invités¹⁷, pour un total de 462 séjours scientifiques.
- Quelque 17 chercheurs invités ont fait de longs séjours à l'Institut Périmètre pendant des congés (p. ex. sabbatiques) accordés par leur établissement d'origine.

Le dynamique programme de chercheurs invités de l'Institut Périmètre permet à ses scientifiques résidents de se tenir au courant des derniers développements dans leur domaine, d'échanger des idées et de susciter de nouvelles collaborations. D'autre part, pendant leur séjour à l'Institut, les chercheurs invités ont le temps et l'espace voulus pour accomplir avec des collaborateurs le travail intense et soutenu souvent nécessaire pour résoudre des problèmes difficiles. Le programme contribue en outre au recrutement de chercheurs, en faisant connaître aux candidats potentiels un milieu de recherche dynamique et un excellent soutien administratif, qui permettent aux chercheurs d'atteindre une productivité maximale. L'année dernière, de nombreux séjours de chercheurs invités ont mené à de nouvelles nominations, dont celle de Zheng-Cheng Gu comme premier récipiendaire d'une bourse postdoctorale du directeur.

¹⁷ Ces 15 titulaires de chaire de chercheur invité distingué ont effectué en tout 29 séjours à l'Institut Périmètre, alors que les 8 adjoints invités ont fait au total 13 séjours à l'Institut.

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

Résumé des réalisations

- Renouvellement de 2 partenariats existants et conclusion de 3 nouveaux partenariats avec des institutions
- Création d'une bourse postdoctorale conjointe avec l'Institut Fields de recherche mathématique de l'Université de Toronto
- Organisation en partenariat de 6 conférences et ateliers tenus à l'Institut Périmètre, et parrainage de 10 autres conférences et ateliers tenus à l'extérieur de l'Institut
- Assistance à l'initiative *Next Einstein* (le prochain Einstein) de l'Institut africain des sciences mathématiques (AIMS-NEI), dont le réseau a doublé, passant de 2 à 4 centres au cours de la dernière année

Points saillants

Collaborations et partenariats

Les partenariats de l'Institut Périmètre avec des instituts de premier plan 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. En 2012-2013, conformément aux objectifs fixés, l'Institut a conclu 3 nouveaux partenariats et a renouvelé les accords existants avec le Centre de cosmologie théorique (CTC) de l'Université de Cambridge et avec le Laboratoire TRIUMF, centre national canadien de recherche en physique corpusculaire et nucléaire.

Nouveaux partenariats conclus en 2012-2013

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

L'Institut Périmètre et les laboratoires canadiens TRIUMF et SNOLAB¹⁸ ont formé un partenariat pour convoquer 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 la participation de chefs de file de la physique des particules qui ont fait des exposés sur la physique des collisionneurs, la physique des neutrinos, la matière sombre, les techniques de Monte-Carlo et la physique au-delà du modèle standard. D'autres éditions de cette École d'été sont prévues pour 2014 et 2015, respectivement au Laboratoire SNOLAB et à l'Institut Périmètre.

¹⁸ Le Laboratoire TRIUMF (situé à Vancouver, BC) est le centre national canadien de recherche en physique corpusculaire et nucléaire; SNOLAB (situé à Sudbury, ON) est un laboratoire souterrain spécialisé dans la physique des neutrinos et de la matière sombre.

Institut scientifique Weizmann

À l'instar de l'Institut Péricimètre, l'Institut scientifique Weizmann de Rehovot, en Israël, est un établissement de recherche pluridisciplinaire qui vise à améliorer notre compréhension de la nature. Les deux instituts ont signé une entente de 3 ans pour faciliter les séjours de recherche, promouvoir la collaboration scientifique entre leurs chercheurs, de même qu'encourager la coopération en matière de diffusion des connaissances, domaine qui revêt une importance particulière au sein des deux instituts. La Faculté de physique de l'Institut Weizmann comprend des théoriciens et des expérimentateurs, ce qui procure aux chercheurs de l'Institut Péricimètre qui le souhaitent un autre lien avec la physique expérimentale.

École internationale supérieure d'études avancées (SISSA)

L'École internationale supérieure d'études avancées (SISSA) est un centre d'excellence scientifique situé à Trieste, en Italie. Ses trois principaux domaines de recherche sont la physique, les mathématiques et les neurosciences. Bon nombre de ses chercheurs sont des experts de domaines qui intéressent les scientifiques de l'Institut Péricimètre. Les deux institutions ont donc signé un accord pour faciliter les séjours scientifiques et promouvoir les collaborations entre chercheurs dans des domaines d'intérêt commun. L'accord encourage également la collaboration entre les deux institutions en matière de diffusion des connaissances.

En plus de ces accords officiels de collaboration, l'Institut Péricimètre a participé à des partenariats informels, pour le plus grand bénéfice de la communauté internationale de la physique. En voici quelques exemples au cours de 2012-2013 :

- **LHC Search Strategies** (Stratégies de recherche du LHC), du 2 au 4 août 2012 – Cet atelier sur invitation a réuni des théoriciens de l'Institut Péricimètre et d'autres institutions de premier plan, ainsi que des participants à l'expérience de solénoïde compact pour muons (CMS) au grand collisionneur de hadrons du CERN, afin d'analyser les enseignements tirés de la recherche du boson de Higgs et planifier la suite des travaux. Steve Worm, l'un des directeurs de l'expérience, a déclaré à propos de cet atelier : « Les discussions tenues à l'Institut Péricimètre ont contribué à un changement d'orientation stratégique dans la gestion et la direction scientifique de cette expérience. Au sein de mon groupe, nous voyons cet atelier comme un point tournant de notre développement stratégique, et les discussions que nous avons eues devraient engendrer des changements ayant des répercussions importantes sur nos travaux futurs. » [traduction]
- **Bourse africaine des instituts Fields et Péricimètre** – L'Institut Fields de recherche mathématique de l'Université de Toronto et l'Institut Péricimètre ont formé un partenariat pour financer 4 bourses postdoctorales conjointes. Les postes d'une durée d'un an sont destinés à des Africains qui ont récemment obtenu leur doctorat et qui font des recherches en mathématiques ou en physique théorique fondamentale. Les boursiers seront encouragés à passer du temps dans les deux instituts, dans des proportions correspondant à leurs intérêts de recherche. Le premier boursier dans le cadre de ce partenariat devrait arriver à l'automne 2013.

- ***Cosmological Frontiers in Fundamental Physics 2013*** (Frontières cosmologiques en physique fondamentale 2013), du 8 au 11 juillet 2013 – Septième d'une série de conférences organisées conjointement par les Instituts internationaux Solvay de Bruxelles, en Belgique, et le Laboratoire AstroParticule et Cosmologie (APC) de l'Université Paris 7, en France, elle a réuni 80 scientifiques pour discuter des conséquences des données du satellite Planck à propos du rayonnement fossile, publiées quelques semaines avant la conférence, ainsi que des derniers développements dans le domaine de la gravitation massive.

Enfin, l'Institut Péricimètre a accueilli plusieurs importantes conférences internationales¹⁹ en 2012-2013 et a organisé 10 ateliers et conférences en partenariat avec des organismes canadiens et étrangers²⁰.

Rayonnement international

Par son programme de rayonnement international, l'Institut Péricimètre partage ses compétences (mais non son financement), pour aider à la croissance de centres d'excellence en physique théorique et en mathématiques 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 Péricimètre, 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, et l'ouverture de l'AIMS-Cameroun est prévue pour l'automne 2013. L'Institut Péricimètre a continué de fournir une expertise pertinente en 2012-2013. En voici quelques exemples :

- plusieurs scientifiques de l'Institut Péricimètre ont enseigné dans des centres de l'AIMS;
- des membres du personnel de l'Institut Péricimètre ont donné des conseils sur divers aspects de la planification et de la gestion organisationnelles pour planifier l'ouverture de l'AIMS-Ghana;
- l'Institut Péricimètre a aidé l'AIMS à obtenir de nouveaux fonds, dont 29 millions de dollars du ministère du Développement international du Royaume-Uni et le soutien de l'Institut Fields pour le programme de bourses *One for Many*;
- l'Institut a aidé l'AIMS-NEI à conclure un partenariat avec Communitech, organisme régional de soutien aux entreprises en démarrage, pour offrir un stage à un diplômé récent de l'AIMS;
- l'Institut a fourni un bureau au nouveau directeur du développement de l'AIMS-NEI pour l'Amérique du Nord.

¹⁹ Mentionnons *Applications of Jet Substructure to New Physics Searches* (Applications de la sous-structure des jets aux recherches en nouvelle physique), tenue du 21 au 23 février 2013 en collaboration avec le Laboratoire TRIUMF, et *The Quantum Landscape* (Le paysage quantique), tenue du 27 au 31 mai 2013 en collaboration avec l'Institut FQXi, l'Institut d'informatique quantique et l'Institut de philosophie Rotman.

²⁰ Ces organismes comprennent l'Institut sud-américain de recherche fondamentale du Centre international de physique théorique, de même que le Laboratoire TRIUMF, centre national canadien de recherche en physique corpusculaire et nucléaire.

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

Résumé des réalisations

- Renouvellement du mandat de 12 membres affiliés de partout au pays, pour un nombre total de 117 membres affiliés
- Renforcement des liens avec des centres d'expérimentation régionaux, nationaux et internationaux
- Soutien à la naissance d'un écosystème de technologie quantique appelé *Quantum Valley*
- Prospection conjointe avec l'Université de Waterloo et l'Université York, qui a conduit à la nomination de 2 nouveaux professeurs associés (voir l'objectif n° 2)
- Partenariat avec l'Université de Waterloo pour le programme de maîtrise PSI, avec la participation de conférenciers d'institutions canadiennes²¹ (voir l'objectif n° 3)
- Organisation de 6 ateliers et conférences, conjointement avec des partenaires canadiens et étrangers, et parrainage de 10 autres conférences et ateliers (voir l'objectif n° 7)

Points saillants

L'Institut PÉRIMÈTRE est une plaque tournante de la recherche en physique théorique au Canada. En 2012-2013, l'Institut a continué de fournir des ressources uniques à la communauté scientifique nationale, grâce à des cours, séminaires, ateliers et conférences (voir l'objectif n° 7). Il a amené au Canada des talents à tous les niveaux : étudiants venant à l'Institut dans le cadre du programme de maîtrise PSI (voir l'objectif n° 3), recrutement conjoint de postdoctorants (voir l'objectif n° 3) et de professeurs associés (voir l'objectif n° 2). L'Institut PÉRIMÈTRE continue d'entretenir des partenariats stratégiques dans tout le pays : programme de membres affiliés, engagement avec des centres d'expérimentation, soutien à la naissance d'une *Quantum Valley* dans la région de Waterloo (voir plus loin).

Membres affiliés

- L'Institut PÉRIMÈTRE compte 117 membres affiliés, qui appartiennent à des institutions de recherche d'un bout à l'autre du Canada.

Le programme de membres affiliés de l'Institut PÉRIMÈTRE constitue depuis longtemps un moyen crucial de s'assurer que l'Institut soit un centre de convergence de la recherche en physique fondamentale au Canada. Les membres affiliés sont des chercheurs choisis au sein d'universités canadiennes et invités à

²¹ Ce sont : Andrew Childs (Université de Waterloo); Joseph Emerson (Institut d'informatique quantique de l'Université de Waterloo); David Morrissey (Laboratoire TRIUMF).

faire régulièrement des séjours informels à l'Institut Périmètre. Les membres affiliés ont ainsi accès à une communauté active de chercheurs couvrant tout le spectre de la physique, ce qui leur permet d'explorer des idées auxquelles ils ne seraient pas nécessairement exposés dans leur établissement d'appartenance. Par la même occasion, l'Institut Périmètre renforce ses liens avec plus de 25 centres de recherche de premier plan au Canada et offre à ses chercheurs résidents de nouvelles possibilités de collaboration. Il en résulte un gain net pour toute la communauté des physiciens au Canada.

En 2012-2013, l'Institut Périmètre a renouvelé jusqu'en 2015 le mandat de 12 membres affiliés. Ainsi, ce groupe dynamique de scientifiques continuera d'enrichir le milieu de recherche de l'Institut. L'Institut compte actuellement 117 membres affiliés, conformément aux objectifs fixés (voir l'annexe D, *Membres affiliés de l'Institut Périmètre*).

Engagement avec des centres d'expérimentation

L'expérimentation constitue le test ultime de toute théorie. C'est pour cela que l'Institut Périmètre a continué d'étendre et d'approfondir ses nombreux liens avec des centres d'expérimentation.

Le principal partenaire d'expérimentation de l'Institut Périmètre est l'Institut d'informatique quantique (IQC) de l'Université de Waterloo, qu'il a contribué à mettre sur pied en 2002. Les recherches effectuées dans les deux instituts sont très complémentaires, et les liens scientifiques entre les deux ont continué de croître. Plusieurs chercheurs de l'Institut Périmètre sont nommés conjointement avec l'IQC²². L'an dernier, l'Institut Périmètre et l'IQC ont recruté conjointement 3 postdoctorants (voir l'objectif n° 3)²³. Bien d'autres ont des liens informels d'un institut à l'autre, et de nombreux étudiants diplômés font des recherches dans les deux instituts.

En 2012-2013, l'Institut Périmètre a en outre renouvelé son partenariat avec le Laboratoire TRIUMF, centre national canadien de recherche en physique corpusculaire et nucléaire. Il a aussi mis sur pied l'École d'été tripartite sur les particules élémentaires (TRISEP) avec les laboratoires TRIUMF et SNOLAB. SNOLAB est un laboratoire souterrain spécialisé dans la physique des neutrinos et de la matière sombre (voir l'objectif n° 5).

Un recrutement stratégique permet à l'Institut Périmètre de participer à certaines des expériences de physique les plus importantes et d'avoir accès à leurs données et résultats. À titre d'exemple, le professeur Kendrick Smith a des liens avec le projet HSC (*Hyper-Suprime Cam*) au télescope Subaru d'Hawaii, de même qu'avec les expériences Planck, WMAP et QUIET (voir l'objectif n° 2). L'Institut

²² Raymond Laflamme (directeur de l'IQC), Michele Mosca (directeur adjoint de l'IQC) et David Cory sont tous trois professeurs associés à l'Institut Périmètre dans le cadre de nominations conjointes avec l'IQC. Les scientifiques suivants de l'Institut Périmètre sont également affiliés à l'IQC : les professeurs Guifre Vidal, Robert Spekkens, Daniel Gottesman et Lucien Hardy; le professeur associé Roger Melko; Adrian Kent, titulaire d'une chaire de chercheur invité distingué; les postdoctorants Hector Bombin, Oliver Buerschaper, Lukasz Cincio, Sarah Croke, Alioscia Hamma, Robert Pfeifer et Huangjun Zhu.

²³ Gus Gutoski, Zlatko Papić et Huan Yang ont tous trois été embauchés conjointement par l'Institut Périmètre et l'Institut d'informatique quantique comme postdoctorants pour une période de 3 ans.

Périmètre est également devenu partenaire du projet international LSST (*Large Synoptic Survey Telescope*), auquel Kendrick Smith devrait se joindre à titre de scientifique participant.

En physique des particules, les professeurs Philip Schuster et Natalia Toro continuent d'intensifier les liens entre théoriciens de l'Institut Périmètre et expérimentateurs au grand collisionneur de hadrons (LHC) du CERN. L'un des directeurs d'une expérience au LHC a décrit l'atelier *LHC Search Strategies – Stratégies de recherche du LHC* –, tenu en août 2012 à l'Institut Périmètre, comme un « point tournant » du développement stratégique de cette expérience menée en collaboration (voir l'objectif n° 5).

Participation à la *Quantum Valley*

L'informatique quantique est l'un des domaines de la science qui évolue le plus rapidement, avec des progrès spectaculaires de la théorie 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'IQC. Bon nombre des pionniers du domaine travaillent dans au moins l'un de ces deux centres. La communauté universitaire environnante (dont le Centre Quantum-Nano, l'Institut de nanotechnologie de Waterloo et l'Université de Waterloo), un ensemble dynamique d'entreprises en démarrage 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 techniques. 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 a contribué à la naissance de ce nouvel écosystème et continue de travailler 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 (voir l'objectif n° 2), les titulaires de chaire de chercheur invité distingué Peter Shor, Steven White, Matthew Fisher, Duncan Haldane et Zhenghan Wang (voir l'objectif n° 4), ainsi que de nombreux postdoctorants. Neil Turok, directeur de l'Institut Périmètre, de même que les professeurs associés David Cory et Raymond Laflamme, font partie du comité consultatif scientifique de Quantum Valley Investments.

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 pour la création d'une nouvelle industrie quantique qui se traduira par une forte création d'emplois et de valeur ajoutée.

QUANTUM VALLEY

METTRE SUR PEID UNE INDUSTRIE QUANTIQUE AU CANADA

UNIVERSITY OF
WATERLOO
- sciences
- mathématiques
- informatiques
- génie
- philosophie

LAURIER
MBA en innovation
et
entrepreneuriat

accelerator  centre

Fonds de captial
de risque

Entreprises en
démarrage

PHILANTHROPIE
PRIVÉE

EXPERIMENTATION

IQC

PI

RECHERCHE FONDAMENTALE

Quantum Valley
Investments

Canada

Ontario

SOUTIEN ET DURABILITE

COMMERCIALISATION

SECTEUR PRIVÉ

WATERLOO INSTITUTE FOR
nanotechnology



THE CITY OF
Waterloo

KITCHENER

CANADA
CAMBRIDGE
It's all right here

COMMUNITÉCH

2013 © Quantum Valley Investments

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

Résumé des réalisations

- Tenue de 10 conférences et ateliers ciblés auxquels ont participé près de 700 scientifiques du monde entier
- Collaboration pour l'organisation de 6 conférences et ateliers à l'Institut Périmètre, et parrainage de 10 autres ateliers et conférences à l'extérieur de l'Institut (voir l'objectif n° 6)
- Tenue de 301 rencontres scientifiques (257 séminaires et 44 colloques)
- Enseignement de 3 cours à des chercheurs et étudiants d'universités environnantes

Points saillants

Conférences et ateliers

- Tenue de 10 conférences et ateliers ciblés, dont une conférence comptant plus de 100 participants, conformément aux objectifs fixés²⁴

L'Institut Périmètre a mis sur pied un programme de conférences de renommée internationale, en choisissant des sujets ayant un potentiel exceptionnel de résultats importants. En 2012-2013, 697 scientifiques ont participé aux conférences et ateliers de l'Institut, illustrant son rôle de forum majeur d'échanges en physique théorique. De plus, le programme de conférences renforce les liens de l'Institut Périmètre avec ses partenaires institutionnels. Cette année, l'Institut a également organisé 6 ateliers et conférences avec des partenaires canadiens et étrangers²⁵. Il a aussi parrainé 10 autres ateliers et conférences à l'extérieur de l'Institut²⁶.

²⁴ Du 22 au 26 juillet 2013, la conférence *Loops 13* (Boucles 13) a réuni 194 participants, dont les titulaires de chaire de chercheur invité distingué Renate Loll et William Unruh, de même que les adjoints invités Razvan Gurau, Etera Livine, Vincent Rivasseau et David Skinner.

²⁵ Voici la liste de ces activités, avec pour chacune les organismes partenaires : (1) *LHC Search Strategies* (Stratégies de recherche du LHC), avec le CERN; (2) *Applications of Jet Substructure to New Physics Searches* (Applications de la sous-structure des jets aux recherches en nouvelle physique), avec le Laboratoire TRIUMF; (3) *Women and Physics: Past, Present, and Future* (Les femmes et la physique : le passé, le présent et l'avenir), avec l'Université de Waterloo et l'Université Wilfrid-Laurier; (4) *The Quantum Landscape* (Le paysage quantique) avec l'Institut FQXi, l'Institut d'informatique quantique et l'Institut de philosophie Rotman; (5) *Cosmological Frontiers in Fundamental Physics 2013* (Frontières cosmologiques en physique fondamentale 2013), avec la Fondation Templeton, les Instituts internationaux Solvay, et le Laboratoire AstroParticule et Cosmologie de l'Université Paris 7; (6) *Loops 13* (Boucles 13), avec la Fondation Templeton et l'Université de Waterloo.

²⁶ Voici la liste de ces activités, avec pour chacune les organismes partenaires : (1) *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 du Centre international

Parmi les conférences de l'année dernière, les suivantes sont particulièrement dignes de mention :

- **LHC Search Strategies** (Stratégies de recherche du LHC), du 2 au 4 août 2012 – Quelques semaines après l'annonce de la découverte du boson de Higgs par des équipes du grand collisionneur de hadrons (LHC) au CERN, l'Institut Périmètre a organisé cet atelier sur invitation pour plus de 40 personnes, théoriciens de premier plan et participants à l'expérience de solénoïde compact pour muons (CMS) au LHC, afin de discuter des résultats obtenus et de planifier des expériences à venir. Cette conférence a eu lieu à un moment opportun et a permis de favoriser les échanges d'idées entre les milieux de la théorie et de l'expérimentation.
- **Emergence and Entanglement II** (Émergence et intrication II), du 6 au 10 mai 2013 – Partant du succès du premier atelier sur ce thème, qui avait eu lieu à l'Institut Périmètre en 2010, cette conférence a réuni 40 grands spécialistes du domaine en évolution rapide de la matière quantique, dont 8 titulaires de chercheur invité distingué. Conformément à la philosophie de l'Institut Périmètre, cette conférence a jeté un éclairage unique sur des développements de pointe et a été fortement pluridisciplinaire, avec la participation de chercheurs dans les domaines de la matière condensée, de l'information quantique, de la physique informatique et de la théorie des cordes.
- **Cosmological Frontiers in Fundamental Physics 2013** (Frontières cosmologiques en physique fondamentale 2013), du 8 au 11 juillet 2013 – Soutenue par le programme *Frontières Templeton* de l'Institut Périmètre, le septième atelier de cette série a réuni 80 chercheurs, afin de discuter des données toutes récentes du satellite Planck, qui nous montre l'univers avec un niveau de détail sans précédent.
- **Loops 13** (Boucles 13), du 22 au 26 juillet 2013 – La dernière conférence de l'exercice 2012-2013 de l'Institut Périmètre a réuni près de 200 chercheurs, âgés de 17 à 75 ans, pour 21 exposés en plénière et 133 séances parallèles – dans le but de concilier la mécanique quantique et la relativité générale. Cette conférence a également bénéficié du soutien du programme *Frontières Templeton* de l'Institut Périmètre.

de physique théorique; (2) Institut d'hiver 2013 du lac Louise, Université de l'Alberta; (3) *Black Holes 9* (Trous noirs 9), Université de la Saskatchewan; (4) 8^e conférence sur la théorie du calcul, de la communication et de la cryptographie quantiques, Université de Guelph; (5) *Théorie Canada 8*, Université Bishop's; (6) *Complex Quantum Networks* (Réseaux quantiques complexes), Institut d'informatique quantique; (7) *GAP 2013*, Centre de recherches mathématiques de l'Université de Montréal; (8) 13^e école d'été et conférence étudiante sur l'information quantique, Université de Calgary; (9) *Women in Physics Canada* (Les femmes et la physique au Canada), Université Simon-Fraser; (10) *TRIUMF*, Laboratoire TRIUMF.

Séminaires et colloques

Les séminaires et les colloques favorisent la collaboration et le partage de connaissances de la part de chercheurs de premier plan au monde, stimulant la communauté des chercheurs de l'Institut Péricône. En 2012-2013, l'Institut a tenu 257 séminaires et 44 colloques, dépassant les objectifs fixés. Les exposés présentés par les titulaires de chercheur invité distingué Ganapathy Baskaran, Ted Jacobson, Renate Loll, Subir Sachdev, Paul Steinhardt, Steven White et Mark Wise sont notamment dignes de mention.

Cours

L'Institut Péricône cherche autant que possible à profiter des connaissances de ses scientifiques résidents et invités, en leur faisant donner des cours spécifiques sur des sujets à la fine pointe de la recherche. Ces cours sont ouverts aux étudiants des universités environnantes, ce qui enrichit d'autant l'offre de cours de ces universités.

En 2012-2013, l'Institut Péricône a donné 2 cours avancés donnant droit à des crédits : *Elements of General Relativity* (Éléments de relativité générale), donné par le chercheur principal Rafael Sorkin, et *Supersymmetry* (Supersymétrie), donné par le professeur associé Alex Buchel. De plus, pendant une visite dans le cadre du partenariat de l'Institut Péricône avec l'Institut de mathématiques de Chennai, le postdoctorant Steve Avery a donné un mini-cours intitulé *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). Enfin, l'Institut a ouvert 10 cours du programme PSI à des étudiants des universités environnantes, sous forme de mini-cours non crédités de 3 semaines.

PIRSA, le système d'archivage en ligne de l'Institut Péricône

- En 2012-2013, 81 099 visiteurs distincts de 170 pays ont accédé à PIRSA, soit une augmentation de 7,5 % par rapport à l'année précédente.
- Le nombre d'accès à PIRSA par des utilisateurs nouveaux et anciens a également augmenté, avec 737 515 pages consultées, soit 9,5 % de plus qu'en 2011-2012.

Presque tous les exposés présentés à l'Institut sont accessibles en ligne dans PIRSA, système d'archivage en ligne de l'Institut Péricône, à l'adresse www.pirsa.org. Ce système permanent d'archives vidéo de conférences, ateliers, colloques et cours, que l'on peut consulter et citer sans frais, a été mis au point par l'Institut afin de faciliter la diffusion des connaissances à la communauté scientifique internationale. C'est une ressource scientifique importante dans le domaine, comme en témoigne la hausse continue du nombre d'accès année après année.

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

Résumé des réalisations

- Programmes et ressources pédagogiques qui ont bénéficié à plus d'un million d'élèves au cours de l'année, pour un total de plus de 2,5 millions d'élèves à ce jour
- Conférences CBC Massey 2012, prononcées à guichets fermés par Neil Turok d'un bout à l'autre du Canada et publiées sous forme d'un livre qui est devenu un bestseller canadien
- Organisation de la conférence *Inspiring Future Women in Science* (Inspirer les futures scientifiques) pour 160 élèves du secondaire en Ontario
- Tenue de la 11^e école d'été internationale pour jeunes physiciens et physiciennes (ISSYP), de 5 ateliers *Go Physics!* (Vive la physique!) d'une journée, ainsi que de 10 exposés *Physica Phantastica* – pour plus de 2400 élèves d'un bout à l'autre du pays
- Organisation de 90 ateliers pour plus de 2500 enseignants dans toutes les régions du Canada et à l'étranger, touchant plus de 185 000 élèves
- Lancement de *Destination carrière : les compétences pour réussir*, nouvel outil pédagogique destiné aux élèves du secondaire
- Mise à jour de ressources existantes pour en faciliter la vente et la distribution à l'échelle internationale
- Présentation à guichets fermés de 10 conférences sur des sujets scientifiques fascinants, dans le cadre de la série de conférences publiques de l'Institut Périmètre

Points saillants

Programmes et produits destinés aux élèves

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

- L'Institut Périmètre a tenu avec succès sa 11^e école d'été internationale pour jeunes physiciens et physiciennes (ISSYP), réunissant 40 élèves canadiens et étrangers triés sur le volet²⁷.

L'école d'été internationale pour jeunes physiciens et physiciennes (ISSYP) est un pilier des efforts de l'Institut Périmètre en matière de diffusion des connaissances. Ce programme consiste à sélectionner des élèves canadiens et étrangers qui ont fait la preuve de leur potentiel scientifique, et de les amener à l'Institut pour une immersion de 2 semaines dans le monde de la physique moderne, dont des séances de mentorat et des visites de laboratoires de partenaires expérimentaux de l'Institut. En exposant

²⁷ Le groupe comprenait 20 Canadiens de 8 provinces et 20 élèves étrangers provenant de 11 pays. On a mis l'accent sur une répartition égale des sexes – 20 garçons et 20 filles.

directement ces élèves à la recherche de pointe, à un âge où ils songent sérieusement à leurs possibilités de carrière, l'Institut favorise l'éclosion de nouveaux talents pour la physique et pour le Canada²⁸. Des enquêtes de suivi montrent que plus de 70 % des participants disent que l'ISSYP les a incités à poursuivre une carrière en mathématiques ou en physique.

En 2012-2013, grâce au généreux soutien financier de la Fondation RBC (voir l'objectif n° 10), les participants à l'ISSYP ont reçu pour la première fois une trousse complète à emporter sur la mécanique quantique.

Conférence *Inspiring Future Women in Science* (Inspirer les futures scientifiques)

- Organisation d'une conférence d'une journée pour 160 jeunes filles d'écoles secondaires du Sud de l'Ontario

Au cours de l'histoire, la science a été dominée par les hommes, mais l'Institut Périmètre essaie de changer cela. Le 7 mars 2013 a eu lieu la conférence *Inspiring Future Women in Science* (Inspirer les futures scientifiques), qui a réuni à l'Institut Périmètre 160 jeunes filles de 32 écoles secondaires du Sud de l'Ontario, venues en apprendre davantage sur les avantages, les défis et les possibilités d'une carrière en science, technologie, génie ou mathématiques (STGM). Le programme de la conférence comprenait un discours d'ouverture prononcé par Adriana Ocampo, Ph.D., scientifique à la NASA, une table ronde avec des femmes scientifiques, de même que des sessions de mentorat. Cette conférence a été très appréciée par les participantes et elle pourrait devenir une activité bisannuelle.

***GoPhysics!* (Vive la physique!)**

- Tenue de 5 ateliers *Go Physics!* (Vive la physique!) d'un bout à l'autre du Canada, auxquels ont participé plus de 135 élèves

GoPhysics! (Vive la physique!) est un programme d'une journée qui donne à environ 25 élèves à la fois un aperçu de ce qu'est l'ISSYP. Animé par des membres du réseau d'enseignants et des scientifiques du programme de diffusion des connaissances, il est conçu pour communiquer la passion de la physique moderne à des élèves doués du second cycle du secondaire. En 2012-2013, ces ateliers ont été stratégiquement organisés dans les villes visitées par Neil Turok dans le cadre des conférences Massey – St. John's, Montréal, Toronto, Calgary et Vancouver.

Exposés *Physica Phantastica*

- Organisation de 10 exposés devant plus de 2200 élèves de la 7^e à la 12^e année, plus 2 exposés pour le grand public, auxquels ont assisté plus de 200 personnes

²⁸ Des enquêtes de suivi montrent que des anciens de l'ISSYP ont poursuivi leurs études dans plusieurs institutions de premier plan à l'échelle internationale, ainsi que dans de nombreuses universités canadiennes.

Les exposés *Physica Phantastica* constituent une introduction divertissante et accessible à la physique moderne, en illustrant les liens entre la science fondamentale et les technologies qui nous facilitent la vie.

Participation des Autochtones

- Ce programme a atteint plus de 1500 jeunes Autochtones dans plus de 60 collectivités rurales et isolées, grâce à des partenariats avec Actua et la Coalition pour l'éducation des Autochtones.

Afin de susciter la participation effective des jeunes Autochtones, le personnel de diffusion des connaissances de l'Institut Périmètre forme des membres d'organismes partenaires à l'utilisation des ressources pédagogiques de l'Institut. Les personnes ainsi formées transmettent à leur tour ce contenu à des élèves autochtones partout au Canada, dans le cadre de leurs propres activités de diffusion des connaissances. L'Institut Périmètre collabore depuis un an et demi avec Actua, le principal organisme canadien de diffusion des connaissances en sciences, technologie, génie et mathématiques (STGM) auprès des jeunes, et en particulier des Autochtones. En 2012-2013, le personnel de l'Institut a également formé des membres de la Coalition pour l'éducation des Autochtones, augmentant ainsi le nombre de jeunes touchés par le programme.

Programmes et ressources destinés aux enseignants

Réseau des enseignants

- Les membres du réseau des enseignants de l'Institut Périmètre ont animé 50 ateliers suivis par près de 900 enseignants, touchant ainsi plus de 65 000 élèves du secondaire au Canada.

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 efficaces d'enseignement des concepts clés 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 Canada²⁹.

²⁹ Une fin de semaine de formation pouvant accueillir 30 membres du réseau des enseignants était prévue pour juillet 2013. Elle a été reportée au mois d'août 2013 pour répondre aux besoins des participants.

Ateliers et exposés sur place

- L'équipe de diffusion des connaissances a donné 40 ateliers dans le cadre de conférences au Canada et à l'étranger, touchant plus de 1600 enseignants et dépassant les objectifs fixés.

Les exposés à des conférences et rencontres éducatives importantes constituent des moyens efficaces d'accroître la visibilité des produits et programmes de diffusion des connaissances de l'Institut Périmètre, au Canada comme à l'étranger. En particulier, étant donné l'augmentation de ses ressources au cours des dernières années en vue de toucher des élèves plus jeunes, l'équipe de diffusion des connaissances a ciblé les enseignants de 9^e et de 10^e année.

En 2012-2013, le personnel de l'Institut Périmètre a fait des exposés à des congrès annuels, entre autres ceux de l'Association de professeurs de science de l'Ontario (APSO), de l'Association des enseignants en physique de l'Ontario (OAPT), des Agents de ressources pédagogiques en physique (PTRA), de l'Association nationale des enseignants de sciences des États-Unis (NSTA) et de l'Association américaine des enseignants de physique (AAPT). Ils ont également fait une présentation à 50 enseignants dans le cadre du programme du CERN pour les enseignants du secondaire (programme HST), ainsi qu'à 200 enseignants participant au Séminaire national d'enseignement de la physique à Singapour.

Ressources pédagogiques

Modules *Inspirations*, *Explorations* et *Investigations* de l'Institut Périmètre

- L'Institut a terminé un nouveau module *Explorations*, intitulé *Destination carrière : les compétences pour réussir*, en français et en anglais.
- Les modules éducatifs de l'Institut Périmètre destinés aux écoles ont atteint à ce jour plus de 2 millions d'élèves.

Produits en tenant compte de l'opinion d'enseignants en physique et de scientifiques, les modules éducatifs destinés aux écoles constituent le principal moyen employé par l'Institut Périmètre pour initier les élèves du secondaire à la physique moderne. Les réactions montrent qu'ils sont utilisés et réutilisés dans les écoles, ce qui multiplie leur impact avec le temps.

L'Institut adopte une approche équilibrée de la création de produits éducatifs. Les modules *Inspirations* visent à piquer la curiosité des élèves du premier cycle du secondaire et à les motiver à continuer de suivre des cours de mathématiques et de sciences au second cycle. Les modules *Explorations* présentent des idées et du contenu technique plus complexes aux élèves du second cycle du secondaire, ce qui constitue une excellente préparation pour les cours de niveau postsecondaire en mathématiques, en sciences et en génie. Les modules *Investigations* sont des démonstrations ou des activités de laboratoire simples, prêtes à utiliser en classe.

Destination carrière : les compétences pour réussir, le plus récent module *Explorations*, a été lancé en 2012-2013. Créé avec le soutien de l'Agence fédérale de développement économique pour le Sud de l'Ontario (FedDev Ontario), il est conçu pour faire connaître aux élèves les possibilités de carrière en science, technologie, génie et mathématiques (STGM) en les reliant aux aptitudes que sont la créativité, la pensée critique, l'imagination et l'esprit d'entreprise. Il a été élaboré avec la participation active d'enseignants et de conseillers en orientation chevronnés.

Diffusion internationale

- L'Institut Périmètre a entrepris de vendre ses outils pédagogiques à l'échelle internationale.

Les ressources de l'Institut Périmètre continueront d'être offertes gratuitement aux enseignants canadiens, mais elles sont en vente à l'extérieur du Canada, dans le cadre d'une stratégie de recouvrement de coûts.

Les premières étapes de la mise en œuvre de cette stratégie ont été franchies en 2012-2013. Plusieurs troupes existantes – p. ex. *The Physics of Innovation* (La physique de l'innovation) et *Mesurer la constante de Planck* – ont été mises à jour et adaptées à des publics internationaux, et une boutique en ligne a été mise sur pied. La première vente majeure – un ensemble important de modules éducatifs, ainsi que des services de formation à l'utilisation de ces ressources – a été faite au ministère de l'Éducation de Singapour (pays qui se classe constamment parmi les premiers au monde pour l'enseignement des STGM). Le personnel de l'Institut Périmètre a donné la formation à Singapour en juin 2013.

Ressources en ligne

La publication en ligne de ressources de grande qualité permet à l'Institut Périmètre d'accroître sa portée et son impact. L'Institut a lancé son nouveau site Web à l'automne 2012 et a mis en ligne un énorme corpus de diffusion des connaissances, dont les modules *Inspirations*, *Explorations* et *Investigations*, *Virtual ISSYP* (École d'été virtuelle), plus de 30 entrevues filmées de la série *Meet a Scientist* (Rencontre avec un scientifique), ainsi que des archives de conférences publiques présentées dans le passé. Comme on l'a mentionné plus haut, le nouveau site Web comporte également un module de gestion des commandes, afin de soutenir la vente et l'expédition de ressources pédagogiques de l'Institut Périmètre (voir l'objectif n° 9).

De plus, le personnel a mis à profit la visibilité résultant des conférences Massey (voir ci-après), afin d'étendre le réseau de l'Institut dans les médias sociaux, principalement Facebook, Twitter et YouTube.

À titre d'exemple, le nombre d'abonnés au fil Twitter de l'Institut Périmètre a augmenté de plus de 60 %, pour atteindre les 5500³⁰.

Enfin, l'Institut Périmètre a commencé à produire 4 courtes émissions constituant des « intermèdes » éducatifs, à visionner en ligne par le truchement de partenaires médiatiques. Leur lancement a toutefois dû être repoussé en raison d'obstacles rencontrés par TVO, partenaire de production de l'Institut.

Programmes destinés au grand public

Conférences Massey 2012

Chaque année, les conférences Massey constituent un moment fort de la vie intellectuelle au Canada. À cette occasion, des penseurs distingués font part de leurs idées originales sur des sujets d'intérêt actuel. Projet conjoint du réseau anglais de Radio-Canada, de la maison d'édition House of Anansi Press et du collège Massey, les conférences sont données dans diverses régions du Canada, diffusées à la radio et publiées sous forme d'un livre.

En octobre 2012, Neil Turok, directeur de l'Institut Périmètre, a prononcé les conférences Massey 2012 devant des salles combles d'un bout à l'autre du pays. Ces conférences ont montré comment l'humanité a découvert les mécanismes de l'univers dans le passé et ont jeté un regard inspirant sur la manière dont la science peut façonner l'avenir. Elles ont contribué à accroître la culture scientifique du grand public et sa perception de l'importance de la science dans la société. Elles continueront de jouer ce rôle dans les années à venir, grâce au livre tiré des conférences, intitulé *The Universe Within: From Quantum to Cosmos* (L'univers vu de l'intérieur : du quantum au cosmos).

Voici quelques points saillants de ces conférences Massey :

- les conférences ont atteint plus d'un million de personnes partout au Canada;
- l'équipe de diffusion des connaissances de l'Institut Périmètre 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;
- le personnel de l'Institut a apporté son aide à l'équipe des conférences Massey en matière de communications, de sorte que les assistances aux conférences, les cotes d'écoute à la radio, les ventes du livre, la consultation en ligne et la couverture médiatique ont toutes augmenté par rapport aux années récentes;
- le livre *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.

³⁰ Pendant les conférences Massey, l'Institut Périmètre a atteint 1,9 million d'abonnés à Twitter, grâce à des interactions avec des influenceurs comme le CERN, Cory Doctorow et Margaret Atwood. Les messages postés dans Facebook par l'Institut ont fait l'objet de 17 384 impressions, plus de 1000 clics publicitaires, plus de 500 « J'aime » et 335 « Partager ».

Conférences publiques

La principale série de conférences publiques de l'Institut Périmètre, présentation de la Financière Sun Life, a continué d'être extrêmement populaire (même si l'entrée est gratuite, il faut des laissez-passer, et les 600 places disponibles s'envolent généralement en quelques heures). Toutes les conférences sont enregistrées de manière professionnelle, puis accessibles en ligne dans le site Web de l'Institut Périmètre et le site *iTunes University*; quelques-unes sont également télédiffusées par TVO.

En 2012-2013, l'Institut Périmètre a présenté 10 conférences accessibles et intéressantes – dont une à Toronto et une à Ottawa – sur des sujets scientifiques, conformément aux objectifs fixés. Deux des conférences de cette année (celles de Neil Turok et de Lee Smolin) ont été prononcées à l'Institut avec diffusion simultanée en ligne. D'autres conférences marquantes de cette année ont été celle de Paul Steinhardt, Ph.D., sur sa recherche épique et sa découverte du premier quasi-cristal naturel au monde, et celle de la populaire auteure scientifique Jennifer Ouellette sur les nombreuses applications pratiques de l'analyse mathématique.

Le partenariat WGSi (*Waterloo Global Science Initiative*)

WGSi est un partenariat sans but lucratif, financé de manière indépendante, mis sur pied par l'Institut Périmètre et l'Université de Waterloo. Tous les 2 ans, WGSi favorise des collaborations internationales, multigénérationnelles et pluridisciplinaires sur des sujets importants, qui contribuent au progrès d'idées nouvelles susceptibles d'assurer un univers plus sûr, durable et prospère.

En 2012-2013, l'équipe de WGSi a poursuivi les activités de suivi de la conférence inaugurale intitulée *Equinox Summit: Energy 2030* (Sommet Equinox : Énergie 2030), tenue en 2011, et a commencé à planifier la deuxième activité de WGSi (prévue pour l'automne 2013), conformément aux objectifs fixés.

Le festival *BrainSTEM* « Your Future is Now » (Votre avenir est déjà là)

Fidèle à son objectif de tenir un festival majeur ou une autre activité publique tous les 2 ans, l'Institut Périmètre a commencé en novembre 2012 à planifier le festival *BrainSTEM* « Your Future is Now » (Votre avenir est déjà là) pour l'automne 2013.

Le festival a pour principal objectif d'intéresser les jeunes à la science et aux nombreuses possibilités de création d'entreprises qu'elle offre pour leur avenir. Dans cet esprit, des expositions hautement interactives et des conférences publiques engageantes sont prévues. Le festival *BrainSTEM* « Your Future is Now » (Votre avenir est déjà là) bénéficie du soutien de l'Agence fédérale de développement économique pour le Sud de l'Ontario (FedDev Ontario).

Présence dans les médias et perfectionnement professionnel

Dans le cadre de ses efforts visant une bonne communication de la science à des publics de non-spécialistes, le personnel des communications de l'Institut Péricône répond aux demandes d'information de médias de qualité et aide les chercheurs en ce qui a trait aux communications scientifiques destinées au grand public³¹.

Pendant tout l'exercice 2012-2013, le personnel a fourni de l'information et des commentaires aux journalistes et rédacteurs de nombreux médias imprimés et en ligne du Canada et d'autres pays. L'annexe G, *Présence dans les médias*, en donne les points saillants, dont les suivants :

- les conférences Massey 2012 prononcées par Neil Turok ont fait l'objet d'une importante couverture dans des médias imprimés, à la radio et à la télévision, ainsi qu'en ligne³²;
- des chercheurs de l'Institut Péricône ont été mentionnés dans divers articles portant sur les sciences, entre autres dans le *National Post*, *Popular Mechanics*, *Science Daily*, *Phys.org*, *MIT Technology Review* et *New Scientist*.

³¹ À titre d'exemple, David Harris, rédacteur scientifique bien connu (rédacteur en chef fondateur du magazine *Symmetry*), a animé en juin 2013 un atelier sur la communication scientifique, auquel ont participé des membres du personnel et des chercheurs de l'Institut Péricône.

³² Mentionnons par exemple les magazines *TIME*, *Reader's Digest* et *Maclean's*, ainsi que des quotidiens importants partout au Canada, dont *The Globe and Mail*, le *National Post*, *The Telegram* (St. John's), le *Toronto Star*, le *Calgary Herald* et le *Vancouver Sun*. Les médias en ligne qui ont couvert les conférences Massey comprennent le blogue de nouvelles de la radio anglaise de Radio-Canada, *Boing Boing*, io9, *The Georgia Straight* et *The Tyee*.

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

Résumé des réalisations

- Lancement d'un nouveau site Web afin de mieux servir les principaux publics visés, avec des modules pour les dons personnels et la vente de ressources pédagogiques à l'étranger
- Mise en place d'un nouvel environnement de gestion de contenus, afin de simplifier la reddition de comptes, les communications et la gestion des processus
- Mise à niveau de l'infrastructure technologique des salles de réunion, afin de soutenir la collaboration à distance
- Expansion des collections de la bibliothèque et ajout de l'accès électronique à d'importantes revues spécialisées
- Commande d'une étude sur le climat de travail pour les femmes à l'Institut Périmètre, afin de promouvoir l'équité entre les sexes

Points saillants

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

À l'automne 2012, l'Institut Périmètre a lancé un site Web remanié, afin de mieux desservir ses principaux publics avec des fonctions améliorées et une plus grande convivialité. Le nouveau site peut en outre traiter les dons personnels, alors que l'Institut bénéficie de l'appui d'un nombre croissant de personnes (voir l'objectif n° 10). Il peut aussi soutenir les ventes et l'expédition de ressources de diffusion des connaissances de l'Institut (voir l'objectif n° 8).

Un nouveau système de signalisation numérique a été mis en place dans l'ensemble des bâtiments au début 2013. Ce système (ainsi qu'un portail Intranet dont le lancement est prévu en 2014) est alimenté par l'environnement de gestion du contenu du site Web, ce qui permet à l'Institut de réaliser des gains d'efficacité, de simplifier la reddition de comptes et de diminuer la redondance dans la saisie de données.

Les mises à niveau prévues de l'infrastructure de traitement de l'information (TI), afin d'optimiser la recherche et d'améliorer son efficacité administrative, se sont poursuivies conformément aux objectifs fixés :

- le système RECAST, cadre de calcul informatisé accessible mondialement et permettant d'appliquer à de nouveaux modèles des analyses dans le domaine de la physique des hautes énergies, est maintenant achevé;

- la plus grande partie de l'infrastructure de serveur et de stockage de données a été transférée dans une installation commerciale voisine, pour assurer une plus grande stabilité des données tout en réduisant les coûts;
- l'Institut a mis à niveau les salles de réunion, afin d'appuyer la collaboration à distance grâce à des dispositifs comme la conférence Web, l'auto-enregistrement et le partage d'écrans.

Collections de la bibliothèque et accès électronique à des revues

En 2012-2013, l'Institut Péricône a poursuivi l'expansion de ses collections, conformément à un plan pluriannuel visant à fournir aux chercheurs résidents et invités des ressources de recherche complètes. La bibliothèque a acquis 204 nouveaux ouvrages, portant à 5203 le nombre d'éléments de sa collection imprimée (5621 en comptant tous les formats), et a souscrit de nouveaux abonnements à 115 revues électroniques auxquelles les chercheurs et les étudiants ont accès sur place et à distance.

Promotion de l'équité entre les sexes

L'Institut Péricône s'est engagé à être en première ligne dans le combat contre le déséquilibre traditionnel entre les hommes et les femmes en physique. C'est pourquoi, à la demande de l'Institut, une équipe formée de 4 femmes, scientifiques chevronnées membres du comité de la Société américaine de physique (APS) sur le statut de la femme en physique (CSWP), a passé 2 jours à l'Institut Péricône en mai 2013, afin d'examiner le climat de travail pour les femmes à l'Institut.

Le rapport du comité a approuvé l'engagement de l'Institut Péricône à ce sujet et a formulé plusieurs recommandations sur la manière d'atteindre une plus grande équité entre les sexes dans l'ensemble de l'Institut³³. Le personnel de gestion de l'Institut examine actuellement ces recommandations.

³³ Mentionnons entre autres les recommandations suivantes : favoriser des rétroactions et conseils plus réguliers et informels pour les doctorants et les jeunes chercheurs; déterminer si, parmi les postdoctorants, des tendances inconscientes amènent les femmes à jouer dans une proportion plus élevée des rôles d'assistantat à l'enseignement dans le cadre du programme PSI; poursuivre la formation sur diverses méthodes d'embauche, comme les ateliers STRIDE de l'Université du Michigan.

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

Résumé des réalisations

- ✓ Plus de 1,6 million de dollars en dons d'individus, d'entreprises et de fondations
- ✓ Lancement du Programme d'entreprises partenaires, du Cercle Emmy-Noether et du Programme des amis et anciens de l'Institut Péricimètre
- ✓ Embauche de Jonathan Braniff à titre de directeur général du développement
- ✓ Obtention de 100 000 \$ pour financer la création de la bourse Anaximandros pour jeunes physiciens

Points saillants

Partenaires publics

L'Institut Péricimètre est financé dans le cadre d'un partenariat public-privé innovateur, qui partage les possibilités et les bénéfices d'un investissement à long terme dans la recherche fondamentale. Des investissements de tous les paliers de gouvernement ont contribué à la mise sur pied de l'Institut Péricimètre, et le soutien du secteur public a été un élément crucial des succès de l'Institut jusqu'à ce jour.

L'exercice 2012-2013 a marqué la première année d'une entente de financement de 50 millions de dollars avec le gouvernement du Canada et la deuxième année d'une entente de financement de 50 millions de dollars avec la Province de l'Ontario. Conformément aux objectifs fixés, l'Institut Péricimètre continue de suivre des pratiques exemplaires en matière de gestion financière et de satisfaire à toutes les exigences de reddition de comptes.

Partenaires privés

- Obtention en 2012-2013 de nouveaux dons d'individus et d'entreprises du secteur privé pour un montant de plus de 1 million de dollars, soit 300 000 \$ de plus qu'en 2011-2012

Pour alimenter le volet privé de son modèle de financement, l'Institut Péricimètre recherche activement le soutien d'entreprises, de fondations et de donateurs individuels. Pour stimuler les dons du secteur privé, l'Institut Péricimètre a mis sur pied plusieurs initiatives de financement, dont les suivantes :

- le **Programme d'entreprises partenaires** vise à établir des liens entre l'Institut et des entreprises privées qui donnent jusqu'à 100 000 \$ par année; des contributions totalisant 200 000 \$ ont été

reçues de sociétés actuellement commanditaires de l'Institut, dont la Fondation RBC, la Financière Sun Life et la société Canadian Tire Ltée, et l'on s'attend à ce qu'il y ait plusieurs nouveaux donateurs en 2013-2014;

- le **Cercle du directeur**, formé des personnes qui donnent 10 000 \$ ou plus, a continué de s'agrandir et compte maintenant 48 membres;
- le **Cercle Emmy-Noether**, qui soutient spécifiquement les femmes en sciences, a attiré des engagements de 105 000 \$ sur 3 ans du Fonds de fiducie communautaire Bluma-Appel, et de 250 000 \$ sur 5 ans de la Fondation de bienfaisance Ira-Gluskin-et-Maxine-Granozsky-Gluskin;
- le **Programme des amis et anciens de l'Institut Périmètre**, nouveau programme qui vise à entretenir des liens avec les personnes qui donnent jusqu'à 1000 \$, a atteint le chiffre de 197 membres.

De plus, l'Institut Périmètre a reçu la somme de 100 000 \$, soit 50 000 \$ de la Fondation du patrimoine hellénique et 50 000 \$ de la Fondation familiale Savvas-Chamberlain, pour créer la bourse Anaximandros, du nom du philosophe de la Grèce antique qui aurait mené la première expérience scientifique consignée par écrit. À compter de l'automne 2014, une bourse de 10 000 \$ sera accordée chaque année pour soutenir la formation et les recherches d'un étudiant diplômé, à l'Institut Périmètre.

Suite au succès de la tournée de Neil Turok dans le cadre des conférences Massey 2012 (voir l'objectif n° 8), l'Institut a considérablement accru sa visibilité d'un bout à l'autre du pays auprès des entreprises privées, des gouvernements et des milieux philanthropiques, avec des activités ciblées à Vancouver, Calgary, Toronto, Montréal et Ottawa.

À l'étranger, des activités semblables ont eu lieu à New York et à Los Angeles (sous les auspices du Consul général du Canada). Un suivi ciblé se poursuit auprès de donateurs potentiels.

Directeur général du développement

En avril 2013, l'Institut Périmètre a accueilli Jonathan Braniff comme directeur général du développement, après une recherche intensive menée dans le monde entier pendant un an. M. Braniff a plus de 15 ans d'expérience dans le domaine de la collecte de fonds. Il a œuvré au Canada, aux États-Unis, en Irlande et au Royaume-Uni dans divers domaines : campagnes de capitalisation et de dotation, études de faisabilité et de planification, conseils stratégiques, audits de développement. Au cours de sa carrière, M. Braniff a aidé des organismes à recueillir plus de 300 millions de dollars auprès d'individus, d'entreprises, de fondations, de fiducies et de gouvernements. Depuis son arrivée à l'Institut Périmètre, il a entrepris de mettre sur pied un plan triennal de développement visant à élargir la base de donateurs privés de l'Institut.

Comité de direction du conseil d'orientation de l'Institut Péricône

Le conseil d'orientation de l'Institut Péricône 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. En 2012-2013, l'Institut a mis sur pied un comité de direction pour aider à coordonner et superviser les activités de plus en plus nombreuses du conseil d'orientation. En plus des coprésidents Mike Lazaridis, Cosimo Fiorenza et Jon Dellandrea, le comité de direction du conseil d'orientation comprend Catherine (Kiki) Delaney, Arlene Dickinson, Carol Lee et Maureen Sabia.

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

États financiers résumés de

L'INSTITUT PÉRIMÈTRE

pour l'exercice terminé le 31 juillet 2013

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.

Toronto (Ontario)
Le 6 décembre 2013

Zeifmans LLP

Comptables agréés
Experts-comptables autorisés

INSTITUT PÉRIMÈTRE

État résumé de la situation financière
au 31 juillet 2013

(en milliers de dollars)

	2013	2012
ACTIF		
Actif à court terme :		
Trésorerie et équivalents	11 174 \$	1 697 \$
Valeurs négociables	232 514	211 417
Subventions gouvernementales à recevoir	2 321	4 294
Éléments d'actif destinés à la vente	---	1 235
Autre actif à court terme	<u>1 599</u>	<u>1 151</u>
	248 208	219 794
Immobilisations	<u>52 808</u>	<u>55 281</u>
TOTAL DE L'ACTIF	<u><u>301 016 \$</u></u>	<u><u>275 075 \$</u></u>
PASSIF ET SOLDE DES FONDS		
Passif à court terme :		
Découvert bancaire	--- \$	732 \$
Dette bancaire	---	2 245
Comptes créditeurs et autre passif à court terme	<u>2 487</u>	<u>2 331</u>
TOTAL DU PASSIF	<u>2 487</u>	<u>5 308</u>
Solde des fonds :		
Investis dans les immobilisations	52 319	56 495
Grevés d'affectations d'origine externe	126 801	105 589
Grevés d'affectations d'origine interne	78 840	78 840
Non grevés	<u>40 569</u>	<u>28 843</u>
SOLDE TOTAL DES FONDS	<u>298 529</u>	<u>269 767</u>
	<u><u>301 016 \$</u></u>	<u><u>275 075 \$</u></u>

INSTITUT PÉRIMÈTRE

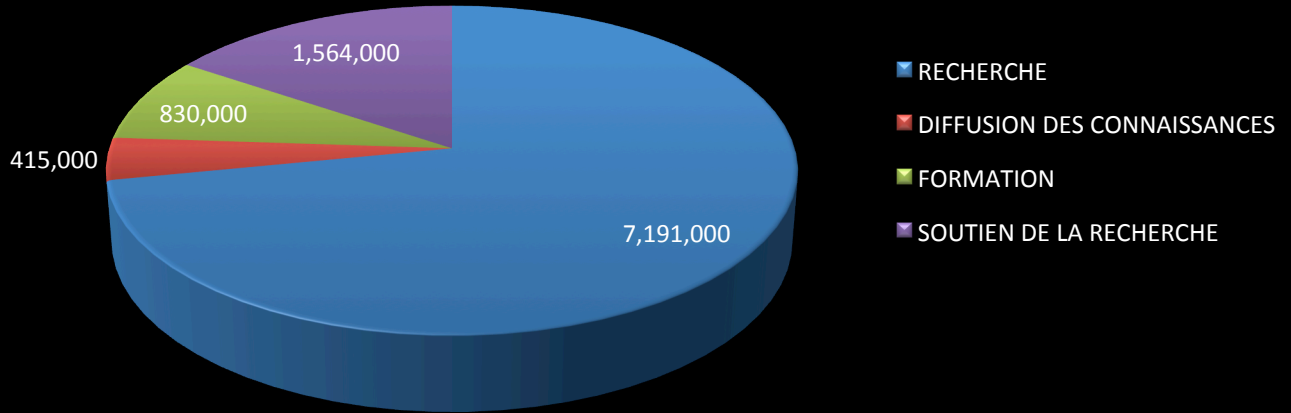
État résumé des résultats et du solde des fonds
pour l'exercice terminé le 31 juillet 2013

(en milliers de dollars)

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

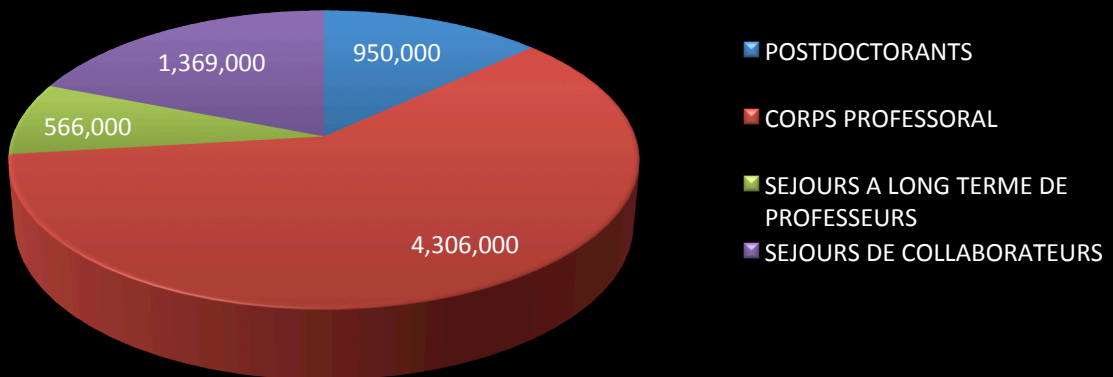
Utilisation de la subvention d'Industrie Canada

Utilisation de la subvention d'Industrie Canada pour l'exercice allant de 1^{er} août 2012 au 31 juillet 2013



Total des fonds de la subvention utilisés : 10 000 000 \$

Dépenses subventionnées de recherche, par catégorie, pour l'exercice allant du 1^{er} août au 31 juillet 2013



Total des dépenses subventionnées de recherche : 7 191 000 \$

Stratégie d'évaluation du rendement

Rendement scientifique

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

Suivi interne du rendement scientifique

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

Suivi externe du rendement scientifique

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

Stratégie d'investissement

Partenariat public-privé

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

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

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

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

Gouvernance

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

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

Relevant du conseil d'administration, le directeur général de l'Institut est un scientifique éminent chargé d'établir et de mettre en œuvre l'orientation stratégique globale de l'Institut. Le directeur de l'exploitation est responsable du fonctionnement quotidien de l'établissement et relève du directeur général. Il est soutenu dans sa tâche par une équipe de cadres administratifs. Les chercheurs résidents de l'Institut relèvent du directeur général et jouent un rôle actif dans la gestion opérationnelle des activités, en participant à différents comités chargés des programmes scientifiques.

Le comité consultatif scientifique, composé d'éminents scientifiques de renommée mondiale (voir l'annexe F, *Membres du comité consultatif scientifique de l'Institut PÉRIMÈTRE*), offre un contrôle et des conseils indépendants pour aider à faire en sorte que les activités de l'Institut répondent à des critères élevés d'excellence scientifique. Ses membres sont nommés pour 3 ans et participent à une réunion annuelle tenue à l'Institut pour examiner attentivement ses programmes de recherche scientifique et de diffusion des connaissances, après quoi son président rédige un rapport adressé au conseil d'administration et au directeur général.

Objectifs pour 2013-2014

Les succès résumés dans les pages précédentes indiquent très clairement que la planification stratégique de l'Institut Périmètre est à la fois judicieuse et efficace, et que son principal objectif est en bonne voie d'être atteint : créer et pérenniser un centre d'envergure mondiale pour la recherche, la formation et la diffusion des connaissances en physique théorique, afin de promouvoir l'excellence scientifique et de favoriser des percées scientifiques majeures.

Dans l'exercice à venir, l'Institut poursuivra sa trajectoire actuelle, fondée sur les objectifs stratégiques ci-dessous, pour progresser dans la réalisation de sa mission et de ses buts essentiels.

Énoncé des objectifs pour 2013-2014

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

Annexes

Remarque : Le contenu des annexes correspond à la situation de l'Institut Péricimètre au 31 juillet 2013.

Annexe A : Les 100 premières institutions en physique et en astronomie au monde, selon *Mapping Scientific Excellence*

L'Institut Péricimètre a été classé au cinquième rang mondial en physique, et au deuxième rang en physique théorique, étant devancé uniquement par le célèbre Institut d'études avancées de Princeton, et placé devant des centres traditionnels d'excellence telles que les universités Harvard et Stanford ainsi que l'Institut de technologie du Massachusetts. L'institution canadienne suivante dans cette liste est l'Université de Victoria, au 78^e rang.

Rang	Institution	Pays	Nombre d'articles	Probabilité d'articles excellents
1	Institut des sciences photoniques	Espagne	522	0,328
2	Institut d'études avancées de Princeton	États-Unis	558	0,309
3	Institut catalan de recherches et d'études avancées	Espagne	771	0,297
4	Université Rice	États-Unis	1294	0,294
5	Institut Péricimètre de physique théorique	Canada	708	0,293
6	Université de la Pennsylvanie	États-Unis	1699	0,279
7	Université Stanford	États-Unis	3560	0,276
8	Partners HealthCare System	États-Unis	635	0,276
9	Université Harvard	États-Unis	5254	0,274
10	Université de la Californie à Santa Barbara	États-Unis	3772	0,274
11	Université Columbia	États-Unis	2399	0,269
12	Institut de technologie du Massachusetts	États-Unis	5880	0,269
13	Université de Princeton	États-Unis	3595	0,266
14	Université Tufts	États-Unis	529	0,263
15	Université de Chicago	États-Unis	2192	0,261
16	Université de la Californie à Santa Cruz	États-Unis	2525	0,260
17	Institut Carnegie des sciences	États-Unis	785	0,257
18	Institut de physique des hautes énergies	Espagne	621	0,255
19	Université de Boston	États-Unis	1594	0,254
20	Université Louis-et-Maximilien de Munich	Allemagne	1981	0,253
21	Université de New York	États-Unis	921	0,253
22	Université de la Californie à Berkeley	États-Unis	5006	0,252
23	Université Yale	États-Unis	2082	0,251

24	Université d'Innsbruck	Autriche	749	0,250
25	Université Duke	États-Unis	1622	0,250
26	Université d'État Wayne	États-Unis	861	0,248
27	Université de l'État de Washington	États-Unis	2525	0,247
28	Laboratoire national de l'accélérateur Fermi	États-Unis	1620	0,247
29	Université d'État de l'Ohio à Columbus	États-Unis	2661	0,243
30	Institut de Physique d'Helsinki	Finlande	774	0,242
31	Université Cornell	États-Unis	2879	0,241
32	Université de l'Illinois à Chicago	États-Unis	1591	0,241
33	Université de la Californie à Los Angeles	États-Unis	3484	0,240
34	Université Blaise-Pascal de Clermont-Ferrand	France	746	0,238
35	Institut de technologie de la Californie	États-Unis	5234	0,238
36	Université du Massachusetts à Amherst	États-Unis	1389	0,236
37	General Atomics	États-Unis	640	0,236
38	Institut polytechnique Rensselaer	États-Unis	1218	0,235
39	Institut polytechnique et Université d'État de Virginie	États-Unis	1005	0,235
40	Université de Rochester	États-Unis	2023	0,235
41	Université de Genève	Suisse	1500	0,234
42	Université Friedrich-Schiller d'Iéna	Allemagne	1171	0,233
43	Institut national de physique subatomique	Pays-Bas	994	0,233
44	Université Northwestern à Evanston	États-Unis	2473	0,233
45	Université d'Évry-Val d'Essonne	France	560	0,232
46	Université George-Mason	États-Unis	516	0,232
47	Institut de physique des hautes énergies	Russie	1011	0,231
48	Académie autrichienne des sciences	Autriche	1106	0,230
49	Université de Syracuse	États-Unis	578	0,230
50	Laboratoire national Lawrence-Berkeley	États-Unis	4850	0,230
51	Laboratoire national de l'accélérateur SLAC	États-Unis	1603	0,230
52	Alcatel-Lucent	États-Unis	581	0,230
53	École polytechnique fédérale de Lausanne	Suisse	2905	0,229
54	Université de Bâle	Suisse	769	0,229
55	Université de Twente	Pays-Bas	1069	0,229
56	Université de la Californie à Riverside	États-Unis	1372	0,229
57	École normale supérieure de Pise	Italie	1102	0,228
58	Laboratoire national sur les énergies renouvelables	États-Unis	728	0,228
59	Université Radboud de Nimègue	Pays-Bas	970	0,227
60	Université de la Californie à Davis	États-Unis	2173	0,227
61	Université de la Californie à Irvine	États-Unis	2039	0,227
62	Université Carnegie-Mellon	États-Unis	1424	0,226
63	Université de l'Indiana à Bloomington	États-Unis	1199	0,226

64	Université d'Hawaï à Manoa	États-Unis	1300	0,225
65	École polytechnique fédérale de Zurich (ETH)	Suisse	3431	0,224
66	Université du Mississippi	États-Unis	720	0,224
67	Conseil australien de recherches	Australie	955	0,223
68	Université Northeastern	États-Unis	773	0,222
69	Université Purdue	États-Unis	2243	0,222
70	Smithsonian Institution	États-Unis	2225	0,222
71	Université du Michigan à Ann Arbor	États-Unis	3791	0,222
72	Université du Nouveau-Mexique	États-Unis	1175	0,221
73	IBM Corporation	États-Unis	1003	0,221
74	Université Johns-Hopkins	États-Unis	2424	0,220
75	Université d'État Rutgers du New Jersey	États-Unis	1890	0,220
76	Université de Pittsburgh	États-Unis	1365	0,219
77	Université du Queensland	Australie	1011	0,218
78	Université de Victoria	Canada	854	0,218
79	Université du Kansas	États-Unis	689	0,218
80	Collège de France	France	766	0,217
81	Université d'État de l'Oklahoma à Stillwater	États-Unis	581	0,217
82	Université Brown	États-Unis	1051	0,216
83	Université de Constance	Allemagne	507	0,215
84	Institut Max-Born d'optique non linéaire et de spectroscopie instantanée	Allemagne	536	0,215
85	Institut scientifique Weizmann	Israël	1717	0,215
86	Université d'État du Kansas	États-Unis	755	0,215
87	Université du Texas à Austin	États-Unis	2976	0,215
88	Université de la Californie à San Diego	États-Unis	3340	0,215
89	Université de Leyde	Pays-Bas	1318	0,213
90	Université Albert-Ludwigs de Fribourg-en-Brigau	Allemagne	1056	0,212
91	Université de Trieste	Italie	1347	0,212
92	Université d'État de Pennsylvanie	États-Unis	3287	0,212
93	Collège universitaire de Dublin	Irlande	661	0,211
94	Université du Colorado à Boulder	États-Unis	2421	0,211
95	Université de Glasgow	Royaume-Uni	1464	0,210
96	Université du Pendjab	Inde	733	0,210
97	Université de Cincinnati	États-Unis	969	0,210
98	Institut scientifique du télescope spatial	États-Unis	806	0,210
99	Université du Maryland à College Park	États-Unis	4037	0,210
100	Université d'Édimbourg	Royaume-Uni	1771	0,208

Annexe B : Corps professoral de l'Institut Périmètre

Professeurs

Neil Turok (Ph.D., Collège impérial de Londres, 1983) a été professeur de physique à l'Université de Princeton et titulaire de la chaire de physique mathématique de l'Université de Cambridge avant de devenir directeur de l'Institut Périmètre. Les recherches de M. Turok mettent l'accent sur l'élaboration de théories fondamentales en cosmologie et de nouveaux tests d'observation. Ses prédictions concernant les corrélations entre la polarisation et la température du rayonnement fossile (ou fonds diffus cosmologique) et du rayonnement de fond produit par l'énergie sombre ont été confirmées. Avec Stephen Hawking, Neil Turok a découvert les solutions instanton qui décrivent la naissance d'univers inflationnaires. Ses travaux sur l'inflation ouverte constituent le fondement du modèle de « multivers » (ou multiunivers), qui fait maintenant l'objet de nombreuses discussions. Avec Paul Steinhardt, il a élaboré un nouveau modèle cosmologique cyclique, dont les prédictions concordent jusqu'à maintenant avec tous les tests d'observation. M. Turok a reçu de nombreuses distinctions, dont des bourses Sloan et Packard, de même que la médaille James-Clerk-Maxwell 1992 de l'Institut de physique du Royaume-Uni. Il est 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) et du Sommet mondial de l'innovation en éducation (WISE).

Dmitry Abanin (Ph.D., Institut de technologie du Massachusetts, 2008) s'est joint à l'Institut Périmètre 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) est devenu professeur adjoint à l'Institut Péricentre 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 Péricentre 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 Péricentre 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 Péricentre 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 Péricentre depuis mai 2012. 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 Périmètre 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 Périmètre 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 Périmètre en 2002, après avoir occupé des postes de chercheur et d'enseignant dans diverses universités européennes, dont l'Université d'Oxford, l'Université *La Sapienza* de Rome, l'Université de Durham, l'Université d'Innsbruck et l'Université nationale d'Irlande. En 1992, il a trouvé une preuve très simple de la non-localité en physique quantique, aujourd'hui appelée *théorème de Hardy*. Son travail actuel vise à caractériser la physique quantique sous forme de postulats opérationnels et à appliquer les résultats obtenus au problème de la gravitation quantique.

Luis Lehner (Ph.D., Université de Pittsburgh, 1998) est devenu professeur associé à l'Institut Périmètre en 2009, dans le cadre d'une nomination conjointe avec l'Université de Guelph, puis professeur à plein temps à l'Institut Périmètre 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 Péricimètre 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 Péricimètre en 2010. Il a été associé de recherche au Laboratoire national de l'accélérateur SLAC de 2007 à 2010. Son domaine de spécialité est la théorie des particules, et notamment la physique au-delà du modèle standard. Il a des liens étroits avec le milieu expérimental et a travaillé sur diverses théories qui pourraient être vérifiées par des expériences au grand collisionneur 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 Péricimètre 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 est actuellement en congé de l'Institut pour une période d'un an, afin de participer à la phase de démarrage du projet HSC (*Hyper-Suprime Cam*) au télescope Subaru d'Hawaii, après quoi il apportera à l'Institut Péricimètre 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 Péricimètre. Auparavant, il a été chercheur à l'Institut d'études avancées de Princeton, à l'Institut de physique théorique de l'Université de la Californie à Santa Barbara, à l'Institut Enrico-Fermi de l'Université de Chicago, à l'Université Yale, à l'Université de Syracuse et à l'Université d'État de la Pennsylvanie. Les recherches de M. Smolin portent surtout sur le problème de la gravitation quantique, notamment la gravitation quantique à boucles et la relativité restreinte déformée (ou relativité doublement restreinte), mais il est l'auteur de contributions dans beaucoup de domaines, ainsi que de 4 ouvrages non techniques. Ses articles ont fait l'objet de plus de 6400 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 Péricimètre en 2008, après avoir été postdoctorant à l'Institut et titulaire d'une bourse internationale de la Société royale de Londres à l'Université de Cambridge. Ses recherches portent principalement sur la définition des innovations conceptuelles qui distinguent les théories quantiques des théories classiques et sur la mise en lumière de leur importance pour l'axiomatisation, l'interprétation et la mise en œuvre de différentes tâches en théorie de l'information. M. Spekkens a reçu le prix Birkhoff-von-Neumann de l'Association internationale pour les structures quantiques.

Natalia Toro (Ph.D., Université Harvard, 2007) est devenue professeure à l'Institut Péricimètre en 2010, après avoir été boursière postdoctorale à l'Institut de physique théorique de l'Université Stanford (SITP). Elle a élaboré un cadre de modèles comportant peu de paramètres pour des signaux potentiels de nouvelle physique. Elle a aussi joué un rôle important dans l'intégration de nouvelles techniques, dites de description effective de particules intermédiaires réelles, au sein du programme 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 Péricimètre en 2011, en provenance de l'Université du Queensland à Brisbane, où il était membre de la Fédération australienne des conseils de recherche et professeur à l'École de mathématiques et physique. Auparavant, il a été postdoctorant à l'Université d'Innsbruck, en Autriche, et à l'Institut d'informatique quantique de l'Institut de technologie de la Californie. M. Vidal travaille à la jonction entre la théorie de l'information quantique et la physique de la matière condensée, utilisant des réseaux de tenseurs pour calculer l'état fondamental de systèmes quantiques à N corps sur un treillis, ainsi que pour produire une classification des états possibles de la matière quantique ou des points fixes du flot de renormalisation. Guifre Vidal a reçu entre autres distinctions une bourse Marie-Curie de l'Union européenne et une bourse de la Fondation Sherman-Fairchild.

Pedro Vieira (Ph.D., École normale supérieure de Paris et Centre de physique de l'Université de Porto, 2008) a été chercheur associé à l'Institut Max-Planck de physique gravitationnelle (Institut Albert-Einstein) en 2008 et 2009, avant de devenir professeur à l'Institut Péricimètre en 2009. Ses recherches portent sur la mise au point de nouveaux outils mathématiques pour les théories de jauge et des cordes. Elles visent ultimement la résolution d'une théorie de jauge quadridimensionnelle réaliste. M. Vieira s'intéresse également à la correspondance AdS/CFT, ainsi qu'au calcul théorique d'amplitudes de diffusion. *Y-system for scattering amplitudes*, de Pedro Vieira et de ses collaborateurs, a remporté le Prix 2012 du meilleur article, remis par l'Institut de physique (IOP) et le comité de rédaction du *Journal of Physics A*. 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 Périètre en mai 2012. Reconnu mondialement comme un chef de file de la théorie de la matière condensée, il a été un pionnier du concept nouveau d'ordre topologique quantique, utilisé pour décrire des phénomènes allant de la supraconductivité aux particules de charge fractionnaire, et il a inventé de nombreux formalismes mathématiques. Il est l'auteur du manuel intitulé *Quantum Field Theory of Many-body Systems: From the Origin of Sound to an Origin of Light and Electrons* (Théorie quantique des champs de systèmes à N corps : de l'origine du son à une origine de la lumière et des électrons). Avant de se joindre à l'Institut, M. Wen a été chercheur distingué Moore à l'Institut de technologie de la Californie, 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 Périètre. Il est également membre élu de la Société américaine de physique.

Professeurs associés

Niyesh Afshordi (Ph.D., Université de Princeton, 2004), nommé conjointement avec l'Université de Waterloo, a été de 2004 à 2007 boursier de l'Institut de théorie et de calcul du Centre Harvard-Smithsonian d'astrophysique, puis titulaire d'une chaire de chercheur invité distingué à l'Institut Périmètre en 2008 et 2009. Il est professeur associé à l'Institut depuis 2010. M. Afshordi se spécialise dans les problèmes interdisciplinaires de la physique fondamentale, de l'astrophysique et de la cosmologie. En 2010, il a reçu un supplément d'accélération à la découverte (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 Périmètre en septembre 2011, dans le cadre d'une nomination conjointe avec l'Université de Waterloo. Auparavant, il a été postdoctorant à l'Institut de théorie et de calcul du Centre Harvard-Smithsonian d'astrophysique (2004-2007) 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 Périmètre 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 Périmètre 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 Péri-mètre 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 Péri-mètre. 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 Péri-mètre 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 Péri-mètre 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 Périmètre en septembre 2012, dans le cadre d'une nomination conjointe avec l'Université de Waterloo, où il est professeur depuis 2007. Auparavant, il a été boursier postdoctoral Wigner au Laboratoire national d'Oak Ridge (2005-2007). M. Melko est un théoricien de la matière condensée qui élabore de nouveaux algorithmes et méthodes de calcul afin d'étudier les systèmes fortement corrélés à N corps. Il se concentre sur les phénomènes émergents, les phases des états fondamentaux, les transitions de phase, les systèmes critiques quantiques et l'intrication. Entre autres distinctions, il a obtenu une bourse de nouveau chercheur, de même que le Prix du jeune scientifique en physique informatique de l'Union internationale de physique pure et appliquée, remis par le Conseil de physique informatique. Il a également été nommé titulaire de la chaire de recherche (de niveau 2) du Canada en physique informatique quantique à N corps.

Michele Mosca (D.Phil., Université d'Oxford, 1999), nommé conjointement avec l'Université de Waterloo, est membre fondateur de l'Institut Périmètre, ainsi que cofondateur et sous-directeur de l'Institut d'informatique quantique. Il est l'auteur de contributions majeures à la théorie et à la pratique du traitement de l'information quantique, dont plusieurs des premières mises en œuvre d'algorithmes quantiques et de méthodes fondamentales permettant d'effectuer des calculs fiables avec des appareils quantiques non nécessairement dignes de confiance. Ses recherches actuelles portent sur les algorithmes et la complexité quantiques, de même que sur la mise au point d'outils de cryptographie assurant la sécurité des données dans des appareils quantiques. Michele Mosca a reçu de nombreux prix et distinctions. Il a entre autres été désigné parmi les 40 meilleurs leaders de moins de 40 ans au Canada (2010). Il a reçu le prix du Premier ministre de l'Ontario pour l'excellence en recherche (2000-2005) et 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 Périmètre en 2011, dans le cadre d'une nomination conjointe avec l'Université McMaster. Auparavant, il a été associé de recherche au Département de physique de l'Université de Princeton et titulaire d'une bourse postdoctorale James-Arthur 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.

Annexe C : Titulaires de chaire de chercheur invité distingué de l'Institut Péricimètre

Dorit Aharonov est professeure au Département d'informatique de l'Université hébraïque de Jérusalem. Elle a apporté des contributions majeures aux fondements théoriques de l'informatique quantique, notamment en ce qui concerne la compréhension et la neutralisation des effets des environnements bruités sur le fonctionnement délicat des ordinateurs quantiques, la détermination d'une transition du quantique au classique dans les ordinateurs quantiques tolérants aux erreurs, la mise au point de nouveaux outils et méthodes de conception d'algorithmes quantiques, ainsi que l'étude des états fondamentaux des hamiltoniens de systèmes quantiques à N corps pour différentes classes d'hamiltoniens, du point de vue de la complexité algorithmique. En 2006, elle a reçu le prix Krill d'excellence en recherche scientifique.

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

Nima Arkani-Hamed, de l'Institut d'études avancées de Princeton, est l'un des plus grands physiciens des particules au monde. Ancien chercheur invité à long terme de l'Institut Péricimètre, il fait partie du corps professoral du programme de maîtrise PSI (*Perimeter Scholars International* – Boursiers internationaux de l'Institut Péricimètre). M. Arkani-Hamed a mis au point des théories sur les dimensions supplémentaires émergentes, les théories du « petit Higgs », et a récemment proposé de nouveaux modèles pouvant être testés au moyen du grand collisionneur hadronique (LHC) du CERN, en Suisse. En 2012, il a été l'un des premiers lauréats du Prix de physique fondamentale.

James Bardeen est professeur émérite de physique à l'Université de l'État de Washington à Seattle. Il est l'auteur de contributions importantes à la relativité générale et à la cosmologie. Il a notamment formulé, avec Stephen Hawking et Brandon Carter, les lois de la mécanique des trous noirs. Il a également élaboré une approche invariante de jauge des perturbations cosmologiques et de l'origine de la structure à grande échelle de l'univers actuel à partir de fluctuations quantiques au cours d'une ère primitive d'inflation. Ses recherches récentes mettent l'accent sur l'amélioration des calculs de la production de rayonnement gravitationnel par la fusion de trous noirs et d'étoiles doubles à neutrons, en formulant les équations d'Einstein sur des hypersurfaces à courbure moyenne constante asymptotiquement nulle. Cela permet de faire des calculs numériques avec une limite extérieure à l'infini nul futur, où les formes d'onde peuvent être connues directement sans extrapolation. James Bardeen a obtenu son doctorat à l'Institut de technologie de la Californie, sous la direction de Richard Feynman.

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

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

Matthew Fisher est physicien de la matière condensée à l'Institut Kavli de physique théorique de l'Université de la Californie à Santa Barbara. Ses recherches portent sur les systèmes fortement corrélés, en particulier les systèmes à dimensionnalité réduite, les 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. Matthew Fisher a été élu membre de l'Académie américaine des arts et des sciences en 2003 et de l'Académie nationale des États-Unis en 2012. Il a plus de 160 publications à son actif.

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

d'administration du Laboratoire national de l'accélérateur Fermi et de la Société pour la science et le public (États-Unis).

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

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

Stephen Hawking est le directeur de la recherche au Centre de cosmologie théorique de l'Université de Cambridge. De 1979 à 2009, il a été professeur lucasien de mathématiques au Département de mathématiques appliquées et de physique théorique de l'Université de Cambridge. Ses travaux visent à mieux comprendre les lois fondamentales qui régissent l'univers. Avec Roger Penrose, il a montré que la théorie de la relativité générale d'Einstein impliquait que l'espace et le temps commençaient avec le Big Bang et prenaient fin dans les trous noirs. Le professeur Hawking est connu pour ses ouvrages de renom sur la science, notamment *A Brief History of Time* (traduit en français sous le titre *Une brève histoire du temps*), le livre scientifique le plus populaire de tous les temps, vendu à plus de 30 millions d'exemplaires dans le monde. Titulaire de 12 doctorats honorifiques, il a été fait Compagnon de l'Empire britannique en 1982, puis Compagnon d'honneur en 1989. Il a reçu de nombreux autres prix, médailles et distinctions, et il est membre élu de la Société royale de Londres ainsi que de l'Académie nationale des sciences des États-Unis.

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

Chaire de recherche du Canada en physique de l'information à l'Université McGill, avant de se joindre à l'Université Stanford.

Theodore A. (Ted) Jacobson est professeur de physique à l'Université du Maryland à College Park. C'est un chef de file de la recherche dans le domaine de la physique gravitationnelle, de même qu'un éducateur passionné et accompli. Ses recherches portent sur la gravitation quantique, la mise à l'épreuve des fondements de la théorie de la relativité, la nature du rayonnement de Hawking et l'entropie des trous noirs. M. Jacobson est l'auteur de plus de 100 articles scientifiques, qui ont fait l'objet de plus de 6800 citations. Il est membre élu de la Société américaine de physique et de l'Association américaine pour l'avancement de la science. Il est en outre membre du comité de rédaction de *Physical Review D* et rédacteur en chef d'une section des *Physical Review Letters*.

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

Adrian Kent est maître de conférences en physique quantique à l'Université de Cambridge. Auparavant, il a été boursier postdoctoral Enrico-Fermi à l'Université de Chicago, membre de l'Institut des études avancées de Princeton et chercheur boursier de la Société royale de Londres à l'Université de Cambridge. Avant de devenir titulaire d'une chaire de chercheur invité distingué, Adrian Kent a été professeur associé à l'Institut Périmètre. Ses recherches portent sur les fondements de la physique, la cryptographie quantique et la théorie de l'information quantique, plus particulièrement sur la physique de la décohérence, les tests innovateurs de la physique quantique et d'autres théories possibles, ainsi que les nouvelles applications de l'information quantique.

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

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

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

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

Subir Sachdev, de l'Université Harvard, a fait d'abondantes contributions à la physique quantique de la matière condensée, notamment par ses recherches sur les transitions de phase quantiques et leur application aux systèmes à électrons corrélés tels que les supraconducteurs à haute température. Son ouvrage *Quantum Phase Transitions* (Transitions de phase quantiques), publié en 1999, a été qualifié de « lecture obligatoire pour tout théoricien en herbe ».

Peter Shor a le titre de professeur Morss de mathématiques appliquées à l'Institut de technologie du Massachusetts. En 1994, il a formulé un algorithme quantique de factorisation, maintenant appelé *algorithme de Shor*, qui est exponentiellement plus rapide que le meilleur algorithme conçu pour un ordinateur classique que l'on connaisse à l'heure actuelle. Il a également démontré que la correction d'erreurs quantiques est possible et que l'on peut effectuer des calculs quantiques insensibles aux défaillances dans un ordinateur quantique. M. Shor continue de concentrer ses recherches sur l'informatique théorique, plus précisément sur l'algorithmique et le calcul quantique. Il a reçu de nombreux prix et distinctions, dont le prix Nevanlinna (1998), le Prix international de communication

quantique (1998), le prix Gödel de l'ACM (1999) et une bourse de la Fondation MacArthur (1999). Il a en outre été élu membre de l'Académie nationale des sciences des États-Unis (2002) ainsi que de l'Académie américaine des arts et des sciences (2011).

Eva Silverstein est professeure de physique à l'Université Stanford et au Laboratoire national de l'accélérateur SLAC. Elle est l'auteure de contributions importantes dans le domaine de la physique théorique : de nouveaux mécanismes prédictifs de cosmologie inflationnaire, qui ont aidé à comprendre de manière plus systématique le processus d'expansion de l'univers et le rôle des grandeurs sensibles aux UV en cosmologie d'observation; des mécanismes de résolution des singularités en théorie des cordes; une nouvelle dualité en théorie des cordes entre dimensions supplémentaires et courbure négative; des extensions de la correspondance AdS/CFT à des théories de champ plus réalistes (avec des applications à la physique des particules et à la construction de modèles de la matière condensée) et à des théories de paysage; des mécanismes simples de stabilisation des dimensions supplémentaires en théorie des cordes. Elle a été récipiendaire d'une bourse MacArthur et d'une bourse de recherche Sloan.

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

Paul Steinhardt a le titre de professeur Albert-Einstein de sciences et dirige le Centre de sciences théoriques à l'Université de Princeton. Il est membre élu de la Société américaine de physique (APS) et de l'Académie nationale des sciences des États-Unis. Il a été coréceptiendaire de la médaille P.A.M.-Dirac du Centre international de physique théorique, pour l'élaboration du modèle inflationnaire de l'univers, ainsi que du prix Oliver-E.-Buckley de l'APS, pour ses contributions à la théorie des quasi-cristaux. Ses domaines de recherche sont la physique des particules, l'astrophysique, la cosmologie et la physique de la matière condensée. Il a récemment élaboré avec Neil Turok un modèle cosmologique cyclique selon lequel le Big Bang serait le résultat d'une collision de deux « univers branaires » en théorie M (ou théorie des membranes). En plus de poursuivre ses recherches sur la cosmologie inflationnaire et cyclique, M. Steinhardt a participé à la mise au point d'une nouvelle classe de matériaux photoniques désordonnés « hyperuniformes » à largeur de bande interdite. Ses recherches systématiques ont mené à la découverte du premier exemple connu de quasi-cristal naturel. Il travaille actuellement à l'organisation d'une expédition dans l'Extrême-Orient russe pour rechercher d'autres échantillons et pour étudier la géologie des lieux où l'on en trouve.

Andrew Strominger a le titre de professeur Gwill-E.-York de physique à l'Université Harvard, où il est également directeur du Centre des lois fondamentales de la Nature. Dans ses recherches, il a recours à diverses approches pour étudier l'unification des forces et des particules, l'origine de l'univers, de même que la structure quantique des trous noirs et de leur horizon (horizon des événements). Entre autres

contributions majeures, M. Strominger est le codécouvreur des compactifications de Calabi-Yau et des solutions branaires de la théorie des cordes. Avec ses collaborateurs, il a fourni une démonstration à l'échelle microscopique de la manière dont les trous noirs peuvent stocker de l'information de façon holographique. Ses recherches récentes portent sur des aspects des trous noirs et de leur horizon qui sont universels et ne dépendent pas d'hypothèses microphysiques détaillées.

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

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

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

Senthil Todadri est professeur agrégé de physique à l'Institut de technologie du Massachusetts. Son domaine de recherche est la théorie de la matière condensée. Plus précisément, il travaille à l'élaboration d'un cadre théorique pour décrire le comportement de la matière en électronique quantique dans des circonstances où les électrons individuels n'ont pas d'intégrité. Un exemple primordial est la recherche d'une théorie pouvant remplacer la théorie de Landau des liquides de Fermi, qui décrit de nombreux métaux avec beaucoup de succès, mais qui échoue dans un certain nombre de

situations étudiées dans des expériences modernes en physique de la matière condensée. M. Todadri a été récipiendaire d'une bourse de recherche Sloan et a reçu un prix d'innovation en recherche de la Société de recherche pour l'avancement de la science (RCSA).

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

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

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

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

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

Annexe D : Membres affiliés de l'Institut Péricètre

Nom	Institution	Domaine de recherche
Ian Affleck	Université de la Colombie-Britannique	Matière condensée
Arif Babul	Université de Victoria	Cosmologie
Leslie Ballentine	Université Simon-Fraser	Fondements quantiques
Richard Bond	Université de Toronto, Institut canadien d'astrophysique théorique (ICAT)	Cosmologie
Ivan Booth	Université Memorial	Gravité forte
Vincent Bouchard	Université de l'Alberta	Théorie quantique des champs et théorie des cordes
Robert Brandenberger	Université McGill	Cosmologie
Gilles Brassard	Université de Montréal	Information quantique
Anne Broadbent	Université de Waterloo, Institut d'informatique quantique (IQC)	Information quantique
Anton Burkov	Université de Waterloo	Matière condensée
Bruce Campbell	Université Carleton	Physique des particules
Benoit Charbonneau	Université St. Jerome's	Théorie quantique des champs et théorie des cordes
Jeffrey Chen	Université de Waterloo	Matière condensée
Andrew Childs	Université de Waterloo, IQC	Information quantique
Matthew Choptuik	Université de la Colombie-Britannique	Gravité forte
Dan Christensen	Université Western	Gravitation quantique
Aashish Clerk	Université McGill	Matière condensée
James Cline	Université McGill	Cosmologie, physique des particules
Alan Coley	Université Dalhousie	Gravité forte
Andrzej Czarnecki	Université de l'Alberta	Physique des particules
Saurya Das	Université de Lethbridge	Gravitation quantique
Arundhati Dasgupta	Université de Lethbridge	Gravitation quantique
Keshav Dasgupta	Université McGill	Théorie quantique des champs et théorie des cordes

Nom	Institution	Domaine de recherche
Rainer Dick	Université de la Saskatchewan	Physique des particules
Joseph Emerson	Université de Waterloo, IQC	Fondements quantiques
Valerio Faraoni	Université Bishop's	Cosmologie
James Forrest	Université de Waterloo	Physique des polymères
Marcel Franz	Université de la Colombie-Britannique	Matière condensée
Doreen Fraser	Université de Waterloo	Philosophie
Andrew Frey	Université de Winnipeg	Cosmologie
Andrei Frolov	Université Simon-Fraser	Cosmologie
Valeri Frolov	Université de l'Alberta	Cosmologie, gravitation quantique
Jack Gegenberg	Université du Nouveau-Brunswick	Gravitation quantique
Ghazal Geshnizjani	Université de Waterloo	Cosmologie
Shohini Ghose	Université Wilfrid-Laurier	Information quantique, calcul quantique
Florian Girelli	Université de Waterloo	Gravitation quantique, mathématiques appliquées
Stephen Godfrey	Université Carleton	Physique des particules
Thomas Grégoire	Université Carleton	Physique des particules
John Harnad	Université Concordia	Physique mathématique
Jeremy Heyl	Université de la Colombie-Britannique	Astrophysique
Bob Holdom	Université de Toronto	Physique des particules
Michael Hudson	Université de Waterloo	Cosmologie
Viqar Husain	Université du Nouveau-Brunswick	Cosmologie, gravitation quantique
Thomas Jennewein	Université de Waterloo, IQC	Information quantique
Catherine Kallin	Université McMaster	Matière condensée
Joanna Karczmarek	Université de la Colombie-Britannique	Théorie quantique des champs et théorie des cordes
Spiro Karigiannis	Université de Waterloo	Physique mathématique, géométrie différentielle
Mikko Karttunen	Université de Waterloo	Matière condensée, biologie
Achim Kempf	Université de Waterloo	Information quantique

Nom	Institution	Domaine de recherche
Yong-Baek Kim	Université de Toronto	Matière condensée
David Kribs	Université de Guelph	Information quantique
Hari Kunduri	Université Memorial	Gravité forte
Gabor Kunstatter	Université de Winnipeg	Gravitation quantique, mécanique quantique
Kayll Lake	Université Queen's	Gravité forte
Debbie Leung	Université de Waterloo	Information quantique
Randy Lewis	Université York	Physique des particules
Hoi-Kwong Lo	Université de Toronto	Information quantique
Michael Luke	Université de Toronto	Physique des particules
Adrian Lupascu	Université de Waterloo, IQC	Information quantique
Norbert Lutkenhaus	Université de Waterloo, IQC	Information quantique
A. Hamed Majedi	Université de Waterloo, IQC	Nanotechnologie
Alexander Maloney	Université McGill	Théorie quantique des champs et théorie des cordes
Robert Mann	Université de Waterloo	Théorie quantique des champs et théorie des cordes, gravitation quantique
Gerry McKeon	Université Western	Physique des particules
Brian McNamara	Université de Waterloo	Cosmologie
Roger Melko	Université de Waterloo	Matière condensée
Volodya Miransky	Université Western	Information quantique
Guy Moore	Université McGill	Physique des particules
Ruxandra Moraru	Université de Waterloo	Physique mathématique, mathématiques pures
David Morrissey	Laboratoire TRIUMF	Physique des particules
Norman Murray	Université de Toronto, ICAT	Astrophysique
Wayne Myrvold	Université Western	Philosophie
Julio Navarro	Université de Victoria	Cosmologie
Ashwin Nayak	Université de Waterloo	Information quantique
Elisabeth Nicol	Université de Guelph	Matière condensée

Nom	Institution	Domaine de recherche
Don Page	Université de l'Alberta	Cosmologie
Prakash Panangaden	Université McGill	Fondements quantiques
Arun Paramekanti	Université de Toronto	Matière condensée
Manu Paranjape	Université de Montréal	Physique des particules
Amanda Peet	Université de Toronto	Fondements quantiques, théorie quantique des champs et théorie des cordes
Ue-Li Pen	Université de Toronto, ICAT	Cosmologie
Alexander Penin	Université de l'Alberta	Matière condensée, physique des particules
Tamar Pereg-Barnea	Université McGill	Matière condensée
Harald Pfeiffer	Université de Toronto, ICAT	Gravité forte
Marco Piani	Université de Waterloo, IQC	Information quantique
Levon Pogosian	Université Simon-Fraser	Cosmologie
Dmitri Pogosyan	Université de l'Alberta	Cosmologie
Eric Poisson	Université de Guelph	Gravité forte
Erich Poppitz	Université de Toronto	Physique des particules
David Poulin	Université de Sherbrooke	Fondements quantiques
Robert Raussendorf	Université de la Colombie-Britannique	Information quantique
Ben Reichardt	Université de Waterloo	Information quantique
Kevin Resch	Université de Waterloo, IQC	Information quantique
Adam Ritz	Université de Victoria	Physique des particules
Moshe Rozali	Université de la Colombie-Britannique	Théorie quantique des champs et théorie des cordes
Barry Sanders	Université de Calgary	Information quantique
Veronica Sanz-Gonzalez	Université York	Physique des particules, physique des hautes énergies
Kristin Schleich	Université de la Colombie-Britannique	Gravité forte
Achim Schwenk	Laboratoire TRIUMF	Physique des particules
Douglas Scott	Université de la Colombie-Britannique	Cosmologie
Sanjeev Seahra	Université du Nouveau-Brunswick	Cosmologie, gravitation quantique

Nom	Institution	Domaine de recherche
Peter Selinger	Université Dalhousie	Physique mathématique
Gordon Semenoff	Université de la Colombie-Britannique	Théorie quantique des champs et théorie des cordes
John Sipe	Université de Toronto	Matière condensée, fondements quantiques
Philip Stamp	Université de la Colombie-Britannique	Cosmologie
Aephraim Steinberg	Université de Toronto	Information quantique
Alain Tapp	Université de Montréal	Information quantique
James Taylor	Université de Waterloo	Cosmologie
André-Marie Tremblay	Université de Sherbrooke	Matière condensée
Mark Van Raamsdonk	Université de la Colombie-Britannique	Théorie quantique des champs et théorie des cordes
Johannes Walcher	Université McGill	Théorie quantique des champs et théorie des cordes
Mark Walton	Université de Lethbridge	Théorie quantique des champs et théorie des cordes
John Watrous	Université de Waterloo	Information quantique
Steve Weinstein	Université de Waterloo	Fondements quantiques
Lawrence Widrow	Université Queen's	Astrophysique
Frank Wilhelm-Mauch	Université de Waterloo, IQC	Matière condensée
Don Witt	Université de la Colombie-Britannique	Physique des particules, théorie quantique des champs et théorie des cordes
Bei Zeng	Université de Guelph	Information quantique

Annexe E : Membres du conseil d'administration de l'Institut Périmètre

Mike Lazaridis, O.C., O.Ont., président, est le fondateur de BlackBerry (auparavant Research In Motion Limited). Il a récemment fondé Quantum Valley Investments, fonds d'investissement qui vise à fournir du capital financier et intellectuel pour le développement et la commercialisation d'avancées dans les domaines de la physique quantique et de l'informatique quantique. Visionnaire, novateur et ingénieur de grand talent, il a transformé l'industrie des communications avec la mise au point du BlackBerry^{MD}. Il a reçu de nombreux prix et distinctions dans le monde de la technologie et des affaires. Il a été élu membre de la Société royale du Canada, et il a reçu l'Ordre de l'Ontario de même que l'Ordre du Canada.

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

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 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 récemment pris sa retraite comme présidente de TD Gestion de placements inc., l'une des principales entreprises canadiennes de gestion de portefeuilles, et vice-présidente principale du Groupe Banque TD. Elle est membre de CSI, autrefois appelé l'Institut canadien des valeurs mobilières, membre de l'Institut CFA (analystes financiers agréés), ainsi que membre de la Société des analystes financiers de Toronto et de l'Institut des administrateurs de sociétés. 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.

Annexe F : Membres du comité consultatif scientifique de l'Institut Péricimètre

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

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

Mme Loll est professeure de physique théorique à l'Institut de mathématiques, d'astrophysique et de physique des particules de l'Université Radboud de Nijmègue, 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 Péricimètre.

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 Péricimètre. 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*. Un spécial en trois parties de la série télévisée NOVA, réalisé à partir de *The Elegant Universe*, a remporté à la fois un prix Emmy et un prix Peabody.

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

M. Verlinde est professeur de physique théorique à l'Institut de physique théorique de l'Université d'Amsterdam. Il est mondialement connu pour ses nombreuses contributions, dont l'algèbre de Verlinde et la formule de Verlinde, qui jouent un rôle important en théorie conforme des champs et en théorie topologique des champs. Ses recherches portent sur la théorie des cordes, la 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.

Annexe G : Présence dans les médias

En 2012-2013, l'Institut Périmètre a fait l'objet d'une importante couverture dans des médias canadiens et étrangers, entre autres *The Globe and Mail*, le *National Post*, le *Toronto Star*, *The Huffington Post*, *Maclean's*, CTV, CBC, *Nature*, *The Walrus*, *TIME Magazine*, *Reader's Digest*, *Wired UK*, et *The Economist*. Voici quelques points saillants de la présence de l'Institut Périmètre dans les médias.

Médias	Titre	Date	Résumé
MIT Technology Review , blogue de la revue Scientific American	The Bell Labs of Quantum Computing	21 juillet 2013	Ce blogue mentionne Mike Lazaridis comme inventeur du BlackBerry et fondateur de l'Institut Périmètre, et qui veut maintenant créer une industrie autour de l'informatique quantique.
The Huffington Post , Nature	Cosmologist claims Universe may not be expanding	16 juillet 2013	L'article parle du cosmologiste Christof Wetterich, de l'Université de Heidelberg, en Allemagne. Celui-ci propose une interprétation radicalement différente des événements — selon laquelle l'univers n'est pas du tout en expansion. Niayesh Afshordi, de l'Institut Périmètre, est cité dans l'article.
Phys.Org , 100% Solutions	Physicists show self-correcting quantum computers are theoretically possible	11 juin 2013	L'article annonce qu'une équipe de physiciens, dont Hector Bombin de l'Institut Périmètre, a démontré qu'il est théoriquement possible de construire un ordinateur quantique capable de se corriger lui-même chaque fois qu'une erreur se produit.
The Record	Imagining a quantum future	3 mai 2013	L'article parle des répercussions technologiques possibles de la recherche en physique quantique.
The Record	The quest for Quantum Valley	20 avril 2013	L'article décrit la <i>Quantum Valley</i> et l'occasion offerte au Canada par la révolution quantique.
The Globe and Mail	New glimpses of ancient light fuel cosmic debate	22 mars 2013	Ivan Semeniuk, reporter scientifique du <i>Globe and Mail</i> , parle de la mission du satellite Planck et cite Neil Turok, directeur de l'Institut Périmètre.
The Globe and Mail	Mike Lazaridis's new quantum leap	19 mars 2013	L'article parle du nouveau projet de Mike Lazaridis, Quantum Valley Investments, et des progrès réalisés dans la région de Waterloo en matière de recherche en physique quantique.
Physics Today	Bookends – Questions and answers with Neil Turok	11 mars 2013	Entrevue de Neil Turok à propos de son nouveau livre <i>The Universe Within</i> (L'univers vu de l'intérieur).
The Walrus	The God Particle	Numéro de décembre 2012	Dan Falk, rédacteur scientifique à la pige, parle du livre <i>The Universe Within</i> (L'univers vu de l'intérieur) et de la relation entre la science et la religion.

TIME Magazine	<u>A Guidebook to the Universe — and to Ourselves</u>	23 novembre 2012	Neil Turok accorde une entrevue à Michael Lemonick à propos de <i>The Universe Within</i> (L'univers vu de l'intérieur). M. Lemonick écrit : « ... Turok vous amène là où aucun autre physicien n'est encore allé. Ça vaut la peine de faire le voyage avec lui. » (<i>article publié dans le Web uniquement</i>)
Nature	<u>Education: Africa's counting house</u>	7 novembre 2012	Cet article de fond présente la croissance de l'AIMS dans toute l'Afrique.
Waterloo Region Record, Metro	<u>Local theorist unlocking secrets of black holes</u>	18 octobre 2012	À la une du <i>Waterloo Region Record</i> , Linda Givetash donne un aperçu général de résultats de la recherche.
National Post	<u>Neil Turok: Furthering our understanding of the universe</u>	18 octobre 2012	Dans une lettre d'opinion, Neil Turok parle de l'importance de la recherche fondamentale.
Maclean's	<u>Neil Turok and the secrets of the universe</u>	15 octobre 2012	Publication d'un extrait de <i>The Universe Within</i> (L'univers vu de l'intérieur).
The Globe and Mail	<u>You don't understand quantum physics? Neil Turok will help you</u>	12 octobre 2012	Neil Turok accorde une entrevue à Anne McIlroy à propos de <i>The Universe Within</i> (L'univers vu de l'intérieur), en particulier la découverte et les répercussions de la physique quantique. Article paru dans la section <i>Focus</i> de l'édition du samedi.
Reader's Digest	<i>Getting physical</i>	Numéro d'octobre 2012	Deux pages de questions et réponses avec Neil Turok.
Toronto Star	<u>Physicist Neil Turok brings science to the masses with his book, The Universe Within</u>	29 septembre 2012	Neil Turok accorde une entrevue à Oakland Ross à propos de la déconnexion entre la science et la société, mais avec un certain optimisme en ce qui concerne l'avenir.
Phys.Org	<u>For the first time, astronomers have measured the radius of a black hole</u>	27 septembre 2012	Phys.Org présente des résultats de la recherche.
Waterloo Region Record, Guelph Mercury, Metro	<u>Stephen Hawking's back in Waterloo</u>	13 septembre 2012	Neil Turok accorde une entrevue à Greg Mercer à propos de la visite de Stephen Hawking et des recherches que celui-ci effectue pendant son séjour à l'Institut Périmètre.
Wired UK Magazine	<u>In Search of Africa's Einstein</u>	6 août 2012	Profil de Neil Turok et chronique sur son rôle dans la fondation de l'AIMS.