



## **Rapport annuel à Industrie Canada 2010-2011**

---

Objectifs, activités et états financiers  
pour l'exercice du 1<sup>er</sup> août 2010 au 31 juillet 2011  
et énoncé des objectifs pour le prochain exercice et pour l'avenir

Soumis par Neil Turok, directeur général,  
à l'honorable Christian Paradis, ministre de l'Industrie,  
et à l'honorable Gary Goodyear, ministre d'État chargé des Sciences et de la Technologie

## Table des matières

Sommaire .....	2
Vue d'ensemble de l'Institut Périmètre .....	4
Énoncé des objectifs pour 2010-2011 .....	5
Objectif n° 1 : Réaliser des découvertes de classe mondiale .....	6
Examen effectué par KPMG .....	6
Recherche.....	7
Prix, distinctions et subventions majeures.....	17
Objectif n° 2 : Devenir la résidence de recherche d'une masse critique des plus grands physiciens théoriciens au monde .....	20
Les chaires de recherche de l'Institut Périmètre.....	20
Recrutement de professeurs.....	21
Recrutement de professeurs associés.....	23
Objectif n° 3 : Créer l'environnement et l'infrastructure les meilleurs au monde pour la recherche, la formation et la diffusion des connaissances en physique théorique .....	24
Le Centre Stephen-Hawking de l'Institut Périmètre.....	24
Expansion des services et de l'infrastructure de TI .....	25
Expansion de la bibliothèque .....	25
Objectif n° 4 : Devenir un incubateur des talents les plus prometteurs .....	26
Le Programme PSI ( <i>Perimeter Scholars International</i> ) .....	26
Postdoctorants .....	27
Doctorants.....	27
Programme pour étudiants de premier cycle .....	28
Objectif n° 5 : Devenir la seconde résidence de recherche de plusieurs grands théoriciens du monde ...	29
Programme de chaires de chercheur distingué.....	29
Programme d'adjoints invités (nouvelle initiative) .....	31
Programme de chercheurs invités.....	32
Objectif n° 6 : Devenir une plaque tournante d'un réseau mondial de centres de physique théorique ...	33
Collaborations et partenariats.....	33
Programme de diffusion mondiale des connaissances .....	36

Objectif n° 7 : Renforcer le rôle de l’Institut Périmètre comme centre de convergence pour la recherche en physique fondamentale au Canada .....	37
Engagement avec des centres d’expérimentation .....	38
Programme d’affiliation .....	38
Objectif n° 8 : Organiser des conférences, ateliers, cours et séminaires ciblés et opportuns .....	39
Conférences et ateliers.....	39
Programmes hybrides (nouvelle initiative) .....	40
Séminaires et colloques.....	41
PIRSA, le système d’archivage en ligne de l’Institut Périmètre .....	41
Cours .....	41
Objectif n° 9 : Mener une action de diffusion des connaissances à fort impact .....	43
Programmes et produits destinés aux enseignants .....	44
Programmes et produits destinés aux élèves.....	46
Ressources en ligne .....	47
Programmes destinés au grand public .....	48
Objectif n° 10 : Continuer d’exploiter le modèle de financement public-privé qui a fait ses preuves à l’Institut Périmètre .....	50
Renouvellement du financement public .....	50
Conseil d’orientation .....	50
Soutien du secteur privé .....	50
Aperçu des états financiers, des dépenses, des critères d’évaluation et de la stratégie d’investissement .....	52
Gouvernance .....	58
Objectifs pour 2011-2012.....	60
Énoncé des objectifs pour 2011-2012 .....	60
Annexe A : Corps professoral de l’Institut Périmètre.....	61
Annexe B : Titulaires de chaire de chercheur distingué de l’Institut Périmètre.....	71
Annexe C : Membres affiliés de l’Institut Périmètre .....	78
Annexe D : Membres du conseil d’administration de l’Institut Périmètre.....	83
Annexe E : Membres du comité consultatif scientifique de l’Institut Périmètre .....	85

*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.*

## Sommaire

L'Institut Péricimètre de physique théorique (l'Institut) a pour principal objectif de créer et pérenniser un centre d'envergure mondiale pour la recherche, la formation, ainsi que la diffusion des connaissances en physique théorique fondamentale, afin de promouvoir l'excellence scientifique et de favoriser des percées scientifiques majeures. En 2010-2011, l'Institut a obtenu des résultats qui ont atteint ou dépassé chacun des objectifs définis l'année précédente. Ces succès montrent de manière incontestable que la planification stratégique de l'Institut est à la fois judicieuse et efficace, et que ses objectifs à long terme sont en voie d'être atteints.

### Principales réalisations au cours de l'exercice 2010-2011

- ✓ Obtention d'un nouveau financement de 50 millions de dollars de chacun des gouvernements du Canada et de l'Ontario, ainsi que de plus de 5 millions de dollars de fonds privés<sup>1</sup>
- ✓ Obtention de notes excellentes lors d'un examen indépendant effectué par KPMG, qui a réuni un comité formé d'experts scientifiques indépendants et de diverses parties prenantes
- ✓ Réalisation d'un agrandissement majeur des installations, le Centre Stephen-Hawking de l'Institut Péricimètre, conformément au calendrier et au budget prévus
- ✓ Production de découvertes scientifiques ayant des répercussions et une importance d'envergure internationale<sup>2</sup>
- ✓ Recrutement de l'un des plus grands théoriciens au monde en la personne de Xiao-Gang Wen, de l'Institut de technologie du Massachusetts (MIT), comme titulaire de la chaire Groupe financier BMO Isaac-Newton de physique théorique, en plus de trois professeurs, trois professeurs associés, de même que huit scientifiques de réputation internationale à titre de titulaires de chaire de chercheur distingué
- ✓ Embauche de 11 postdoctorants en 2010-2011 et recrutement pour 2011-2012 de 15 postdoctorants parmi plus de 600 candidats, soit un nombre record dans l'histoire de l'Institut

---

<sup>1</sup> L'Institut arrive à la fin d'un accord de subvention de 5 ans du gouvernement du Canada, en vertu duquel Industrie Canada a alloué à l'Institut 50 millions de dollars pour la période allant de 2008 à 2012.

<sup>2</sup> Les chercheurs de l'Institut ont produit 263 articles scientifiques au cours de l'exercice 2010-2011. Chaque publication n'a été comptée qu'une seule fois, quel que soit le nombre de chercheurs de l'Institut qui y ont collaboré.

- ✓ Formation de 31 étudiants dans le cadre du cycle supérieur de formation à la recherche PSI (*Perimeter Scholars International*); conclusion de la formation de 3 doctorants, en collaboration avec des universités environnantes.
- ✓ Accueil de 416 chercheurs invités, pour un total de 439 séjours scientifiques, dont 380 invités à court terme, 11 invités à long terme, 15 titulaires de chaire de chercheur distingué de l'Institut et 4 adjoints invités
- ✓ Organisation de 12 conférences et ateliers ciblés et opportuns, auxquels ont participé 653 scientifiques du monde entier, ainsi que de 263 exposés scientifiques
- ✓ Soutien logistique et pratique de l'initiative *Next Einstein* (le prochain Einstein) de l'Institut africain des sciences mathématiques (AIMS-NEI), et aide à l'obtention de nouveaux engagements de financement totalisant plus de 6 millions de dollars
- ✓ Organisation de la première conférence du partenariat WGSi (*Waterloo Global Science Initiative*), intitulée *The Equinox Summit: Energy 2030* (Sommet *Equinox* : Énergie 2030), pour susciter de nouvelles idées sur l'utilisation de la science afin d'améliorer nos capacités de production d'énergie
- ✓ Organisation de conférences attrayantes et populaires, et réalisation d'émissions pour plus d'un million de personnes de la région, du pays et de l'étranger, grâce à un partenariat avec TVO
- ✓ Élaboration de nouveaux outils pédagogiques en classe et en ligne pour les élèves et les enseignants – utilisation des modules éducatifs de l'Institut par plus de 500 000 élèves au Canada à ce jour
- ✓ Programmes et outils de diffusion des connaissances, formation d'enseignants et École d'été internationale annuelle pour jeunes physiciens et physiciennes touchant au total plus de 160 000 élèves d'écoles secondaires canadiennes en 2010-2011

## Vue d'ensemble de l'Institut Périmètre

La physique théorique cherche à comprendre de quoi est composé l'univers et quelles sont les forces qui le gouvernent, au niveau le plus fondamental. À ce niveau, une découverte importante peut à elle seule transformer le monde. Par exemple, la découverte de l'électromagnétisme a conduit à la naissance de la radio, des rayons X et de la technologie sans fil, qui ont à leur tour catalysé des percées dans toutes les autres sciences. La découverte de la mécanique quantique s'est traduite par l'apparition des semiconducteurs, des ordinateurs, des lasers et d'une gamme presque infinie de nouveaux moyens techniques. La physique théorique est la discipline scientifique la moins coûteuse tout en ayant les impacts les plus importants.

Situé à Waterloo, en Ontario, l'Institut Périmètre de physique théorique (l'Institut) a été fondé en 1999. Il constitue la première tentative de l'histoire d'accélérer de manière stratégique les découvertes dans ce domaine des plus fondamentaux de la science. Soutenu par un modèle visionnaire de financement, il réunit des partenaires publics et privés, de même que les plus brillants esprits scientifiques du monde, dans une entreprise commune visant à réaliser les prochaines avancées qui transformeront notre avenir.

Au 31 juillet 2011, l'Institut comptait :

- 15 professeurs à plein temps,
- 14 professeurs associés,
- 27 titulaires de chaire de chercheur distingué,
- 43 postdoctorants,
- 27 étudiants diplômés,
- 37 étudiants à la maîtrise participant au programme PSI (*Perimeter Scholars International*).

L'Institut est un important pôle de recherche dont le programme de conférences et de chercheurs invités attire chaque année plus de 1000 scientifiques, suscitant de nouvelles collaborations et catalysant des découvertes dans tous les domaines de la physique fondamentale.

La science est essentielle 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. Ses programmes et ses produits, qui se sont mérités des prix, cherchent à motiver, à éduquer et à inspirer, en communiquant l'importance de la recherche fondamentale, les joies de la découverte et le pouvoir durable des idées.

*« ... ce qui pourrait bien être l'expérience intellectuelle la plus ambitieuse sur Terre. »*

*– New Scientist [traduction]*

## **Énoncé des objectifs pour 2010-2011**

- 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 : 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° 4 : Devenir un incubateur des talents les plus prometteurs.**
- Objectif n° 5 : Devenir la seconde résidence de recherche de plusieurs grands théoriciens du monde.**
- Objectif n° 6 : Devenir une plaque tournante d'un réseau mondial de centres de physique théorique.**
- Objectif n° 7 : Renforcer le rôle de l'Institut Périmètre comme centre de convergence pour la recherche en physique fondamentale au Canada.**
- Objectif n° 8 : Organiser des conférences, ateliers, cours et séminaires ciblés et opportuns.**
- Objectif n° 9 : Mener une action de diffusion des connaissances à fort impact.**
- 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

- Contribution au progrès de la recherche fondamentale par la publication de 263 articles de haut niveau en 2010-2011. Depuis la création de l'Institut Périmètre, ses chercheurs ont fait paraître 1692 articles dans 50 revues, et ces publications ont fait l'objet de 34 629 citations<sup>3</sup> à ce jour, ce qui témoigne de l'importance et de l'impact à long terme de leurs recherches.
- Obtention de notes excellentes lors d'un examen indépendant effectué pour le compte d'Industrie Canada par KPMG, qui a réuni un comité formé d'experts scientifiques indépendants et de diverses parties prenantes.

### Points saillants

#### Examen effectué par KPMG

*« Les recherches menées dans les principaux domaines d'activité de l'Institut Périmètre sont d'une grande importance et ont des conséquences considérables sur la mise à l'épreuve de théories actuelles, l'élaboration de nouvelles approches et la définition de liens nouveaux ayant des applications plus étendues. Ces recherches produisent le genre de percées hautement innovatrices et passionnantes voulues par l'Institut. Certaines d'entre elles sont particulièrement révolutionnaires et transforment la science. Des experts du monde entier ont une opinion très favorable de l'Institut et de ses chercheurs. »*

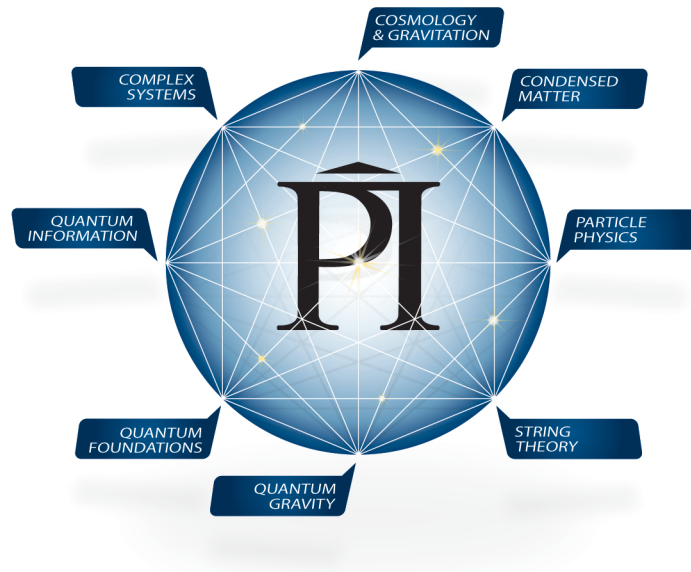
– Rapport d'évaluation produit par KPMG en 2011 [traduction]

En 2010-2011, KPMG a effectué pour le compte d'Industrie Canada une évaluation indépendante de la recherche et du fonctionnement de l'Institut. Cet examen approfondi, auquel a participé un comité international indépendant de 19 scientifiques, a établi que la recherche, les programmes et le fonctionnement de l'Institut Périmètre sont de calibre international sous pratiquement tous leurs aspects. Cette évaluation témoigne de manière éloquent de la capacité de l'Institut à réaliser ses hautes aspirations scientifiques.

---

<sup>3</sup> D'après les bases de données Google Scholar et SPIRES au 31 juillet 2011. Chaque publication n'est comptée qu'une seule fois, quel que soit le nombre de chercheurs de l'Institut Périmètre qui y ont collaboré.

## Recherche



Tout au long de l'année, l'Institut a continué de préconiser une approche de collaboration et une étude interdisciplinaire de certains des problèmes les plus difficiles dans le domaine. Il a atteint ses objectifs en produisant de nombreux résultats dont l'importance et les répercussions se manifestent à l'échelle internationale. L'Institut continue d'accorder la priorité à des recherches ambitieuses et « risquées », mais pouvant donner des résultats majeurs, plutôt qu'à des travaux plus « sûrs » donnant des résultats prévisibles et mineurs sur le plan scientifique.

Le schéma ci-dessus illustre l'espace de recherche de l'Institut, qui suscite de nouvelles perspectives et provoque des « étincelles » entre des domaines interreliés de manière stratégique. Cet ensemble de domaines de recherche est unique au monde et forme un tout bien plus grand que la somme de ses parties. Grâce à la promotion active d'échanges d'idées constants, les avancées réalisées dans un domaine peuvent susciter de nouvelles idées dans d'autres, accélérant ainsi le processus de découverte.

Voici plusieurs exemples de travaux dignes de mention publiés en 2010-2011.

**Allan BAYNTUN (Université McMaster), Cliff P. BURGESS (Université McMaster et Institut Périmètre), Brian P. DOLAN (Université nationale de l'Irlande à Maynooth et Institut d'études avancées de Dublin) et Sung-Sik LEE (Université McMaster et Institut Périmètre).** « AdS/QHE: Towards a Holographic Description of Quantum Hall Experiments », *New J. Phys.*, vol. 13, 2011, 035012 [arXiv:1008.1917].

La découverte réalisée au milieu des années 1990 de l'équivalence parfaite entre des systèmes non gravitationnels en interaction forte et certains systèmes gravitationnels – appelée correspondance entre

espace-temps anti-de Sitter et théorie conforme des champs, en abrégé correspondance AdS/CFT – a constitué la plus grande percée réalisée en physique théorique depuis des décennies. Elle permet entre autres d’espérer que les outils bien développés utilisés pour comprendre les propriétés gravitationnelles de trous noirs puissent servir à expliquer des situations plus terre à terre où des électrons interagissent très fortement avec des systèmes de matière condensée.

La recherche de points de contact entre ces nouvelles idées théoriques et des systèmes réels de matière condensée a commencé il y a seulement quelques années. Elle cherche encore à déterminer quels systèmes gravitationnels et quelles expériences sur la matière condensée il faut choisir afin de comprendre les unes à partir des autres. Cet article soutient que les systèmes expérimentaux pour lesquels les techniques de correspondance AdS/CFT sont les plus susceptibles d’être utiles sont les matériaux à effet Hall quantique. Il en donne pour preuve le riche ensemble de symétries que l’on trouve de manière expérimentale dans ces systèmes et qui, en raison de leur nature émergente, demeurent mal comprises avec les approches traditionnelles. L’article montre que ces symétries apparaissent de manière très générale dans la formulation de la correspondance AdS/CFT, et que cette formulation constituerait par conséquent un cadre naturel permettant de les expliquer. L’établissement d’un lien quantitatif entre les méthodes de la correspondance AdS/CFT et un système réel de matière condensée tel qu’un matériau à effet Hall quantique pourrait fournir le premier test d’observation de la théorie des cordes. L’article montre que non seulement la version la plus simple d’un système réel de matière condensée rend compte a posteriori d’un exposant d’échelle mesuré dans les expériences, mais qu’elle prédit de plus toute une gamme de phénomènes expérimentaux exotiques pour les systèmes bosoniques à effet Hall quantique, si l’on arrivait à fabriquer de tels systèmes. Cet article a attiré l’attention de théoriciens des cordes comme de physiciens de la matière condensée, et l’on continue de chercher, à l’Institut et ailleurs, des comparaisons plus robustes entre la théorie de la correspondance AdS/CFT et les observations effectuées sur de tels systèmes. Il s’agit d’une recherche de nature interdisciplinaire, qui fait intervenir la physique de la matière condensée, la théorie des cordes et la théorie quantique des champs. Le contexte de recherche interdisciplinaire propre à l’Institut a joué un rôle crucial dans ces travaux, en fournissant les connaissances approfondies des méthodes de la correspondance AdS/CFT, en rassemblant des chercheurs spécialistes des domaines voulus et en leur permettant de consacrer du temps à cette recherche.

**Latham BOYLE (Institut Périmètre et ICAT) et Paul STEINHARDT (Université de Princeton). « Testing Inflation: A Bootstrap Approach », *Phys. Rev. Lett.*, vol. 105, 2010, 241301 [arXiv:0810.2787].**

Les cosmologistes donnent parfois l’impression que la théorie de l’inflation cosmique est bien établie et que nous n’avons plus qu’à déterminer quel modèle particulier d’inflation cosmique est le bon. Latham Boyle, professeur à l’Institut, et son collaborateur Paul Steinhardt (récemment nommé titulaire d’une chaire de chercheur distingué de l’Institut) sont plutôt d’avis que l’établissement de la validité de l’inflation cosmique demeure un problème crucial. Ils présentent un nouveau test que les prochaines observations cosmologiques rendront possible et qui pourrait dissiper tout doute raisonnable quant à l’inflation cosmique.

Lorsque nous observons les dépendances directionnelles à grand angle dans le rayonnement fossile (ou fonds diffus cosmologique), nous mesurons en réalité des fluctuations du champ de densité primordial. Selon la théorie de l'inflation cosmique, l'explication de l'origine de ces fluctuations met l'accent sur le rapport de deux échelles de longueur (variables en fonction du temps) : la longueur d'onde de la fluctuation elle-même et le rayon de Hubble. Selon la théorie de l'inflation cosmique, une fluctuation donnée a été produite à un moment très précoce (celui de la « sortie de l'horizon »), alors que ce rapport était de un. Ensuite, entre le moment de la sortie de l'horizon et la fin de la période d'inflation cosmique, ce rapport s'est « agrandi » d'un facteur important. Puis, entre la fin de la période d'inflation et aujourd'hui, ce rapport s'est « rétréci » du même facteur pour redevenir égal à un. MM. Boyle et Steinhardt font remarquer que des observations cosmologiques à venir donneront des estimations indépendantes des facteurs d'agrandissement et de rétrécissement ci-dessus. Si ces deux estimations concordent, nous aurons une preuve extrêmement précise et convaincante de la prémisse fondamentale de l'inflation cosmique.

**Luis LEHNER (Université de Guelph et Institut Périmètre) et Frans PRETORIUS (Université de Princeton).**  
**« Black Strings, Low Viscosity Fluids, and Violation of Cosmic Censorship », *Phys. Rev. Lett.*, vol. 105, 2010, 111101.**

Cet article porte sur l'instabilité des trous noirs dans des dimensions supérieures. Des études précédentes avaient révélé une classe de trous noirs instables, mais n'avaient pas pu déchiffrer l'état final du système. Ce problème est resté ouvert pendant près de deux décennies, mais il a été résolu ici. L'article montre que les trous noirs instables évoluent vers une singularité nue, ce qui constitue une première violation générique de la censure cosmique. Il montre de plus que ce système a un comportement complexe, agissant qualitativement comme un courant fluide de faible viscosité. Ce travail a donc ouvert de nouvelles avenues sur des dualités entre le comportement de la gravité et les théories des champs. Les prochaines étapes consisteront à explorer la correspondance avec le comportement et les dualités des fluides. Le contexte de l'Institut a joué un rôle clé dans la collaboration entre MM. Pretorius et Lehner, puisque les deux enseignaient dans le cadre du programme PSI.

**Cliff P. BURGESS (Institut Périmètre et Université McMaster) et Leo VAN NIEROP (Université McMaster).**  
**« Large Dimensions and Small Curvatures from Supersymmetric Brane Back-reaction », *Journal of High Energy Physics*, vol. 2011, n° 4, p. 78 [arXiv:1101.0152].**

L'accélération de l'expansion de l'univers proposée dans la plupart des théories cosmologiques actuelles pose plusieurs défis au regard des prédictions fournies dans d'autres domaines de la physique. En particulier, on se demande depuis longtemps pourquoi la courbure associée à l'expansion accélérée de l'univers est si petite par comparaison avec la grande énergie quantique prévue du vide. De nouveaux calculs effectués par le professeur Cliff Burgess de l'Institut et son étudiant Leo van Nierop pourraient fournir la clé de la résolution de ce problème.

On sait que les théories bien élaborées de la gravité quantique (p. ex. la théorie des cordes) prédisent l'existence de plus de trois dimensions d'espace ainsi que l'existence dans ces dimensions de surfaces, appelées *branes*, contenant toutes les particules connues. Partant de cette observation, les deux auteurs ont cherché à comprendre comment la taille et la forme de l'univers observé (et de toutes les dimensions supplémentaires) réagissent à la présence de branes. Leurs travaux ont donné les premiers outils systématiques de calcul permettant de prédire comment les branes qui englobent un nombre arbitraire de dimensions spatiales affectent la taille et la forme de l'univers.

De plus, ces nouveaux outils peuvent montrer comment l'expansion de l'univers peut s'accélérer. En particulier, ils montrent comment et quand la grande énergie quantique du vide peut courber les dimensions supplémentaires sans courber de manière inacceptable les trois grandes dimensions spatiales que nous observons. Si ces résultats sont valables, ils constitueront le premier cas connu où les petites courbures dont on observe l'association avec la densité de l'énergie sombre peuvent être compatibles avec la grandeur des fluctuations quantiques connues.

**Stephen M. FEENEY (University College de Londres), Matthew C. JOHNSON (Institut Périmètre), Daniel J. MORTLOCK (Collège impérial de Londres) et Hiranya V. PEIRIS (University College de Londres). *First Observational Tests of Eternal Inflation* [arXiv:1012.1995].**

L'inflation cosmique est depuis 30 ans la théorie prédominante expliquant les conditions initiales de l'univers. Cependant, de manière générale, les modèles d'inflation ont un régime éternel qui prédit une structure complexe de l'espace-temps à des échelles beaucoup plus grandes que ce qui est observable pour nous. Par conséquent, l'une des questions non résolues en cosmologie est de savoir si nous pourrions un jour tester l'hypothèse de l'inflation éternelle. Cette question touche en outre directement la gravité quantique et la théorie des cordes, de même que les fondements de la physique quantique, lorsqu'il est question d'interprétations quantiques dans un espace-temps en expansion éternelle. Cet article fournit une manière concrète de tester de possibles signatures de l'inflation éternelle dans les observations du rayonnement fossile (ou fonds diffus cosmologique), qui pourraient à leur tour offrir un moyen nouveau de comprendre la physique du commencement de l'univers. L'article a été très bien reçu dans le milieu de la cosmologie et a fait l'objet d'une large couverture dans la presse grand public. Des analyses plus précises faisant appel aux données à venir du satellite Planck sont en cours et pourront raffiner ces contraintes de manière significative.

**Rouven ESSIG (Laboratoire national de l'accélérateur SLAC), Philip SCHUSTER (Institut Périmètre et Laboratoire national de l'accélérateur SLAC), Natalia TORO (Institut Périmètre et Université Stanford) et Bogdan WOJTSZEKOWSKI (Laboratoire Jefferson). « An Electron Fixed Target Experiment to Search for a New Vector Boson A' Decaying to  $e+e$  », *Journal of High Energy Physics*, vol. 2011, n° 2, p. 1-35 [arXiv:1001.2557]; « Search for a new gauge boson in the A' Experiment (APEX) » (auteurs multiples) [arXiv:1108.2750].**

La matière sombre constitue l'une des principales énigmes de la physique théorique. Dans notre compréhension de l'univers, il nous est difficile d'aller bien au-delà de la matière atomique « ordinaire » qui nous est familière. Même si elle n'est pas directement visible (d'où le qualificatif de « sombre »), nous avons des preuves solides de son existence, grâce à des observations astronomiques telles que l'effet lenticulaire gravitationnel et le fait que la matière visible n'a pas une masse (et donc une gravité) suffisante pour expliquer l'existence des galaxies, dont la cohésion est due à la gravité. Même s'il y a de nombreux signes d'interactions gravitationnelles avec la matière sombre, ses interactions autres que gravitationnelles sont mal comprises. Il se peut qu'il existe des interactions internes à la matière sombre sous forme de « forces sombres ». Si elles existent, de telles forces auraient probablement comme médiateur (à l'instar de toutes les forces autres que la gravité) un certain type de particule, un nouveau boson jauge, parfois appelé « proton sombre ».

Philip Schuster et Natalia Toro, professeurs à l'Institut, travaillent en étroite collaboration avec des expérimentateurs afin de concevoir et d'optimiser des expériences à la recherche de forces sombres. Leur article proposant une telle expérience a conduit au lancement de l'expérience APEX au Laboratoire Jefferson, aux États-Unis. Le premier article cité ici rapporte l'essai de l'expérience APEX qui a eu lieu récemment, confirmant que l'expérience complète devrait permettre une recherche sur une vaste gamme de masses et de couplages, avec une sensibilité jamais atteinte à ce jour dans d'autres expériences. Cela devrait permettre à l'expérience APEX d'explorer, au-delà du modèle standard, de nouvelles forces susceptibles d'expliquer diverses anomalies liées à la matière sombre. Les travaux de M. Schuster et de Mme Toro sur la recherche de forces sombres ont suscité beaucoup d'intérêt et de soutien, et plusieurs autres expériences du même ordre commenceront au début de 2012.

**Benjamin GRINSTEIN (Université de la Californie à San Diego), Alexander L. KAGAN (Université de Cincinnati et Institut Weizmann), Michael TROTT (Institut Périmètre) et Jure ZUPAN (Université de Cincinnati), « Forward-backward asymmetry in t-tbar production from flavour symmetries », *Phys. Rev. Lett.*, vol. 107, 2011, 012002, DOI: 10.1103 [arXiv:1102.3374].**

L'expérience CDF (collisionneur détecteur au Fermilab) du Fermilab étudie depuis de nombreuses années les collisions de protons et d'antiprotons à de très hautes énergies, mettant à l'épreuve le modèle standard de la physique des particules et cherchant des phénomènes que ne peut expliquer cette théorie par ailleurs couronnée de succès. Les auteurs de l'article ont récemment trouvé un tel phénomène : un léger écart dans la distribution des quarks top (ou quarks t) et des antiquarks top lorsqu'ils sont produits par paires dans l'expérience. Sur le plan statistique, la distribution observée est suffisamment en désaccord avec les prédictions du modèle standard de la physique des particules pour que l'on puisse se demander comment la théorie devrait être modifiée afin d'expliquer ce que l'on observe. Il pourrait fort bien en résulter un premier aperçu de la théorie qui pourrait remplacer le modèle standard comme description du fonctionnement de la physique aux plus petites distances qu'il est possible d'étudier. L'article présente une étude systématique des contraintes qui limitent ce qui pourrait être responsable de l'écart observé, ainsi que plusieurs exemples bien étouffés de théories qui pourraient rendre compte des observations. On peut en déduire comment le grand collisionneur

hadronique du CERN pourrait servir à tester les diverses possibilités. Cet article a été très bien reçu et a déjà fait l'objet d'un nombre inhabituellement élevé de citations.

**Lucien HARDY (Institut Péricimètre). *Reformulating and reconstructing quantum theory* [arXiv:1104.2066].**

Les axiomes habituels de la physique quantique sont très abstraits, et un problème qui subsiste depuis longtemps dans les fondements de la physique quantique consiste à trouver un autre jeu de postulats, plus naturels, dont on pourrait déduire les axiomes mathématiques habituels de la physique quantique. Des progrès significatifs ont récemment été réalisés dans ce domaine à partir d'idées de la théorie de l'information quantique. Dans cet article de 170 pages, M. Hardy propose un jeu de cinq postulats très naturels dont on déduit les axiomes mathématiques habituels de la physique quantique. Ces postulats sont formulés en termes opérationnels qui s'appliquent à un cadre très général de circuits probabilistes et constituent sans doute à ce jour la manière la plus naturelle d'obtenir les axiomes mathématiques habituels de la physique quantique. Un certain nombre de groupes dans le monde continuent de travailler sur ce problème, et l'Institut y est bien représenté puisque les postdoctorants Giulio Chiribella et Markus Mueller travaillent sur des idées connexes. La reconstruction de la physique quantique à partir de postulats naturels a été l'un des principaux thèmes de la conférence *Conceptual foundations and foils for quantum information processing* (Fondements conceptuels et avancées du traitement de l'information quantique) qui s'est tenue à l'Institut en mai 2011 et à laquelle ont participé plus de 100 chercheurs du monde entier.

**Robert W. SPEKKENS (Institut Péricimètre) et Matthew S. LEIFER (University College de Londres). *Formulating Quantum Theory as a Causally Neutral Theory of Bayesian Inference* [arXiv:1107.5849].**

L'univers de la mécanique quantique est intrinsèquement incertain. Mais cette incertitude est-elle le reflet d'une réalité incertaine ou d'une connaissance incomplète? La « réalité incertaine » constitue la réponse dominante, mais ce n'est pas la seule. Rob Spekkens, professeur à l'Institut, et Matt Leifer, ancien postdoctorant à l'Institut, ont publié de nouveaux résultats reformulant la physique quantique à l'aide d'une démarche d'inférence bayésienne. Ces résultats constituent un important pas en avant dans le cadre d'un programme de recherche plus vaste (auquel participe également Christopher Fuchs, chercheur principal à l'Institut) qui vise à résoudre les difficultés conceptuelles de la physique quantique en interprétant les états quantiques comme des états de connaissance incomplète, sous forme de degrés de croyance d'un agent.

L'inférence bayésienne est une méthode d'inférence statistique qui permet de mettre à jour un état d'incertitude d'un agent à la lumière de nouvelles données probantes. En général, on a recours à l'inférence bayésienne dans l'espoir de trouver une probabilité conditionnelle, c'est-à-dire la probabilité d'un événement en supposant un ensemble donné de circonstances. À titre d'exemple, c'est l'inférence bayésienne qui permet de calculer la probabilité de précipitations lorsque la température est de 25 degrés et le taux d'humidité de 75 %. MM. Spekkens et Leifer montrent que la notion de probabilité

conditionnelle possède un analogue en physique quantique : l'état quantique conditionnel. Ils montrent également que (tout comme dans l'inférence bayésienne classique) l'inférence bayésienne quantique est indifférente au fait que deux événements se produisent en même temps ou non, en ce qui a trait aux règles de propagation des croyances. Cela leur permet d'unifier les descriptions d'expériences quantiques qui font intervenir deux systèmes à un même moment et d'expériences qui font intervenir un seul système à deux moments différents. Grâce à la nouvelle formulation proposée par les auteurs, nous pouvons faire une distinction plus nette entre les aspects de la physique quantique qui concernent une simple mise à jour d'une connaissance incomplète et ceux qui concernent les causes et effets sous-jacents, ce qui nous permet de mieux concentrer notre attention sur ces derniers aspects.

**[1] Henrique GOMES (Université de Nottingham), Sean GRYB (Institut Périmètre et Université de Waterloo) et Tim KOSLOWSKI (Institut Périmètre). « Einstein Gravity as a 3D Conformally Invariant Theory », *Class. Quant. Grav.*, vol. 28, 2011, 045005 [arXiv:1010.2481].**

**[2] Henrique GOMES (Université de Nottingham) et Tim KOSLOWSKI (Institut Périmètre). *The Link between General Relativity and Shape Dynamics* [arXiv:1101.5974].**

**[3] Henrique Gomes (Université de Nottingham), Sean Gryb (Institut Périmètre et Université de Waterloo), Tim Koslowski (Institut Périmètre) et Flavio Mercati (Université de Saragosse). *The gravity/CFT correspondence* [arXiv:1105.0938].**

Deux jeunes théoriciens de l'Institut (le postdoctorant Tim Koslowski et le doctorant Sean Gryb) et un de leurs collègues (Henrique Gomes, doctorant à l'Université de Nottingham et chercheur invité à l'Institut) ont trouvé une nouvelle formulation de la relativité générale qui pourrait conduire au dénouement de l'un des principaux problèmes non résolus de la gravité classique et de la gravité quantique. Leur découverte a eu lieu au cours d'un séjour de M. Gomes à l'Institut. Ces articles montrent que la relativité générale peut être formulée comme une théorie possédant une notion physique et invariante du temps, ainsi qu'une nouvelle symétrie, qui est invariante pour le changement de volume des objets (invariance d'échelle locale). En montrant que la relativité générale recèle une notion préférentielle du temps, cette formulation résout l'épineux problème du temps dans les cosmologies classique et quantique. Elle ouvre également une nouvelle approche de la dualité entre gravité et théorie conforme des champs, postulée par la très influente dualité entre espace-temps anti-de Sitter et théorie conforme des champs.

**[1] Giovanni AMELINO-CAMELIA (Université La Sapienza de Rome), Laurent FREIDEL (Institut Périmètre), Jerzy KOWALSKI-GLIKMAN (Université de Wrocław) et Lee SMOLIN (Institut Périmètre). *The principle of relative locality* [arXiv:1101.0931].**

**[2] Giovanni AMELINO-CAMELIA (Université La Sapienza de Rome), Laurent FREIDEL (Institut Périmètre), Jerzy KOWALSKI-GLIKMAN (Université de Wrocław) et Lee SMOLIN (Institut Périmètre). « Relative locality and the soccer ball problem », *Phys. Rev. D.* [arXiv:1104.2019].**

**[3] Laurent FREIDEL (Institut Périmètre) et Lee SMOLIN (Institut Périmètre). *Gamma ray burst delay times probe the geometry of momentum space* [arXiv:1103.5626].**



Un nouveau principe de la physique, qui donne lieu à une approche originale des tests expérimentaux des théories quantiques de la gravité, a été découvert à l'Institut à l'automne 2010. Ce nouveau principe, appelé « principe de la localité relative », constitue une extension et un approfondissement de la formulation einsteinienne de la relativité restreinte. Tout comme Einstein a montré que la notion d'espace dépend de l'observateur et que la notion d'espace-temps est invariante et universelle, ce nouveau principe postule que la description d'événements qui ont lieu dans l'espace-temps dépend de la position de l'observateur et de l'énergie qu'il utilise pour détecter des événements à distance. La physique compte un nouvel invariant appelé espace de phase. Le principe de la localité relative a été découvert en octobre 2010 au cours d'une session intensive de travail qui a réuni pendant deux semaines les professeurs Laurent Freidel et Lee Smolin de l'Institut, ainsi que les chercheurs invités Giovanni Amelino-Camelia de l'Université La Sapienza de Rome et Jerzy Kowalski-Glikman de l'Université de Wrocław. Il a été présenté dans l'article [1] ci-dessus. Les auteurs ont également montré (article [2] ci-dessus) qu'un problème commun aux tentatives de modifier la théorie de la relativité de manière à englober la gravité quantique n'affecte pas ce nouveau cadre. Dans l'article [3], Freidel et Smolin ont montré que le nouveau principe permet de faire des prédictions quant aux délais d'arrivée de photons provenant de bouffées de rayons gamma (ou sursauts gamma) très éloignées. Ces délais dépendent de l'énergie et peuvent exister à un degré de sensibilité qui permet de les délimiter ou de les détecter grâce à l'observatoire en rayons gamma Fermi. (Pour en savoir plus sur les possibilités de telles expériences, voir Giovanni Amelino-Camelia et Lee Smolin, *Prospects for constraining quantum gravity dispersion with near term observations*, *Phys. Rev. D*, vol. 80, 2009, n° 8, p. 1-34 [arXiv:0906.3731].)

**Daniel GOTTESMAN (Institut Périmètre), Thomas JENNEWEIN (Institut d'informatique quantique, Université de Waterloo) et Sarah CROKE (Institut Périmètre). *Longer-Baseline Telescopes Using Quantum Repeaters* [arXiv:1107.2939].**

L'un des objectifs de la conception de télescopes est d'en optimiser la résolution, afin de voir des structures dont la taille apparente est petite. La résolution d'un télescope comportant un seul grand miroir est limitée par la taille du miroir. Une manière d'améliorer la résolution au-delà de cette limite consiste à mesurer les interférences entre les rayons lumineux qui arrivent à deux ou plusieurs télescopes distincts. La résolution est alors limitée par la distance entre les télescopes plutôt que par la taille de chaque miroir. (Par contre, la sensibilité de détection d'objets faiblement lumineux demeure limitée par la taille des miroirs, puisque c'est elle qui détermine la quantité de lumière recueillie.) Dans le cas de radiotélescopes, on peut mesurer les interférences entre des télescopes arbitrairement éloignés, puisque les ondes radio qui atteignent les télescopes sont essentiellement des ondes classiques, ce qui permet aux astronomes de mesurer le signal détecté par chaque télescope puis de faire toutes les comparaisons voulues. Par contre, dans le cas des longueurs d'onde optiques, les photons n'arrivent que rarement, ce qui confère de l'importance à la nature quantique de la lumière. Pour construire un interféromètre optique, il faut donc rassembler les photons tout en préservant leur nature quantique. Cela est difficile à réaliser, ce qui limite actuellement à quelques centaines de mètres la taille des interféromètres optiques.

Le déplacement d'états quantiques tout en les protégeant contre les erreurs a fait l'objet de beaucoup de recherches dans le domaine de l'information quantique. Daniel Gottesman, professeur à l'Institut Péricimètre, Thomas Jennewein, professeur à l'Institut d'informatique quantique (IQC) et Sarah Croke, postdoctorante à l'Institut Péricimètre, ont proposé une manière d'appliquer ces idées du domaine de l'information quantique à la construction d'interféromètres optiques dans le cas de télescopes éloignés. La technologie nécessaire des répéteurs quantiques est encore en cours de développement, mais on pourra un jour l'incorporer dans la conception de télescopes dont la résolution angulaire sera bien meilleure que celle des télescopes actuels.

**Akimasa MIYAKE (Institut Péricimètre). « Quantum computational capability of a two-dimensional valence bond solid phase », *Annals of Physics*, mars 2011, DOI: 10.1016/j.aop.2011.03.006 [arXiv:1009.3491].**

Akimasa Miyake, postdoctorant à l'Institut, a prouvé qu'un matériau idéalisé appelé modèle AKLT (modèle d'Affleck-Kennedy-Lieb-Tasaki) constitue une ressource universelle pour le calcul quantique à base de mesures. Le calcul quantique à base de mesures est une approche de la construction d'un ordinateur quantique dans laquelle l'intrication est entièrement réalisée d'abord, ce qui crée un état d'intrication à grande échelle indépendant du calcul à effectuer. Les états d'intrication de certaines « ressources » sont universels, c'est-à-dire que différentes séquences de mesures possibles donnent des résultats correspondant aux réponses à des calculs quantiques arbitraires. Les états de ressource habituellement utilisés en calcul quantique à base de mesures sont artificiels et ne peuvent être produits que par un système exerçant un degré significatif de contrôle sur les systèmes quantiques. Le modèle AKLT avait été étudié auparavant par les physiciens de la matière condensée qui cherchaient à en comprendre la nature fortement quantique. M. Miyake a montré que le modèle AKLT possède le type d'intrication voulu pour agir comme état de ressource universelle pour le calcul quantique à base de mesures. Il serait donc possible de trouver un système physique réel produisant naturellement le bon type d'état d'intrication sans intervention humaine. Le modèle AKLT définit de manière très précise la forme des interactions entre les particules qui le composent, mais Akimasa Miyake examine actuellement avec d'autres chercheurs si le résultat qu'il a obtenu demeure toujours valable si les interactions sont légèrement modifiées par rapport à la forme exacte spécifiée par le modèle AKLT.

**Nima ARKANI-HAMED (Institut d'études avancées de Princeton), Jacob L. BOURJAILY (Institut d'études avancées de Princeton et Université de Princeton), Freddy CACHAZO (Institut Péricimètre), Andrew HODGES (Université d'Oxford) et Jaroslav TRNKA (Institut d'études avancées de Princeton). *A Note on Polytopes for Scattering Amplitudes* [arXiv:1012.6030].**

Pour déterminer quels sont les composants fondamentaux de la matière, des accélérateurs de particules tels que le grand collisionneur hadronique (LHC) du CERN projettent les unes contre les autres des particules dotées d'une énergie extrêmement élevée, et la mesure des processus de diffusion résultants permet d'en déduire les propriétés physiques sous-jacentes. Les amplitudes de diffusion résultent de

calculs précis des processus de diffusion attendus lorsque des particules ayant une énergie donnée entrent en collision. On compare les observations effectuées lors d'expériences de diffusion avec les amplitudes de diffusion prédites. Les éventuels écarts peuvent être le signe de nouveaux phénomènes physiques. Cependant, de nombreux processus physiques importants sont si complexes qu'il est pratiquement impossible de calculer les amplitudes de diffusion à l'aide des méthodes traditionnelles. Freddy Cachazo, professeur à l'Institut, et ses collaborateurs ont dirigé un effort mondial visant à mieux maîtriser ces calculs et ont introduit de nouvelles méthodes qui simplifient considérablement les calculs d'amplitudes de diffusion. La simplicité surprenante de ces méthodes pourrait bien susciter une nouvelle compréhension des phénomènes physiques sous-jacents. Les réalisations de M. Cachazo dans ce domaine lui ont mérité la médaille Gribov 2009 de la Société européenne de physique et la médaille Rutherford 2011 de la Société royale du Canada.

Dans cet article, Cachazo *et al.* montrent que leurs calculs ont une interprétation géométrique et sont équivalents au calcul du volume d'objets géométriques appelés *polytopes*. Tout comme on peut calculer l'aire d'une surface de forme complexe en la subdivisant en triangles, on peut calculer le volume d'un polytope en le décomposant en tétraèdres. Cette idée permettra de simplifier les problèmes d'amplitude de diffusion. En plus de leur utilité immédiate pour les expérimentateurs, ces nouvelles méthodes apportent une contribution d'une grande importance théorique.

**Lionel MASON (Université d'Oxford) et David SKINNER (Institut Périmètre). « The Complete Planar S-matrix of N=4 SYM as a Wilson Loop in Twistor Space », *Journal of High Energy Physics*, vol. 2010, n° 12, p. 1-32 [arXiv: 1009.2225].**

L'un des outils de base de l'étude de théories physiques est constitué de diagrammes imaginés par Richard Feynman. Ces diagrammes obéissent à un ensemble de règles appelées règles de Feynman. Ces règles permettent de comprendre le comportement des quarks et des gluons à de très hautes énergies ou à de très courtes distances (beaucoup plus petites que le diamètre d'un proton). À des énergies plus faibles ou à de « grandes » distances (le diamètre du noyau d'un atome), il faut utiliser un autre outil, appelé boucle de Wilson. En 2007, Alday et Maldacena ont énoncé la conjecture selon laquelle dans une théorie particulière appelée théorie de Yang et Mills supersymétrique en dimension 4, il y a une relation entre les diagrammes de Feynman et les boucles de Wilson. Depuis lors, la recherche de la manière d'établir cette relation avec précision pour tous les types de diagrammes de Feynman est devenue une « quête du Saint Graal » dans ce domaine. Cet article donne la réponse à cette quête, dans une combinaison surprenante d'idées modernes (boucles d'intégration) et de constructions classiques (espace de twisteurs de Penrose).

## Prix, distinctions et subventions majeures

De nombreux chercheurs de l'Institut Périmètre ont reçu en 2010-2011 des marques nationales et internationales de reconnaissance pour leurs travaux, dont celles qui sont mentionnées ci-après.

- Le professeur Lee Smolin et le professeur associé Richard Cleve ont été élus membres de la Société royale du Canada, la plus haute distinction académique au Canada.
- Le professeur associé Niayesh Afshordi a reçu la médaille d'or Professeur-M. K.-Vainu-Bappu de la Société d'astronomie de l'Inde (ASI) pour ses contributions à la compréhension de l'univers sombre.
- Le professeur Freddy Cachazo a reçu la médaille commémorative Rutherford 2011 de physique de la Société royale du Canada, qui récompense des recherches exceptionnelles effectuées par de jeunes scientifiques dans tout domaine de la physique.
- Le professeur associé Luis Lehner a obtenu du Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada (CRSNG) un supplément d'accélération à la découverte (SAD) d'une valeur de 120 000 \$ (pour les années 2011 à 2014), en plus d'une subvention de base de 280 000 \$ sur cinq ans (pour les années 2011 à 2016).
- Le professeur associé Niayesh Afshordi a reçu une bourse de nouveau chercheur de 150 000 \$ attribuée par le ministère de la Recherche et de l'Innovation de l'Ontario.
- Le professeur associé Cliff Burgess a obtenu du CRSNG une subvention à la découverte, d'une valeur de 375 000 \$ (pour les années 2010 à 2015), dans la tranche supérieure des subventions accordées à des théoriciens de la physique subatomique.
- Le professeur associé Maxim Pospelov a obtenu du CRSNG une subvention à la découverte, d'une valeur de 395 000 \$ (pour les années 2006 à 2011), dans la tranche supérieure des subventions accordées à des théoriciens de la physique subatomique.
- En novembre 2010, Yakir Aharonov, titulaire d'une chaire de chercheur distingué, 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.
- Sandu Popescu, titulaire d'une chaire de chercheur distingué, a remporté le prix John-Stewart-Bell pour son immense contribution au domaine de la physique quantique.
- Leo Kadanoff, titulaire d'une chaire de chercheur distingué, a reçu la médaille Isaac-Newton de l'Institut de physique « pour l'invention d'outils conceptuels qui révèlent les implications profondes de l'invariance d'échelle sur le comportement des transitions de phase et des systèmes dynamiques ».

- Neil Turok, directeur de l'Institut Périmètre, a été nommé au sein du Conseil des sciences, de la technologie et de l'innovation (CSTI), l'organe consultatif du gouvernement du Canada en matière de sciences, de technologie et d'innovation.
- Le professeur associé Cliff Burgess a été invité par le CRSNG à faire partie du comité chargé de rédiger le plan quinquennal du Canada en matière de physique subatomique (pour les années 2012 à 2017).
- Le professeur associé Luis Lehner a été élu membre de la Société américaine de physique pour ses « importantes contributions à la relativité numérique, plus particulièrement dans les domaines de la simulation de trous noirs, de la magnétohydrodynamique en relativité générale et du développement d'algorithmes ».
- Le professeur associé Luis Lehner a été nommé membre du programme *Cosmologie et gravité* de l'Institut canadien de recherches avancées (ICRA).
- La postdoctorante Adrienne Erickcek a été nommée boursière junior de l'ICRA.
- Le professeur associé Adrian Kent a obtenu une bourse de recherche de la Fondation Leverhulme pour son projet sur la caractérisation mathématique de la réalité quantique.
- Le professeur associé Maxim Pospelov a obtenu une bourse Gordon-Godfrey de chercheur invité de l'Université de Nouvelle-Galles du Sud, à Sydney, en Australie.
- Le professeur associé Michele Mosca a été nommé par le *Globe and Mail* l'un des 40 meilleurs leaders de moins de 40 ans au Canada.
- Le professeur Lee Smolin a obtenu de l'Institut de recherche sur les questions fondamentales (FQXi) une subvention de 47 500 \$ US pour son projet de recherche sur les conséquences physiques et cosmologiques des hypothèses sur la réalité du temps.
- Les professeurs Lee Smolin et Laurent Freidel, ainsi que leurs collègues Giovanni Amelino-Camelia et Jerzy Kowalski-Glikman, ont remporté le deuxième prix 2011 du concours de dissertation de la Fondation de la recherche sur la gravité, pour leur texte intitulé *Relative Locality: A Deepening of the Relativity Principle*.
- Le chercheur principal Christopher Fuchs a été choisi conférencier Clifford 2011 à l'Université Tulane, honneur accordé auparavant à des récipiendaires de la médaille Fields et à d'autres mathématiciens distingués. M. Fuchs a donné une série de conférences d'une semaine au printemps 2011.

- Le postdoctorant Matt Johnson a été l'un des récipiendaires d'une subvention de 112 331 \$ US du FQXi pour son projet de recherche sur la détection de signatures de l'expansion éternelle à l'aide des données de la sonde WMAP et du satellite Planck.
- Le postdoctorant Giulio Chiribella a été choisi comme l'un des auteurs vedettes de la Société américaine de physique pour son article intitulé *Informational Derivation of Quantum Theory*.
- L'étudiant diplômé Hoan Dang a obtenu une bourse d'études supérieures du Canada Vanier, d'une valeur de 50 000 \$ par année pendant 3 ans. Ces bourses sont remises à des étudiants qui font preuve de leadership tout en obtenant d'excellents résultats dans leurs études supérieures.

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

### **Résumé des réalisations**

- Recrutement de Xiao-Gang Wen, de l'Institut de technologie du Massachusetts (MIT), l'un des plus grands physiciens au monde dans le domaine de la matière condensée, comme titulaire de la chaire Groupe financier BMO Isaac-Newton de physique théorique.
- Embauche de Guifre Vidal comme professeur titulaire, ainsi que de Philip Schuster et Natalia Toro comme professeurs adjoints, portant à 15 le nombre de professeurs à plein temps.
- Embauche de Sung-Sik Lee et d'Itay Yavin comme professeurs associés, dans le cadre de nominations conjointes avec l'Université McMaster, portant à 14 le nombre de professeurs associés.
- Recrutement de Bianca Dittrich et de Davide Gaiotto comme professeurs adjoints à compter de 2012, ainsi que d'Avery Broderick, qui entrera en fonction à l'automne 2011 comme professeur associé dans le cadre d'une nomination conjointe avec l'Université de Waterloo.
- Recrutement de 11 postdoctorants en 2010-2011 et de 15 autres pour 2011-2012 (voir l'objectif n° 4).
- Nomination de 8 nouveaux titulaires de chaire de chercheur distingué (voir l'objectif n° 5).

### **Points saillants**

*« Il est clair que l'Institut Périmètre a réussi à attirer du monde entier des talents de premier ordre, que ce soit comme professeurs, professeurs associés, membres affiliés, postdoctorants, étudiants diplômés ou titulaires de chaire de chercheur distingué. »*

– Rapport d'évaluation produit par KPMG en 2011 [traduction]

### **Les chaires de recherche de l'Institut Périmètre**

En 2010-2011, l'Institut a lancé le programme de chaires de recherche de l'Institut Périmètre, qui vise à attirer à l'Institut et au Canada des vedettes de la recherche. Il y aura en tout cinq chaires prestigieuses, portant les noms de scientifiques légendaires dont les découvertes ont contribué à façonner la physique moderne : Neils Bohr, Paul Dirac, Albert Einstein, James Clerk Maxwell et Isaac Newton.

En novembre 2010, l'Institut a annoncé la création de la chaire Groupe financier BMO Isaac-Newton de physique théorique de l'Institut Périmètre, ainsi que le recrutement de Xiao-Gang Wen, de l'Institut de technologie du Massachusetts (MIT), l'un des plus grands physiciens au monde dans le domaine de la matière condensée, comme premier titulaire de cette chaire. M. Wen, ainsi que Guifre Vidal et Sung-Sik Lee, embauchés récemment, formeront le noyau de l'équipe de recherche en croissance rapide de l'Institut Périmètre dans le domaine de la matière condensée. L'Institut continue de rechercher à l'échelle internationale des candidats pour ses autres chaires de recherche, tout en poursuivant ses efforts afin de les financer.

**Xiao-Gang Wen** a obtenu son doctorat à l'Université de Princeton en 1987, sous la direction d'Edward Witten. 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 nouveaux. 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*. M. Wen est actuellement le professeur de physique Cecil-et-Ida-Green au MIT, chercheur distingué Moore à l'Institut de technologie de la Californie (Caltech), membre élu de la Société américaine de physique et titulaire d'une chaire de chercheur distingué de l'Institut Périmètre. Il se joindra à l'Institut au cours de l'été 2012.

## Recrutement de professeurs

Trois nouveaux professeurs remarquables se sont joints à l'Institut Périmètre en 2010-2011, et un autre arrivera en 2012. Ces embauches témoignent d'un équilibre stratégique entre théoriciens d'expérience et jeunes scientifiques au potentiel extraordinaire. L'embauche de deux femmes, Natalia Toro et Bianca Dittrich, montre l'engagement de l'Institut à tendre vers un meilleur équilibre des sexes dans ce domaine.

**Guifre Vidal** est devenu professeur titulaire à l'Institut en mai 2011. Il appartenait auparavant à l'Université du Queensland à Brisbane, où il était professeur à la Faculté de mathématiques et physique ainsi que membre de la Fédération australienne des conseils de recherche. M. Vidal a obtenu son doctorat en 1999 à l'Université de Barcelone, puis a complété des stages postdoctoraux à l'Université d'Innsbruck et à l'Institut d'informatique quantique de Caltech. Guifre Vidal travaille à la jonction entre la théorie de l'information quantique et la physique de la matière condensée. Il a reçu entre autres distinctions une bourse Marie-Curie de l'Union européenne et une bourse de la Fondation Sherman-Fairchild.

**Natalia Toro** est devenue en septembre 2010 professeure adjointe en physique des particules à l'Institut. Elle a obtenu son doctorat en 2007 à l'Université Harvard, puis a été boursière postdoctorale à l'Institut de physique théorique de l'Université Stanford (SITP). Mme Toro a élaboré un cadre de modèles « simplifiés » 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. Natalia 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.

**Philip Schuster** est devenu en septembre 2010 professeur adjoint en physique des particules à l'Institut. Il a obtenu son doctorat en 2007 à l'Université Harvard, puis 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 en particulier 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 de nouvelles expériences au LHC. En collaboration avec des expérimentateurs du LHC, il a mis au point des méthodes afin de caractériser des signaux potentiels de nouvelle physique d'une manière transparente facilitant l'identification de la théorie sous-jacente qui explique ces signaux. M. Schuster est en outre co-porte-parole du groupe APEX au Laboratoire national de l'accélérateur Thomas-Jefferson en Virginie.

#### **Nouvelles recrues pour 2011-2012 :**

**Bianca Dittrich** se joindra au corps professoral de l'Institut en 2012. Elle a obtenu son doctorat en 2005 à l'Institut Max-Planck de physique gravitationnelle, sous la direction de Thomas Thiemann, professeur associé à l'Institut Périmètre. Mme Dittrich dirige actuellement le groupe de recherche Max-Planck sur la dynamique canonique et covariante de la gravité quantique à l'Institut Albert-Einstein de Potsdam, en Allemagne. Ses recherches mettent l'accent sur l'élaboration et l'examen de modèles de gravité 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.

**Davide Gaiotto** se joindra à l'Institut au printemps 2012 en provenance de l'Institut d'études avancées de Princeton, dont il est membre à long terme depuis 2007. M. Gaiotto a obtenu son doctorat à l'Université de Princeton en 2004 sous la direction de Leonardo Rastelli et a été postdoctorant à l'Université Harvard de 2004 à 2007. Ses recherches se situent à la frontière de la théorie quantique des champs et de la théorie des cordes, et il a déjà réalisé plusieurs percées importantes. Par exemple, en 2009, il a présenté une nouvelle manière de construire et d'étudier des théories de jauge possédant des supersymétries, ce qui a donné lieu à des techniques innovatrices d'exploration de la dynamique quantique des théories de jauge. Largement considéré comme l'un des jeunes théoriciens les plus talentueux au monde dans son domaine, Davide Gaiotto a obtenu la médaille Gribov 2011 de la Société européenne de physique. Il a choisi de se joindre à l'Institut Périmètre malgré de multiples offres concurrentes, dont une de l'Université Stanford. Son recrutement devrait beaucoup renforcer les recherches de l'Institut dans le domaine de plus en plus important des systèmes quantiques fortement corrélés.

## **Recrutement de professeurs associés**

En 2010-2011, l'Institut PÉRIMÈTRE a recruté conjointement trois professeurs associés dans les domaines de l'astrophysique, de la physique de la matière condensée et de la physique des particules. Le programme de professeurs associés de l'Institut vise à attirer au Canada des scientifiques de premier plan et à en faire profiter les universités avoisinantes dans le cadre de nominations conjointes. L'Institut examine actuellement d'autres possibilités de recrutement avec plusieurs établissements.

**Sung-Sik Lee** est devenu professeur associé à l'Institut en juillet 2011 dans le cadre d'une nomination conjointe avec l'Université McMaster. Il a obtenu son doctorat en 2000 à l'Université Pohang de sciences et technologie (POSTECH), en Corée du Sud. Ses recherches portent sur la physique théorique de la matière condensée, plus précisément sur l'étude des systèmes quantiques à N corps et à interaction forte à l'aide de la théorie quantique des champs, de même que sur les points de rencontre entre la matière condensée et la physique des hautes énergies. Dans de récents travaux, M. Lee a utilisé la théorie de jauge comme lentille d'observation du phénomène de fractionnalisation. Il a ainsi entrepris d'appliquer de la théorie des cordes à la chromodynamique quantique et à la matière condensée la correspondance entre espace-temps anti-de Sitter et théorie conforme des champs. Il a aussi élaboré une approche non perturbatrice de la compréhension des états métalliques non conventionnels de la matière.

**Avery Broderick** deviendra professeur associé à l'Institut en septembre 2011 dans le cadre d'une nomination conjointe avec l'Université de Waterloo. Il a obtenu son doctorat en 2004 à l'Institut de technologie de la Californie (Caltech), puis 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. À l'aide de ces images, Avery Broderick et ses collaborateurs étudient comment les trous noirs accumulent de la matière et projettent les rayonnements ultrarelativistes observés, et ils sondent la nature de la gravité au voisinage de ces trous noirs.

**Itay Yavin** est devenu professeur associé à l'Institut en juillet 2011 dans le cadre d'une nomination conjointe avec l'Université McMaster. Il a obtenu son doctorat à l'Université Harvard sous la direction de Nima Arkani-Hamed, titulaire d'une chaire de chercheur distingué de l'Institut, puis il a été associé de recherche au Département de physique de l'Université de Princeton (2006-2009) et titulaire d'une bourse postdoctorale James-Arthur à l'Université de New York. M. Yavin est spécialiste de la physique des particules. Ses travaux 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.

## **Objectif n° 3 : Créer l'environnement et l'infrastructure les meilleurs au monde pour la recherche, la formation et la diffusion des connaissances en physique théorique**

### **Résumé des réalisations**

- Construction du Centre Stephen-Hawking de l'Institut Périmètre, dans les délais et les budgets prévus, et en voie d'obtenir la certification LEED d'argent comme bâtiment durable sur le plan environnemental.
- Planification et réalisation des premières phases d'une mise à niveau complète des systèmes informatiques de l'Institut, pour en améliorer l'efficacité et en vue d'offrir des outils de recherche et des services de soutien à la fine pointe.
- Création d'un poste hybride unique de chercheur et d'informaticien, afin d'offrir aux chercheurs des ressources spécialisées en informatique scientifique, et recrutement dans le milieu de la physique d'un spécialiste de la technologie de la recherche.
- Rénovation et expansion de la bibliothèque et de ses collections de référence.

### **Points saillants**

*« Le milieu unique créé par l'Institut Périmètre contribue en partie à favoriser cette recherche de pointe »*

– Rapport d'évaluation produit par KPMG en 2011 [traduction]

### **Le Centre Stephen-Hawking de l'Institut Périmètre**

Au cours de l'année dernière, l'Institut a mené un projet majeur d'expansion, en terminant dans les délais et les budgets prévus le Centre Stephen-Hawking de l'Institut Périmètre. La Fondation canadienne pour l'innovation et le ministère de la Recherche et de l'Innovation de l'Ontario ont versé une contribution totale de 20,8 millions de dollars pour cet agrandissement, auxquels se sont ajoutées des contributions privées équivalentes. Conçue par le cabinet Teeple Architects, lauréat de prix du Gouverneur général, cette adjonction de plus de 5000 mètres carrés a presque doublé la capacité de recherche et de formation de l'Institut, qui peut maintenant héberger jusqu'à 250 chercheurs et étudiants. Le Centre Stephen-Hawking de l'Institut Périmètre est devenu le premier projet Sceau d'or de l'Association canadienne de la construction en Ontario, prix national d'excellence en matière de gestion de projet et d'exécution des travaux. Il est en voie d'obtenir la certification LEED d'argent, qui reconnaît des pratiques de construction durables sur le plan environnemental.

## **Expansion des services et de l'infrastructure de TI**

L'Institut Péricimètre a élaboré une stratégie pluriannuelle complète d'amélioration de son infrastructure de technologie de l'information (TI). Les premières phases de ce plan ont été exécutées en 2010-2011 :

- Mise à niveau des serveurs, externalisation des systèmes de courriel et du bureau d'assistance en matière de TI.
- Modernisation de l'ancienne partie, afin de doter l'ensemble du bâtiment d'une infrastructure de pointe pour l'informatique scientifique, la visualisation et les collaborations de recherche à distance.
- Mise à niveau des moyens de captation vidéo pour PIRSA, le système d'archivage en ligne de l'Institut, qui subit actuellement une refonte complète (achèvement prévu en 2011-2012).
- Début d'un projet de consolidation du site Web, en vue du lancement d'un nouveau site Web (achèvement prévu en 2011-2012).

## **Spécialiste de l'informatique scientifique**

À la fin 2010, l'Institut Péricimètre a nommé Erik Schnetter, Ph.D., au poste de chef du groupe de technologies de la recherche. M. Schnetter a été professeur adjoint de recherche au Centre d'informatique et de technologie du Département de physique et d'astronomie de l'Université de l'État de la Louisiane. Son expérience de la recherche en physique et de la mise au point d'environnements informatiques de recherche innovateurs et efficaces en fait la personne idéale pour diriger les efforts de l'Institut, qui vise à devenir un chef de file de l'informatique scientifique en recherche fondamentale dans le domaine de la physique théorique. Au cours de la prochaine année, Erik Schnetter travaillera avec l'équipe de TI à l'élaboration et à la mise en œuvre d'un programme de technologie de la recherche, afin de soutenir la recherche à haute intensité de calcul et de faciliter les collaborations de recherche à distance.

## **Expansion de la bibliothèque**

En 2010-2011, la bibliothèque de l'Institut Péricimètre a poursuivi son expansion sur plusieurs fronts, dans le cadre d'une stratégie exhaustive visant à faire de l'Institut un centre bien pourvu pour les chercheurs résidants et invités. Ses locaux ont été beaucoup agrandis, offrant plus d'espace pour étudier, ses collections ont été augmentées, et l'accès aux revues spécialisées et à d'autres références sous forme électronique a été amélioré. Au cours de l'année, la bibliothèque de l'Institut a acquis 978 manuels, portant à 4779 le nombre total d'ouvrages imprimés de sa collection (5189 articles tous formats confondus), soit une augmentation de 62 % au cours des deux dernières années. Elle est en bonne voie d'atteindre son objectif de 5000 volumes d'ici 2014, avec une collection bien garnie d'ouvrages de référence nouveaux et classiques représentant l'ensemble des domaines étudiés à l'Institut ainsi que les disciplines connexes.

## **Objectif n° 4 : Devenir un incubateur des talents les plus prometteurs**

### **Résumé des réalisations**

- Formation de 31 étudiants de 15 pays dans le cadre du programme PSI (*Perimeter Scholars International*), cycle de formation à la recherche pour étudiants diplômés.
- Recrutement de 11 postdoctorants en 2010-2011 et de 15 autres pour 2011-2012.
- Formation de 24 doctorants et de 4 candidats à la maîtrise (en plus de ceux inscrits au programme PSI).
- Formation à la recherche pour 9 étudiants de 1<sup>er</sup> cycle.

### **Points saillants**

*« Dans un milieu de formation de grande qualité, l'Institut Périmètre améliore les programmes de recherche des étudiants, de par sa capacité à produire davantage de publications et de présentations de meilleure qualité, au moyen d'un nombre croissant de collaborations et grâce à une exposition à une combinaison de disciplines et de domaines. La formation qu'il obtient à l'Institut augmente les chances d'un étudiant de poursuivre ses études puis une carrière de chercheur universitaire. »*

– Rapport d'évaluation produit par KPMG en 2011 [traduction]

### **Le Programme PSI (*Perimeter Scholars International*)**

En 2010-2011, le programme PSI a formé 31 étudiants (17 hommes et 14 femmes) de 15 pays. Ce programme de maîtrise a été conçu pour attirer des diplômés universitaires exceptionnellement doués venus du monde entier et les amener à la fine pointe de la physique théorique en une année scolaire. Il s'agit d'un programme très exigeant et dont les étudiants sont d'une très grande qualité. Par exemple, en 2010-2011, les mémoires de recherche de plusieurs étudiants du programme ont été acceptés par voie de concours pour publication dans des instances internationales. Pour 2011-2012, 37 étudiants, dont 11 femmes, provenant de 20 pays, ont été acceptés parmi 280 candidats de 65 pays. Encore une fois, ces étudiants sont d'une très grande qualité. À titre d'exemple, les 6 étudiants canadiens acceptés ont obtenu par voie de concours des bourses du CRSNG.

Le programme PSI a une structure novatrice, avec des modules de trois semaines de cours donnés par des professeurs de l'Institut et d'autres conférenciers de premier plan venus du monde entier. Plusieurs assistants à plein temps de niveau postdoctoral assurant un soutien individuel continu, et plusieurs doctorants de l'Institut agissent comme assistants d'enseignement.

Le programme PSI atteint son principal objectif stratégique, à savoir amener à l'Institut et au Canada des diplômés ayant un fort potentiel scientifique, et de sélectionner les meilleurs d'entre eux pour qu'ils y poursuivent leur formation. Pas moins de 15 (48 %) des diplômés de 2010-2011 font leur doctorat au Canada, dont 12 avec des professeurs et professeurs associés de l'Institut. D'autres poursuivent leurs études dans d'excellents programmes, entre autres à l'Université Columbia, à l'Université de l'État de New York à Stony Brook et à l'Université de la Californie à Santa Cruz. Les diplômés du programme PSI maintiennent des liens avec l'Institut même s'ils poursuivent leur formation à l'étranger. À titre d'exemple, deux étudiants qui font leur doctorat en Europe reviendront régulièrement à l'Institut pour collaborer avec David Cory, professeur associé à l'Institut et titulaire d'une chaire d'excellence en recherche du Canada.

## **Postdoctorants**

Onze postdoctorants se sont joints à l'Institut Périmètre en 2010-2011, et 15 autres ont été recrutés pour 2011-2012, conformément à l'objectif de l'Institut de maintenir un nombre à peu près constant de postdoctorants. Les 631 candidats pour 2011-2012 constituent le plus grand nombre de candidats de l'histoire de l'Institut, en augmentation de 20 % par rapport à l'année précédente. Le nombre et la qualité des candidats témoignent de la réputation internationale de l'Institut et donnent à celui-ci la latitude de n'accepter que les talents de premier plan.

L'Institut Périmètre accueille le groupe le plus nombreux de chercheurs postdoctoraux indépendants en physique théorique au monde<sup>4</sup> et encourage ces scientifiques en début de carrière à poursuivre des recherches novatrices et ambitieuses. L'Institut s'efforce d'offrir un milieu exceptionnel de formation à la recherche. Sa réussite en la matière est illustrée par les succès de ses postdoctorants dans l'obtention de postes de professeur dans des établissements de réputation internationale. En 2010-2011, malgré la concurrence extrêmement forte à l'échelle mondiale pour des postes universitaires, six chercheurs ayant complété leur stage postdoctoral à l'Institut ont obtenu des postes de professeur<sup>5</sup>, et les autres ont obtenu de nouvelles bourses postdoctorales ou des postes dans le secteur privé.

## **Doctorants**

L'Institut Périmètre avait 24 doctorants en résidence à la fin de 2010-2011, soit davantage que son objectif de 21. Au cours de la dernière année, trois doctorants travaillant sous la direction de professeurs de l'Institut ont obtenu leur diplôme d'universités partenaires de l'Institut, et tous trois ont obtenu par voie de concours des bourses postdoctorales dans des institutions de classe internationale,

---

<sup>4</sup> Il y avait 43 postdoctorants à l'Institut à la fin de l'exercice 2010-2011.

<sup>5</sup> Aninda Sinha à l'Institut indien des sciences; Parampreet Singh à l'Université de l'État de la Louisiane; Philip Goyal à l'Université de l'État de New York (SUNY) à Albany; Takuya Okuda à l'Université de Tokyo; Andrew Tolley à l'Université Case Western Reserve; Sarah Shandera à l'Université de l'État de la Pennsylvanie.

dont la NASA, l'Institut de technologie du Massachusetts (MIT) et l'Institut Max-Planck de physique gravitationnelle<sup>6</sup>.

## **Programme pour étudiants de premier cycle**

En 2010-2011, l'Institut Périmètre a formé dans le cadre de ce programme neuf étudiants, le nombre le plus élevé à ce jour. Ces étudiants sont initiés à la recherche de haut niveau en travaillant sur des projets de recherche de deux à quatre mois avec des postdoctorants de l'Institut, qui acquièrent ainsi une précieuse expérience de mentorat. Ce programme a contribué à attirer de jeunes talents à l'Institut et au Canada, puisque plusieurs anciens participants ont posé leur candidature au programme de maîtrise PSI.

---

<sup>6</sup> Sean Gryb à l'Université d'Utrecht; Isabeau Premont-Schwartz à l'Institut Max-Planck de physique gravitationnelle; Chanda Prescod-Weinstein au laboratoire d'observation cosmologique du Centre spatial Goddard de la NASA, puis au MIT.

## Objectif n° 5 : Devenir la seconde résidence de recherche de plusieurs grands théoriciens du monde

### Résumé des réalisations

- Attribution à des scientifiques de premier plan de 8 nouvelles chaires de chercheur distingué de l'Institut Périmètre, ce qui porte à 27 le nombre de chaires actuellement occupées.
- Mise sur pied du nouveau programme d'adjoints invités et nomination de quatre adjoints invités.
- Accueil de 416 chercheurs invités, dont 380 invités à court terme, 11 invités à long terme, 15 titulaires de chaire de chercheur distingué de l'Institut et 4 adjoints invités, pour un total de 439 séjours scientifiques.

### Points saillants

#### Programme de chaires de chercheur distingué

Le programme de chaires de chercheur distingué de l'Institut Périmètre est unique au monde. Les chercheurs distingués occupent ces chaires pendant trois ans tout en conservant leur poste dans leur établissement d'origine. Ils se rendent à l'Institut chaque année pour de longues périodes de recherche, de collaboration et de participation à toutes les facettes de la vie de l'Institut. Ces scientifiques de premier plan mondial comme Stephen Hawking, Nima Arkani-Hamed, Leonard Susskind et Ignacio Cirac couvrent une gamme extrêmement vaste de compétences et enrichissent grandement le milieu de recherche de l'Institut.

En 2010-2011, 15 titulaires de chaire de chercheur distingué, dont des sommités telles que Xiao-Gang Wen, Renate Loll et Neta Bahcall, ont fait au total 24 séjours à l'Institut. Ils ont collaboré avec des chercheurs de l'Institut, participé à l'organisation de conférences et d'ateliers, participé au programme de diffusion des connaissances et donné des cours dans le cadre du programme PSI. En 2010-2011, l'Institut a atteint son objectif en nommant 8 nouveaux titulaires de chaire de chercheur distingué, pour un total actuel de 27 sur un nombre final prévu de 30 (voir l'annexe B, *Titulaires de chaire de chercheur distingué de l'Institut Périmètre*).

Voici les nouveaux titulaires de chaire de chercheur distingué :

**James Bardeen** (Ph.D., Institut de technologie de la Californie, 1965) 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. Ses recherches récentes mettent l'accent sur l'amélioration des calculs de la production de rayonnement gravitationnel par la fusion de trous noirs et par des étoiles doubles à



neutrons. M. Bardeen a obtenu son doctorat à l'Institut de technologie de la Californie (Caltech) sous la direction de Richard Feynman.

**Ganapathy Baskaran** (Ph.D., Institut indien des sciences à Bangalore, 1976) est professeur émérite à l'Institut de mathématiques de Chennai, en Inde, où il a récemment fondé le Centre de sciences quantiques. 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. 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).

**S. James Gates** (Ph.D., Institut de technologie du Massachusetts, 1977) 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. Il a contribué de manière importante aux théories de la supersymétrie, de la supergravité et des supercordes. M. Gates est membre élu de l'Association américaine pour l'avancement de la science 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 Fermilab et de la Société pour la science et le public (États-Unis).

**Gerard 't Hooft** (Ph.D., Université d'Utrecht, 1972) 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 gravité quantique et les trous noirs, de même que sur les aspects fondamentaux de la physique quantique. 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.

**Frans Pretorius** (Ph.D., Université de la Colombie-Britannique, 2002) 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 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 manipulation et de visualisation des résultats de simulations. Entre autres distinctions, M. Pretorius a reçu une bourse de recherche Sloan en 2007 ainsi que 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).

**Eva Silverstein** (Ph.D., Université de Princeton, 1996) est professeure de physique au Laboratoire national de l'accélérateur SLAC. Elle est l'auteure de contributions importantes dans le domaine de la physique théorique : mécanismes nouveaux de cosmologie expansionniste; mécanismes de résolution des singularités en théorie des cordes; dualité nouvelle en théorie des cordes entre dimensions supplémentaires et courbure négative; extensions de la correspondance AdS/CFT; 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.

**Paul Steinhardt** (Ph.D., Université Harvard, 1978) a le titre de professeur Albert-Einstein de sciences et dirige le Centre de sciences théoriques à l'Université de Princeton. Il a été coréceptiendaire de la médaille P. A. M.-Dirac du Centre international de physique théorique, pour l'élaboration du modèle expansionniste de l'univers, ainsi que du prix Oliver-E.-Buckley de la Société américaine de physique (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. M. Steinhardt est membre élu de l'APS et membre de l'Académie nationale des sciences des États-Unis.

**Senthil Todadri** (Ph.D., Université Yale, 1997) est professeur agrégé de physique à l'Institut de technologie du Massachusetts (MIT). Son domaine de recherche est la théorie de la matière condensée, et 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. 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).

## **Programme d'adjoints invités (nouvelle initiative)**

En janvier 2011, au vu du succès du programme de chaires de chercheur distingué, l'Institut Péricimètre a lancé un nouveau programme d'adjoints invités, afin d'amener à l'Institut de manière régulière des chercheurs accomplis. Tout comme les titulaires de chaire de chercheur distingué, les adjoints invités sont nommés pour des termes de trois ans et ils conservent leur poste dans leur établissement d'origine. Les adjoints invités viendront à l'Institut pour de longs séjours allant jusqu'à six mois chaque année, collaborant avec les chercheurs de l'Institut et participant à des conférences et ateliers. Voici les quatre premiers adjoints invités nommés par l'Institut :

**Jonathan Barrett** est boursier de l'EPSRC et chargé de cours en mathématiques au campus Royal Holloway de l'Université de Londres. Il travaille sur les fondements de la physique quantique et sur la théorie de l'information quantique, plus particulièrement sur la cryptographie et sur les aspects de la non-localité quantique. Ses recherches récentes ont porté sur le traitement de l'information dans des formalismes plus généraux que la physique quantique.

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

**Vincent Rivasseau** est professeur au laboratoire de physique théorique de l'Université Paris-Sud 11, à Orsay, en France. Il se spécialise dans la théorie quantique des champs constructive et la renormalisation. À l'heure actuelle, la théorie quantique des champs sur des espaces non commutatifs et l'approche de la gravité quantique par la théorie des champs de groupe constituent ses domaines de recherche. Rédacteur en chef des *Annales Henri-Poincaré*, M. Rivasseau participe à l'initiative *Next Einstein* (le prochain Einstein) de l'Institut africain des sciences mathématiques (AIMS) et est également l'un des fondateurs de la Fondation AIMS-Sénégal.

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

## Programme de chercheurs invités

En 2010-2011, l'Institut Périclète a atteint ses objectifs en accueillant 416 chercheurs invités, dont 380 invités à court terme et 15 titulaires de chaire de chercheur distingué de l'Institut<sup>7</sup>, pour un total de 439 séjours scientifiques. De plus, 11 chercheurs d'expérience ont accepté de venir travailler à l'Institut pendant qu'ils étaient en congé de leur université.

---

<sup>7</sup> Les 15 titulaires de chaire de chercheur distingué ont fait en tout 24 séjours en 2010-2011, dont 21 pour faire des recherches et participer à des conférences, et 3 pour enseigner dans le cadre du programme PSI.

## Objectif n° 6 : Devenir une plaque tournante d'un réseau mondial de centres de physique théorique

### Résumé des réalisations

- Organisation en partenariat de dix conférences et ateliers conjoints tenus à l'Institut et dans d'autres établissements, et parrainage de huit autres conférences, ateliers et colloques tenus à l'extérieur de l'Institut.
- Établissement de cinq nouveaux partenariats, dont la première participation canadienne à titre de membre du réseau scientifique LIGO et un partenariat international majeur de recherche et de formation d'une durée de quatre ans (UNIFY).
- Assistance importante à l'initiative *Next Einstein* (le prochain Einstein) de l'Institut africain des sciences mathématiques (AIMS-NEI).
- Attribution à Neil Turok, directeur de l'Institut Périmètre, et à l'initiative *Next Einstein* (le prochain Einstein) de l'AIMS (AIMS-NEI) du prix du Sommet mondial 2010 de l'innovation en éducation (WISE), remis pour des initiatives exceptionnelles en éducation qui transforment les sociétés.

### Points saillants

### Collaborations et partenariats

En 2010-2011, l'Institut Périmètre a continué de renforcer ses partenariats au Canada et à l'étranger. Ces partenariats solidifient la position de l'Institut comme plaque tournante mondiale de la physique théorique, tout en ouvrant à ses chercheurs des possibilités scientifiques.

Voici un portrait des activités de l'Institut dans ce domaine :

- **Journées IP-ATLAS LHC**, le 7 décembre 2010 ainsi que les 11 et 12 mai 2011 – Cette série de rencontres entre des scientifiques de l'Institut Périmètre et de l'Institut canadien d'astrophysique théorique (ICAT) constitue un lien avec les projets menés au LHC du CERN.
- ***Integrability in Scattering Amplitudes*** (Intégrabilité et amplitudes de diffusion), les 15 et 16 septembre 2010 à l'Institut Périmètre ainsi que les 11 et 12 mars à l'Institut d'études avancées de Princeton (IAS) – Ces ateliers ont permis à certains des plus grands chercheurs au monde de travailler de manière intensive sur des problèmes liés à d'importants efforts expérimentaux visant à déterminer les constituants fondamentaux de la matière.
- **Atelier PIAF de Brisbane**, du 1<sup>er</sup> au 3 décembre 2010 – Le projet PIAF (*Perimeter Institute-Australia Foundations*) donne depuis 2008 une impulsion importante aux travaux dans le domaine des fondements quantiques. L'atelier de cette année, qui a eu lieu à l'Université Griffith, a surtout porté sur les liens entre les fondements quantiques et la cosmologie.

- **Journée IP-ICAT 2011**, le 15 février 2011 – Il s’agit de la plus récente d’une série de rencontres entre des chercheurs de l’Institut Péricimètre et de l’Institut canadien d’astrophysique théorique (ICAT).
- **New Frontiers in Quantum Foundations, CUP1 2011** (Nouvelles frontières des fondements quantiques, CUP1 2011), du 9 au 11 mars 2011 – Ce nouveau colloque tenu à l’Université de Clemson visait à mieux cerner les fondements quantiques.
- **Connections in Geometry and Physics, GAP 2011** (Connexions en géométrie et en physique, GAP 2011), du 13 au 15 mai 2011 – Robert Myers, professeur à l’Institut, a été l’un des organisateurs de cette troisième édition, qui a eu lieu cette année à l’Institut Fields.
- **Cosmological Frontiers in Fundamental Physics 2011** (Limites cosmologiques en physique fondamentale 2011), du 14 au 17 juin 2011 – Ce cinquième atelier d’un partenariat avec le Laboratoire Astroparticule et Cosmologie (APC) de Paris et l’Institut Solvay de Bruxelles a eu lieu cette année à l’APC.
- **Holographic Cosmology v2.0** (Cosmologie holographique 2.0), du 21 au 24 juin 2011 – Cette suite d’un atelier tenu en 2009 à l’Institut Péricimètre a été organisée conjointement avec l’Institut de physique théorique de l’Université Stanford.

De plus, l’Institut a coparrainé huit conférences, ateliers et colloques, dont les suivants :

- *Physics at the Dawn of the LHC Era* (La physique à l’aube de l’ère du LHC), du 27 au 29 janvier 2011, au laboratoire TRIUMF, à Vancouver (Colombie-Britannique)
- *Lake Louise Winter Institute 2011* (Institut d’hiver 2011 du Lac Louise), du 20 au 26 février 2011, à l’Université de l’Alberta
- *Theory Canada 6* (Théorie Canada 6), du 10 au 12 juin 2011, à l’Université Memorial à Corner Brook (Terre-Neuve)
- *Onzième école d’été canadienne en informatique quantique*, les 16 et 17 juin 2011, au Centre de recherches mathématiques, Université de Montréal

## Nouveaux partenariats

L’Institut Péricimètre a conclu en 2010-2011 cinq nouveaux partenariats, qui ont tous un excellent potentiel scientifique et stratégique.

### Unification des forces et applications fondamentales (UNIFY)

Lancé en juin 2011, l’accord UNIFY réunit l’Institut et six institutions partenaires de trois continents<sup>8</sup>. UNIFY offrira chaque année un programme innovateur de recherche et de formation d’une durée de

---

<sup>8</sup> L’Université Humboldt de Berlin (Allemagne); le Commissariat à l’énergie atomique et aux énergies alternatives, de Saclay (France); l’Université de Porto (Portugal); l’Institut de physique et de mathématique de l’univers (IPMU) de l’Université de Tokyo (Japon); l’Institut de technologie de la Californie (Caltech); l’Institut Yang de physique théorique de l’Université de l’État de New York (SUNY).

deux mois, centré sur des sujets de recherche d'actualité. Le premier mois consistera en une école avancée de formation et de recherche destinée aux doctorants et postdoctorants, alors que les activités du second mois seront conçues pour des chercheurs d'expérience. L'Institut sera l'un des organisateurs du programme inaugural en 2011, dont le lieu changera chaque année. De plus, ce partenariat facilitera les échanges de séjours de postdoctorants et de chercheurs établis. En tout, l'Institut s'est engagé pour 100 chercheurs-mois à l'étranger, financés par des subventions de recherche existantes (sans frais supplémentaires pour l'Institut) et accueillera l'équivalent de 72 chercheurs-mois (financés par l'Union européenne). Cet important partenariat international d'une durée de 4 ans a obtenu 400 000 euros d'un organisme subventionnaire européen, dont environ 150 000 euros alloués au nœud de l'Institut.

## **LIGO**

En juin 2011, l'Institut Périclète et l'Institut canadien d'astrophysique théorique (ICAT) ont signé une entente en vertu de laquelle ils sont devenus les premiers membres canadiens de l'observatoire LIGO (*Laser Interferometer Gravitational Wave Observatory* ou observatoire d'ondes gravitationnelles par interférométrie laser). Cette entente permet à des chercheurs de l'Institut de participer à l'analyse des données de LIGO et facilite les séjours de recherche. Comme la physique des ondes gravitationnelles a un fort potentiel de découvertes sur plusieurs fronts, cet accord offre d'importantes nouvelles possibilités scientifiques.

## **TRIUMF**

En juillet 2011, l'Institut a signé une entente renouvelable d'un an avec le laboratoire TRIUMF. Situé en Colombie-Britannique, TRIUMF est le principal centre expérimental en physique subatomique au Canada. Cet accord facilitera les échanges de professeurs et de postdoctorants entre les deux centres pour des séjours de deux à quatre semaines, et devrait accroître les liens entre les théoriciens de l'Institut et les expérimentateurs qui travaillent au Canada.

## **Partenariat avec le Centre international Abdus Salam de physique théorique (ICTP)**

En avril 2011, l'Institut a signé un protocole d'accord renouvelable d'un an avec le Centre international Abdus Salam de physique théorique (ICTP), de Trieste, en Italie, afin de faciliter les séjours de recherche et l'organisation conjointe d'ateliers dans des domaines d'intérêt commun.

## **Réseau HoloGrav**

En 2011, l'Institut est devenu membre associé du réseau HoloGrav, réseau international regroupant 15 organismes partenaires de 13 pays européens ainsi que des associés de 12 pays d'Europe, d'Asie et d'Amérique du Nord. Le réseau HoloGrav vise principalement à approfondir les recherches sur les aspects interdisciplinaires de la dualité entre théorie de jauge et gravité, notamment ses applications en physique corpusculaire, nucléaire et gravitationnelle ainsi qu'en physique de la matière condensée, principalement grâce à des échanges d'étudiants, des ateliers, des conférences et des écoles d'été.

## Programme de diffusion mondiale des connaissances

Le programme de diffusion mondiale des connaissances de l'Institut Périmètre vise à partager les compétences (mais non le financement) de l'Institut afin de favoriser la croissance de centres d'excellence scientifique dans le monde. Ce programme met actuellement l'accent sur l'initiative *Next Einstein* (le prochain Einstein) de l'Institut africain des sciences mathématiques (AIMS-NEI). Fondé en 2003 par Neil Turok, directeur de l'Institut Périmètre, l'AIMS est un centre panafricain d'excellence qui dispense une formation mathématique et scientifique avancée à des diplômés africains exceptionnels. En 2010, AIMS-NEI et M. Turok ont reçu le prix du Sommet mondial 2010 de l'innovation en éducation (WISE), qui récompense des initiatives qui ont des effets transformateurs en éducation.

De nombreux employés de l'Institut ont participé au programme de diffusion mondiale des connaissances en 2010-2011. Mentionnons les exemples suivants :

- Préparation d'une proposition qui a permis d'obtenir un financement de 2 millions de dollars de Google.
- Obtention de 1,12 million de dollars de cinq universités canadiennes et de partenaires du secteur privé pour la campagne de bourses *One for Many*, qui vise à offrir des bourses à des étudiants de l'AIMS<sup>9</sup>.
- Aide à la préparation du plan d'affaires et au recrutement d'un directeur général pour l'initiative AIMS-NEI.
- Aide à l'obtention de financement du gouvernement du Sénégal (1 million d'euros, plus un terrain d'une valeur équivalente) et fourniture d'un important soutien logistique pour le nouveau centre de l'AIMS au Sénégal (ouverture à l'automne 2011).
- Aide à l'obtention de financement du gouvernement du Ghana (1,5 million de dollars US), plus un terrain de 8 hectares donné par une organisation de la diaspora, le Saltpond Redevelopment Institute, pour un centre de l'AIMS au Ghana (ouverture prévue à la fin 2012).

Le programme de diffusion mondiale des connaissances a ouvert des canaux entre l'Institut et l'Afrique. Des chercheurs et des étudiants de l'Institut sont allés à l'AIMS à titre de tuteurs et de chargés de cours. Quatre diplômés de l'AIMS ont participé au programme PSI au cours de ses trois premières années, et ce nombre devrait augmenter avec l'ouverture de nouveaux centres de l'AIMS.

---

<sup>9</sup> L'Université d'Ottawa et l'Université de Guelph se sont engagées pour 250 000 \$ chacune, alors que l'Université Simon-Fraser, l'Université de Victoria et l'Université de Waterloo ont promis chacune 100 000 \$. Pour sa part, l'Université Paris-Sud 11 s'est engagée pour 70 000 \$, et l'entreprise Research in Motion, de Waterloo, a promis 250 000 \$.

## **Objectif n° 7 : Renforcer le rôle de l'Institut Péricètre comme centre de convergence pour la recherche en physique fondamentale au Canada**

### **Résumé des réalisations**

- Démarches conjointes avec l'Université de Waterloo et l'Université McMaster, qui ont conduit au recrutement de deux nouveaux professeurs associés (voir l'objectif n° 2).
- Partenariat avec l'Université de Waterloo pour le programme de maîtrise PSI, et participation de professeurs de plusieurs universités canadiennes comme chargés de cours et directeurs de thèse<sup>10</sup> (voir l'objectif n° 4).
- Nomination de 13 nouveaux membres affiliés, ce qui porte leur nombre à 105 à la fin de 2010-2011.
- Organisation en partenariat de dix conférences et ateliers conjoints tenus à l'Institut Péricètre et dans d'autres établissements, et parrainage de huit autres conférences, ateliers et colloques tenus à l'extérieur de l'Institut (voir l'objectif n° 6).
- Organisation de sept cours avancés ouverts aux étudiants des universités environnantes (voir l'objectif n° 8).
- Mise en route de l'expansion de l'infrastructure de technologies de l'information (TI), ce qui améliorera la recherche et la formation à distance (voir l'objectif n° 3).

### **Points saillants**

*« L'Institut Péricètre a réussi à accroître la capacité de recherche en physique théorique au Canada. »*

– Rapport d'évaluation produit par KPMG en 2011 [traduction]

L'Institut Péricètre est devenu un centre de convergence de la physique théorique au Canada. En 2010-2011, il a continué à fournir des ressources exceptionnelles à la communauté scientifique nationale, grâce à ses cours, colloques et ateliers (voir l'objectif n° 6), et il a attiré au Canada des étudiants de premier ordre grâce au programme PSI (voir l'objectif n° 4). L'Institut a continué à cultiver des partenariats stratégiques à tous les niveaux, notamment pour le recrutement de chercheurs (voir l'objectif n° 2), l'organisation conjointe de conférences (voir l'objectif n° 6) et le recrutement de nouveaux membres affiliés (voir plus loin).

---

<sup>10</sup> Matthew Choptuik, de l'Université de la Colombie-Britannique; Kari Dalnoki-Veress, de l'Université McMaster; Veronica Sanz, de l'Université York; Erik Sorenson, de l'Université McMaster



## **Engagement avec des centres d'expérimentation**

En 2010-2011, conformément à ses objectifs, l'Institut a accru ses engagements avec des centres d'expérimentation et d'observation. En particulier, l'Institut Péricètre et l'Institut canadien d'astrophysique théorique (ICAT) sont devenus les premiers membres canadiens de l'observatoire LIGO (*Laser Interferometer Gravitational Wave Observatory* ou observatoire d'ondes gravitationnelles par interférométrie laser), ce qui a ouvert des possibilités significatives de collaboration avec cet important réseau d'expérimentation (voir l'objectif n° 6). L'Institut a également conclu un nouvel accord officiel avec TRIUMF, le laboratoire national canadien de physique corpusculaire et nucléaire (voir l'objectif n° 6), et a entrepris avec le laboratoire expérimental SNOLAB de physique des particules des discussions qui se poursuivront en 2011-2012. L'Institut continue d'intensifier ses relations avec l'Institut d'informatique quantique (IQC) de l'Université de Waterloo et entreprend en 2011-2012 de nouvelles démarches de recrutement en informatique quantique.

## **Programme d'affiliation**

En 2010-2011, l'Institut a recruté 13 nouveaux membres affiliés, dépassant son objectif et portant leur nombre total à 105. Les membres affiliés sont des professeurs choisis au sein d'universités canadiennes et invités à rendre des visites informelles régulières à l'Institut Péricètre pour mener des collaborations scientifiques et participer à ses activités de recherche. Le programme d'affiliation continue de développer des liens régionaux et nationaux importants entre les chercheurs de l'Institut et la communauté scientifique canadienne, tout en enrichissant les activités de recherche de l'Institut (voir l'annexe C, *Membres affiliés de l'Institut Péricètre*).

## **Objectif n° 8 : Organiser des conférences, ateliers, cours et séminaires ciblés et opportuns**

### **Résumé des réalisations**

- Tenue de 12 conférences et ateliers ciblés auxquels ont participé 653 scientifiques du monde entier.
- Organisation conjointe de 10 ateliers et conférences avec des universités partenaires (voir l'objectif n° 6).
- Présentation de 263 activités scientifiques (233 séminaires, 30 colloques).
- Enseignement de 7 cours à des chercheurs et étudiants d'universités environnantes.
- Poursuite du développement de PIRSA, le système d'archivage en ligne de l'Institut, comme importante ressource internationale d'archives (voir l'objectif n° 3).

### **Points saillants**

*« L'Institut Périmètre a créé un point de rencontre international de chercheurs, suscitant des discussions officielles et informelles stimulantes, ainsi qu'une collaboration invitante et productive. »*  
– Rapport d'évaluation produit par KPMG en 2011 [traduction]

*« Reconnaissant l'importance d'un programme dynamique de diffusion des résultats de la recherche, l'Institut Périmètre a encouragé avec succès la diffusion des connaissances issues de la recherche au-delà des activités universitaires traditionnelles. L'Institut a réussi cela grâce à des séminaires sur place et en ligne, des ateliers, des colloques et des programmes d'échange. »*  
– Rapport d'évaluation produit par KPMG en 2011 [traduction]

### **Conférences et ateliers**

L'Institut Périmètre a tenu 12 conférences en 2010-2011 et a continué à servir de lieu d'échange mondial privilégié pour la recherche de pointe en physique théorique, obtenant en cela les résultats voulus. La légère diminution du nombre de conférences tenues au cours de l'année correspond à la stratégie de l'Institut de choisir avec beaucoup de soin les sujets les plus susceptibles d'apporter des résultats marquants et de surveiller étroitement les dépenses afin que les fonds engagés rapportent le maximum.

L'Institut a été l'hôte d'un certain nombre de conférences novatrices au cours de l'année, dont les suivantes :

- ***Integrability in Scattering Amplitudes II*** (Intégrabilité et amplitudes de diffusion II), les 15 et 16 septembre 2010 – Cet atelier, qui a été suivi d'un autre à l'Institut d'études avancées de Princeton (IAS) en mars 2011, a rassemblé les plus grands spécialistes mondiaux des amplitudes de diffusion en théorie symétrique de dimension 4 pour une série productive de séances de travail et d'exposés qui ont donné de nouveaux résultats d'importance internationale.
- ***Conceptual Foundations and Foils for Quantum Information Processing*** (Fondements conceptuels et avancées du traitement de l'information quantique), du 11 au 13 mai 2011 – Cette conférence a rassemblé 108 étudiants et chercheurs pour une série de 29 exposés, dont certains par des fondateurs du domaine tels que Sandu Popescu, titulaire d'une chaire de chercheur distingué de l'Institut. Ce fut un exemple d'enrichissement mutuel des idées, l'informatique quantique permettant d'obtenir des résultats passionnants quant aux fondements de la physique quantique. (Tous les exposés peuvent être visionnés à l'adresse <http://pirsa.org/C11006>.)
- ***Women in Physics Canada*** (Les femmes et la physique au Canada), du 19 au 21 juillet 2011 – Cette conférence fut la première de l'histoire à aborder le déséquilibre des sexes dans ce domaine en soutenant les étudiantes en physique du pays. Les exposés y ont été présentés par des scientifiques en début de carrière et par d'autres de longue expérience.

## Programmes hybrides (nouvelle initiative)

L'Institut Périmètre a tenu deux programmes hybrides en 2010-2011. Nouvelle initiative mise sur pied en 2010-2011, ce type de programme vise à permettre une approche intégrée de problèmes de recherche précis. Chaque programme hybride combine de longs séjours de recherche, des ateliers et des exposés, et s'étend sur des semaines voire des mois. Il vise à donner plus de résultats scientifiques en combinant les avantages d'un travail en collaboration à long terme avec les interactions nombreuses et intenses de conférences qui suscitent souvent de nouvelles orientations de recherche.

Le premier programme hybride, organisé par le professeur associé Luis Lehner, a réuni 12 scientifiques de divers pays pour l'élaboration de signatures astrophysiques d'ondes gravitationnelles et électromagnétiques. De telles signatures ont une grande importance pour les expériences actuelles et à venir de détection d'ondes gravitationnelles. Des acteurs importants dans ce domaine continuent de travailler ensemble, et une conférence de suivi est prévue pour la fin 2012 ou le début 2013.

Le second programme hybride, intitulé *Fundamental Issues in Cosmology* (Problèmes fondamentaux en cosmologie) a réuni du 20 juin au 16 juillet 2011 des chefs de file de la théorie des cordes et de la cosmologie pour discuter de problèmes non résolus à propos de la cosmologie du commencement de l'univers. Ce programme a consisté en une période de collaboration informelle encadrée par deux conférences tenues à un mois d'intervalle – *Holographic Cosmology v2.0* (Cosmologie holographique 2.0) et *Challenges for Early Universe Cosmology* (Défis de la cosmologie du commencement de l'univers).

Au total, plus de 100 scientifiques ont participé à ce programme hybride, dont de nombreuses sommités. Ce programme constitue un exemple de l'approche de l'Institut – forte interdisciplinarité, idées nouvelles provenant de nombreux domaines, encouragement à la participation d'étudiants et de scientifiques en début de carrière autant que de chercheurs de longue expérience. L'Institut de physique théorique de l'Université Stanford (SITP) partenaire de l'Institut Péricimètre pour l'organisation du programme, prévoit organiser un atelier de suivi l'an prochain.

## **Séminaires et colloques**

L'Institut Péricimètre a tenu 233 séminaires et 30 colloques en 2010-2011. Conformément aux objectifs fixés, le nombre de conférenciers externes invités à des séminaires dans chaque domaine de recherche a été légèrement réduit, afin de laisser plus de temps à la recherche ciblée, alors que le nombre de séminaires sur des sujets précis a augmenté, ce qui reflète la portée plus étendue des recherches menées à l'Institut. Parmi les temps forts de l'année dernière, mentionnons les exposés de Yakir Aharonov, Patrick Hayden, Renate Loll et William Unruh, tous titulaires d'une chaire de chercheur distingué de l'Institut.

## **PIRSA, le système d'archivage en ligne de l'Institut Péricimètre**

Tous les exposés présentés à l'Institut sont accessibles en ligne dans PIRSA, le système d'archivage en ligne de l'Institut, à l'adresse [www.pirsa.org](http://www.pirsa.org). PIRSA est un système permanent d'archives vidéo de conférences, ateliers, colloques et cours que l'on peut consulter et citer sans frais. Il a été mis au point par l'Institut afin d'informer la communauté scientifique internationale. Il est devenu une ressource scientifique importante dans le domaine, comme en témoigne la hausse continue du nombre d'accès année après année.

Pour la période couverte par le présent rapport, 51 132 visiteurs distincts de 154 pays ont accédé à PIRSA, soit 14 % de plus qu'au cours de la même période l'année précédente. De plus, les utilisateurs nouveaux et anciens accèdent plus souvent à PIRSA, avec une augmentation de 31 % du nombre d'accès et plus de 490 304 pages consultées. L'utilisation de PIRSA devrait continuer d'augmenter avec les récentes et futures améliorations au système (voir l'objectif n° 3).

## **Cours**

En plus des cours de trois semaines donnés dans le cadre du programme PSI, l'Institut Péricimètre a offert sept mini-cours sur des sujets précis à ses chercheurs résidents et à ses étudiants en 2010-2011. Donnés par des scientifiques résidents ou invités, ces cours sont accessibles aux étudiants des universités environnantes, améliorant ainsi l'offre de cours de ces dernières. Mentionnons entre autres : *Space-time, Quantum Mechanics and Scattering Amplitudes* (Espace-temps, mécanique quantique et

amplitudes de diffusion), donné en août 2010 par Nima Arkani-Hamed (IAS), titulaire d'une chaire de chercheur distingué, et Freddy Cachazo, professeur à l'Institut; *Scattering Amplitudes from Single-Cuts* (Amplitudes de diffusion à partir de coupes simples), donné en septembre 2010 par Simon Caron-Huot (IAS); *Introduction to Tensor Network Algorithms* (Introduction aux algorithmes sur des réseaux de tenseurs) donné en juin 2011 par Robert Pfeifer, postdoctorant à l'Institut.

## Objectif n° 9 : Mener une action de diffusion des connaissances à fort impact

### Résumé des réalisations

- Quelque 160 000 élèves du secondaire touchés par l'ensemble des programmes de diffusion des connaissances de l'Institut au Canada en 2010-2011.
- Réalisation de deux trousseaux pédagogiques utilisables en classe et par le Web.
- Utilisation en classe des outils pédagogiques de l'Institut par plus de 500 000 élèves à ce jour, partout au Canada.
- Première conférence du partenariat WGSi (*Waterloo Global Science Initiative*), intitulée *The Equinox Summit: Energy 2030* (Sommet *Equinox* : Énergie 2030), sur les manières dont la science peut aider à relever les défis énergétiques actuels.
- Neuvième École d'été internationale annuelle pour jeunes physiciens et physiciennes (ISSYP), trois ateliers *Go Physics!* (Vive la physique!) et six exposés *Physica Phantastica* à plus de 1000 élèves partout au Canada.
- Atelier de formation *EinsteinPlus* pour enseignants, d'une durée d'une semaine, et ateliers de perfectionnement pour plus de 1250 enseignants au Canada et à l'étranger.
- Soixante ateliers donnés par le réseau des enseignants de l'Institut Périmètre à 1300 enseignants partout au Canada.
- Mention honorable accordée à *Einstein au quotidien : GPS et relativité* à l'occasion du Défi international de visualisation en sciences et en génie organisé par l'Association américaine pour l'avancement de la science et la Fondation nationale des sciences des États-Unis (NSF).

### Points saillants

*« L'engagement de l'Institut Périmètre dans des activités de communication et de diffusion des connaissances à fort impact va au-delà de ce que font habituellement les établissements de recherche.*

*Les répondants rapportent que les produits de l'Institut vont en profondeur et sont dynamiques, qu'ils sensibilisent les publics cibles, suscitent leur intérêt et éveillent en eux le désir d'en apprendre davantage sur la science moderne. »*

– Rapport d'évaluation produit par KPMG en 2011 [traduction]

## Programmes et produits destinés aux enseignants

### Atelier national de formation *EinsteinPlus* pour enseignants

En juillet 2011, l'Institut Périmètre a accueilli 39 enseignants d'écoles secondaires (31 du Canada et 8 de l'étranger) pour son atelier national annuel de formation *EinsteinPlus* (E+). Cet atelier intensif d'une semaine est à la base des efforts de l'Institut pour susciter l'engagement des enseignants en physique au Canada. Il leur procure des méthodes efficaces d'enseignement des concepts clés de la physique moderne et leur présente les outils pédagogiques de l'Institut destinés à être utilisés en classe. Les enseignants font part de leurs commentaires sur les produits de l'Institut, ce qui est crucial pour que ces produits répondent aux besoins des enseignants et aient des effets utiles en classe. Les enseignants qui ont suivi l'atelier E+ forment le noyau du réseau des enseignants de l'Institut (voir plus loin). Des enquêtes menées auprès des participants montrent que l'atelier E+ procure une occasion de perfectionnement professionnel très agréable et de haut niveau, et qu'il constitue un vecteur très efficace de diffusion des outils pédagogiques de l'Institut.

### Ateliers sur place

Les exposés à des conférences et rencontres éducatives constituent un moyen efficace d'accroître la portée et la visibilité des programmes de diffusion des connaissances de l'Institut au Canada et à l'étranger. En 2010-2011, l'équipe de diffusion des connaissances de l'Institut a donné 15 ateliers à des rencontres d'enseignants au pays, dépassant les objectifs fixés et touchant plus de 1250 enseignants<sup>11</sup>. À l'étranger, elle a présenté des ateliers à la réunion nationale annuelle d'été des conseillers en enseignement de la physique (*Physics Teaching Resource Agents – PTRA*) à Portland (Oregon), ainsi qu'un « mini-*EinsteinPlus* » au CERN, en Suisse, auquel ont participé 40 enseignants en physique de 30 pays européens. Comme de nouveaux outils destinés à des élèves plus jeunes sont en cours d'élaboration, l'équipe de diffusion des connaissances de l'Institut a également tenu en 2010-2011 plusieurs activités visant à augmenter les contacts avec les enseignants du primaire et du premier cycle du secondaire<sup>12</sup>.

---

<sup>11</sup> L'équipe de diffusion des connaissances de l'Institut a présenté des ateliers dans le cadre des conférences suivantes : le congrès de l'Association des professeurs de sciences de l'Ontario (APSO), le congrès de l'Association des enseignants en physique de l'Ontario (OAPT) et la conférence *Science Teaching Catalyst* de Colombie-Britannique.

<sup>12</sup> En septembre 2010, l'Institut a organisé une journée de perfectionnement professionnel à l'intention des enseignants du primaire de la région; en novembre 2010, l'Institut a invité 78 enseignants à un exposé d'Eric Mazur, Ph.D., de l'Université Harvard; en mai 2011, à l'Université McMaster, des représentants de l'Institut se sont adressés à 30 enseignants de la 6<sup>e</sup> à la 8<sup>e</sup> année.

## Réseau des enseignants de l'Institut Périmètre

Formé d'anciens participants à *EinsteinPlus* et aux ateliers donnés sur place par l'Institut, le réseau des enseignants de l'Institut compte plus de 80 enseignants de toutes les régions du pays qui sont formés pour diffuser auprès de leurs collègues les outils pédagogiques de l'Institut. Ce réseau est devenu un moyen important de démultiplier l'action pédagogique de l'Institut au Canada : en 2010-2011, les membres du réseau ont animé 60 ateliers auxquels ont participé 1300 enseignants et qui ont ainsi touché 58 500 élèves du secondaire au pays. En octobre 2010, l'Institut a accueilli 20 enseignants pendant 2 jours pour la première conférence du réseau des enseignants de l'Institut. Cela a permis aux membres du réseau de discuter des stratégies et des méthodes qu'ils emploient lorsqu'ils animent des ateliers sur les ressources pédagogiques de l'Institut. Les réactions des participants montrent que cette conférence a été un franc succès, et il est prévu que d'autres conférences semblables auront lieu régulièrement tous les deux ans.

## Ressources pédagogiques

### Modules *Inspirations* et *Explorations*

Les modules éducatifs de l'Institut Périmètre utilisés en classe ont touché à ce jour plus de 500 000 élèves au Canada. Ils constituent le principal moyen d'initiation à la physique moderne produit par l'Institut à l'intention des élèves de niveau secondaire. Grâce aux intrants d'enseignants en physique, ils sont effectivement utiles, et les réactions recueillies montrent qu'ils sont utilisés plusieurs fois. De fait, des parties importantes des modules *Le défi de la réalité quantique* et *Measuring Planck's Constant* (La mesure de la constante de Planck) ont été largement intégrées au seul manuel de physique de 12<sup>e</sup> année utilisé en Ontario.

Les modules *Inspirations* montrent les liens qui existent entre la vie quotidienne et la physique fondamentale. Ils visent à motiver les élèves du premier cycle du secondaire à continuer de suivre des cours de mathématiques et de sciences les années suivantes. Il est à noter que *Einstein au quotidien : GPS et relativité* a reçu une mention honorable à l'occasion du prestigieux Défi international 2011 de visualisation en sciences et en génie organisé par l'Association américaine pour l'avancement de la science et la Fondation nationale des sciences des États-Unis (NSF). De plus, l'Institut a organisé pour les enseignants le concours *The Power of Ideas* (Le pouvoir des idées) qui a couronné deux projets exceptionnels d'intégration créative de ce module dans l'enseignement. Ces idées ont été diffusées par le truchement du réseau des enseignants de l'Institut.

En 2010-2011, l'Institut a terminé la réalisation de deux nouveaux modules *Inspirations* :

- Modules à utiliser en classe et DVD liés à *Alice et Bob au pays des merveilles*, populaire série de dessins animés de 60 secondes qui présente des idées profondes à propos de l'univers
- *Alice and Bob – Revolutions in Science* (Alice et Bob – Révolutions scientifiques), trousse pédagogique pleine de ressources pour les enseignants à propos des réflexions qui ont conduit à trois révolutions scientifiques : l'atome quantique,  $E=mc^2$  et la gravité selon Einstein



Le développement d'un nouveau module *Explorations* sur la physique des particules a commencé en 2010-2011 et devrait être terminé en 2012. Les modules *Explorations* sont des outils plus avancés, destinés aux élèves du second cycle du secondaire, qui présentent d'une manière très visuelle et concrète des concepts difficiles. Trois modules *Explorations* ont été produits à ce jour : *The Mystery of Dark Matter* (Le mystère de la matière sombre), *Le défi de la réalité quantique*, ainsi que la populaire activité sur les DEL et la constante de Planck.

## **Programmes et produits destinés aux élèves**

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

L'édition 2010 de l'ISSYP a amené 40 excellents élèves canadiens et étrangers<sup>13</sup> à l'Institut pour 2 semaines de formation intensive en physique moderne, agrémentée de séances de mentorat et de visites de laboratoires. Pour une troisième année consécutive, un moment fort du programme a été la visite à l'Observatoire de neutrinos de Sudbury (SNOLAB), installation souterraine spécialisée en physique des particules et aménagée dans une mine désaffectée.

Depuis 2003, l'ISSYP occupe une place importante dans les activités de diffusion des connaissances de l'Institut. C'est un programme très sélectif auquel ne sont admis que des élèves qui font la preuve de leur potentiel scientifique – seulement 8 % des candidats ont été acceptés en 2010-2011. En offrant une vue directe sur la recherche de pointe à un âge où les élèves songent sérieusement à leur choix de carrière, l'Institut s'efforce de contribuer à l'épanouissement de nouveaux talents pour la physique et pour le Canada. Les participants ont acquis de nouvelles compétences et forgé des amitiés durables, dans un esprit de camaraderie qui correspond à la vraie nature de la recherche scientifique. Les enquêtes de suivi montrent que cela est efficace : tous les ans, de nombreux anciens de l'ISSYP s'orientent vers les sciences, une bonne part d'entre eux dans des universités canadiennes.

De nombreuses améliorations ont été apportées à ce programme en 2010-2011, grâce entre autres à un don de la Fondation RBC (voir l'objectif n° 10). Un enseignant ayant une longue expérience de la physique au secondaire a été embauché à titre de conseiller en éducation pour évaluer et perfectionner le programme. De plus, le riche contenu des cours de l'ISSYP est en voie d'être consigné dans un manuel de physique moderne, ce qui augmentera de beaucoup le rayonnement du programme.

En plus de l'ISSYP, le programme *GoPhysics!* (Vive la physique!) donne en une journée, à 25 élèves à la fois, un portrait de ce qu'est l'expérience de l'ISSYP. Donné par des membres du réseau des enseignants et par des scientifiques de l'équipe de diffusion des connaissances de l'Institut, il est conçu pour intéresser à la physique davantage d'élèves doués du secondaire. En 2010-2011, trois ateliers de cette série ont eu lieu au Canada (à Waterloo, à Calgary et à Halifax). Six autres sont prévus pour 2011-2012.

---

<sup>13</sup> En 2010, l'ISSYP a accueilli 21 Canadiens provenant de 8 provinces et 19 élèves de 12 pays étrangers.

## **Exposés *Physica Phantastica***

À l'aide d'images et d'animations qui donnent vie à des idées abstraites, les exposés *Physica Phantastica* illustrent les liens entre la science fondamentale et les appareils technologiques qui améliorent notre vie quotidienne. En 2010-2011, cette série a continué de procurer à plus de 1000 élèves de toutes les régions du pays une introduction divertissante et accessible à la physique moderne. Des groupes d'adultes qui en avaient fait la demande, notamment chez RIM, ARC, la Financière Sun Life, ainsi qu'un groupe d'importants responsables des technologies de l'information, ont aussi assisté à des exposés *Physica Phantastica*. (L'Institut continuera de présenter ces exposés à des auditoires adultes dans les limites du temps disponible, mais il continuera d'accorder la priorité aux élèves de la 7<sup>e</sup> à la 12<sup>e</sup> année.)

## **Participation des autochtones**

En 2010-2011, l'équipe de diffusion des connaissances de l'Institut a eu des rencontres avec des enseignants et des élèves de l'île Manitoulin, avec des représentants du Conseil scolaire de la région de Waterloo et avec le chancelier de l'Université Nipissing. Ces réunions ont montré que, pour susciter une participation effective des élèves et des enseignants autochtones, il faut adapter de manière importante les ressources actuelles et adopter une stratégie efficace de diffusion. D'autres recherches et consultations seront entreprises dans ce sens.

## **Ressources en ligne**

En 2010-2011, le site Web de diffusion des connaissances de l'Institut a été amélioré, et l'on a commencé à en préparer une refonte majeure pour 2011-2012. On a également assisté à une augmentation importante de l'utilisation des médias sociaux. Des contenus en ligne de grande qualité permettent à l'Institut d'accroître fortement son potentiel de diffusion et son influence. C'est pourquoi la plupart des ressources de diffusion des connaissances sont accessibles en ligne, dont les modules *Inspirations* et *Explorations*, *Virtual ISSYP* (École d'été virtuelle), plus de 30 entrevues filmées de la série *Meet A Scientist* (Rencontre avec un scientifique), ainsi que des conférences publiques antérieures, maintenant accessibles dans le site *iTunes University*.

En 2010-2011, l'équipe de diffusion des connaissances de l'Institut a mené trois ateliers en ligne auprès d'élèves et d'enseignants de Toronto, de Fort Hope, ainsi que de Whale Cove, au Nunavut. Les ateliers en ligne constituent un moyen peu coûteux pour l'Institut d'atteindre de nouveaux publics, tout en permettant aux chercheurs de l'Institut de participer à des activités de diffusion des connaissances sans que cela leur demande trop de temps. Les réactions aux ateliers en ligne ont été très positives, et ces ateliers s'avèrent un moyen efficace et économique de communiquer avec le réseau de plus en plus étendu des enseignants de l'Institut, ainsi qu'avec des élèves de collectivités éloignées.

## Programmes destinés au grand public

### Le partenariat WGSJ (*Waterloo Global Science Initiative*)

WGSJ est un partenariat sans but lucratif, financé de manière indépendante, mis sur pied par l'Institut Périmètre et l'Université de Waterloo. Il a pour mandat de favoriser le dialogue et la réflexion à long terme nécessaires pour imaginer des solutions scientifiques et technologiques en réponse à d'importants défis sociaux, environnementaux et économiques.

Du 5 au 9 juin 2011, le partenariat a tenu sa première activité, intitulée *Equinox Summit: Energy 2030* (Sommet *Equinox* : Énergie 2030), à l'Institut. Cette activité portant sur l'énergie a rassemblé des scientifiques, de futurs dirigeants et des experts des politiques pour discuter de solutions possibles en matière de production, de stockage et de distribution d'électricité. À la fin du sommet, les participants ont présenté le Communiqué *Equinox*, qui proposait une courte liste de technologies ayant un pouvoir transformateur ainsi qu'une feuille de route en vue d'un avenir où le carbone serait moins présent, au profit de l'électricité. Ce communiqué sera étoffé pour devenir le Plan *Equinox*, qui sera présenté à la réunion de l'Association américaine pour l'avancement de la science à Vancouver en février 2012, puis distribué à des responsables scientifiques et technologiques des secteurs privé et public.

Le télédiffuseur TVO, partenaire public de l'Institut, a capté en direct du sommet cinq soirées de *The Agenda With Steve Paikin* (À l'ordre du jour avec Steve Paikin) et a diffusé, en ligne et sur demande, plusieurs débats, séances plénières, conférences publiques et tables rondes. De grands médias internationaux, dont *Nature*, *Scientific American* et la BBC, ont fait des reportages sur cette activité, et des membres du personnel de l'Institut en ont rapporté les résultats à plus de 700 délégués réunis au Congrès mondial des journalistes scientifiques (voir plus loin).

### Conférences publiques

L'Institut Périmètre a poursuivi en 2010-2011 sa fameuse série de conférences publiques en offrant huit exposés accessibles et intéressants sur des sujets scientifiques passionnants (plus trois conférences présentées dans le cadre du partenariat WGSJ). Ces exposés sont extrêmement populaires, et les 600 laissez-passer disponibles pour chaque conférence s'envolent en quelques minutes (ces conférences sont gratuites, mais il faut réserver des places par le truchement du site Web de l'Institut). Mentionnons entre autres conférences : *Exoplanets and the Search for Habitable Worlds* (Les exoplanètes et la recherche de mondes habitables) par Sara Seager, de l'Institut de technologie du Massachusetts (MIT); *Living Through Four Revolutions* (Traverser quatre révolutions), par Freeman Dyson, de l'Institut d'études avancées de Princeton (IAS); *Quantum Life* (La vie quantique), par Seth Lloyd, du MIT; *Twistors and Quantum Non-Locality* (Twisteurs et non-localité quantique), par Sir Roger Penrose.

Grâce au partenariat de l'Institut Périmètre avec TVO, certaines conférences sont télédiffusées dans le cadre de l'émission *Big Ideas* (De grandes idées), de même que d'autres productions de l'Institut telles que *Hawking at the Perimeter* (Stephen Hawking à l'Institut Périmètre) et le documentaire *The Quantum*

*Tamers* (Les dompteurs de l'invisible). Des conférences peuvent également être téléchargées à partir du site Web de l'Institut ou du site *iTunes University*. TVO rapporte que la conférence publique prononcée par Seth Lloyd, du MIT, fait partie de ses émissions les plus populaires et est de fait la baladoémission scientifique la plus téléchargée de TVO.

## Participation des médias et perfectionnement professionnel

L'Institut Périamètre cherche à accroître la culture scientifique au Canada et à l'étranger, et un journalisme scientifique de qualité est un moyen important d'atteindre cet objectif. C'est pourquoi l'Institut cultive d'étroites relations avec plusieurs médias scientifiques partenaires. En mars 2011, des étudiants du programme d'études supérieures de l'Université Laurentienne en communication scientifique ont visité l'Institut, ont discuté avec le personnel du service de diffusion des connaissances et ont rencontré Marcus Chown, auteur scientifique primé, avant sa conférence publique. L'Institut est l'un des parrains du programme de communication scientifique du Centre Banff et membre fondateur du Centre canadien science et médias. En juin 2011, des employés et des chercheurs de l'Institut ont assisté au Congrès mondial des journalistes scientifiques, qui s'est tenu à Doha, au Qatar, et ont participé activement à trois séances de ce congrès<sup>14</sup>.

L'Institut a continué de bénéficier d'une couverture nationale et internationale positive en 2010-2011 par de nombreux médias. Mentionnons entre autres les éléments suivants :

- En septembre 2010, après un séjour d'un mois à l'Institut, Paul Wells, chroniqueur principal de la revue *Maclean's*, a publié un article vedette intitulé *Mind-bending mysteries at the Perimeter Institute* (Des mystères qui modifient la pensée à l'Institut Périamètre) dans le numéro *Rethink Issue*.
- En octobre 2010, dans le cadre de sa série documentaire scientifique *Horizon*, la BBC a diffusé l'émission *What Happened Before The Big Bang?* (Que s'est-il passé avant le *Big Bang?*), avec la participation de Neil Turok, Lee Smolin, Parampreet Singh, chercheurs à l'Institut, ainsi que de Leonard Susskind, titulaire d'une chaire de chercheur distingué de l'Institut.
- En janvier 2011, la radio anglaise *Radio One* de Radio-Canada a diffusé dans le cadre de son émission d'affaires publiques *The Current* (Le Courant) un numéro sur l'innovation et l'importance de la physique théorique, avec la participation de Mike Lazaridis, président du conseil d'administration de l'Institut, ainsi que du directeur général Neil Turok, du professeur Latham Boyle et du professeur associé Raymond Laflamme.

---

<sup>14</sup> Il s'agit des séances suivantes : une table ronde sur les principales recherches à venir en physique et sur la meilleure manière d'en rendre compte, à laquelle a participé Raymond Laflamme, professeur associé à l'Institut; une séance sur les résultats du sommet *Equinox*; une séance plénière produite par l'Institut sur la science en tant que force positive de changement dans une Afrique confrontée à de multiples défis en matière de développement.

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

### **Résumé des réalisations**

- Obtention d'un engagement de financement de 50 millions de dollars à compter de 2012-2013 de la part du gouvernement du Canada.
- Obtention d'un engagement de financement de 50 millions de dollars à compter de 2011-2012 de la part du gouvernement de l'Ontario.
- Embauche d'une directrice du développement chargée de superviser les efforts de l'Institut en vue de recruter des donateurs privés.
- Obtention d'un don de 4 millions de dollars du Groupe financier BMO pour la dotation de la première chaire de recherche de l'Institut, ainsi que d'autres investissements du secteur privé allant de 75 000 \$ à 500 000 \$.

### **Points saillants**

#### **Renouvellement du financement public**

Au cours de la dernière année, l'Institut Périmètre a soumis des propositions de renouvellement de financement à ses partenaires gouvernementaux provincial et fédéral. Les deux propositions ont été acceptées : le gouvernement fédéral s'est engagé pour 50 millions de dollars à compter de 2012-2013, et le gouvernement de l'Ontario pour 50 millions de dollars à compter de 2011-2012.

#### **Conseil d'orientation**

En octobre 2010, l'Institut a mis sur pied un conseil d'orientation formé de 21 personnes influentes, la plupart provenant du secteur privé, pour l'aider dans ses efforts de développement. Ses membres, qui agissent à titre bénévole, offrent des conseils et agissent comme ambassadeurs de l'Institut auprès des milieux d'affaires et des organismes philanthropiques, élargissant le cercle des futurs partenaires possibles de l'Institut.

#### **Soutien du secteur privé**

Pour soutenir sa croissance rapide et assurer son avenir, l'Institut Périmètre recherche activement le soutien du secteur privé, et l'exercice 2010-2011 a été le plus fructueux de son histoire à ce chapitre. Au cours de l'été 2011, l'Institut a recruté Maria Antonakos à titre de directrice du développement. Elle dirigera la petite équipe de l'Institut chargée de cette mission.

En novembre 2010, le Groupe financier BMO a annoncé un don de 4 millions de dollars visant à doter partiellement la chaire Groupe financier BMO Isaac-Newton de physique théorique de l'Institut Périmètre, la première de cinq chaires de recherches prévues à l'Institut. Ce montant représente à la fois le don le plus important d'une entreprise dans l'histoire de l'Institut et le don le plus important fait en une seule fois par BMO pour soutenir la science au Canada. Xiao-Gang Wen, de l'Institut de technologie du Massachusetts (MIT) et spécialiste de renommée mondiale dans le domaine de la matière condensée, a été recruté comme titulaire de cette première chaire de recherche (voir l'objectif n° 2).

L'Institut a en outre obtenu le soutien suivant du secteur privé :

- un engagement de 400 000 \$ de la Fondation RBC pour l'amélioration de l'École d'été internationale annuelle pour jeunes physiciens et physiciennes (ISSYP)
- un don de Christie Digital, sous forme de systèmes d'affichage de pointe d'une valeur de 500 000 \$, pour le nouveau Centre Stephen-Hawking de l'Institut Périmètre
- une commandite de 100 000 \$ de la Financière Sun Life pour la série de conférences publiques de l'Institut en 2010-2011, commandite renouvelée pour 2011-2012
- don de 75 000 \$ sur trois ans de la Fondation Cowan, pour soutenir la création de trois modules *Inspirations* à utiliser en classe (voir l'objectif n° 9)
- engagements de 10 000 \$ de la part de donateurs privés pour le programme PSI (*Perimeter Scholars International*)
- engagements personnels de plus de 400 000 \$ de la part de membres du conseil d'orientation, du conseil d'administration et de la haute direction, à l'occasion de l'ouverture officielle du Centre Stephen-Hawking de l'Institut Périmètre

**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 2011



## **RAPPORT DES VÉRIFICATEURS 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 2011, ainsi que l'état résumé des résultats et de l'évolution du solde des fonds pour l'exercice terminé à cette même date, ont été établis à partir des états financiers vérifiés de l'Institut Périmètre (« l'Institut ») pour l'exercice terminé le 31 juillet 2011. Nous avons exprimé une opinion sans réserve sur ces états financiers dans notre rapport daté du 2 décembre 2011. Ces états financiers, de même que les états financiers résumés ci-joints, ne tiennent pas compte d'événements survenus après la date de notre rapport sur les états financiers vérifiés.

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

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

La direction est responsable de la préparation d'un résumé des états financiers vérifiés selon les principes comptables généralement reconnus au Canada.

### *Responsabilité des vérificateurs*

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

### *Opinion*

À notre avis, les états financiers résumés établis à partir des états financiers vérifiés de l'Institut pour l'exercice terminé le 31 juillet 2011 constituent un résumé fidèle de ces états financiers, établi selon les principes comptables généralement reconnus au Canada.

*Zeifmans LLP*

Toronto (Ontario)  
Le 5 décembre 2011

Comptables agréés  
Experts-comptables autorisés



# INSTITUT PÉRIMÈTRE

État résumé de la situation financière  
au 31 juillet 2011

	<u>2011</u>	<u>2010</u>
<u>ACTIF</u>		
Actif à court terme :		
Trésorerie et équivalents	1 082 000 \$	5 063 000 \$
Investissements	218 970 000	209 003 000
Subventions gouvernementales à recevoir	2 145 000	3 611 000
Autre actif à court terme	<u>2 168 000</u>	<u>1 170 000</u>
	224 365 000	218 847 000
Autre actif à recevoir	---	30 000
Immobilisations	<u>55 489 000</u>	<u>38 197 000</u>
<b>TOTAL DE L'ACTIF</b>	<b><u>279 854 000 \$</u></b>	<b><u>257 074 000 \$</u></b>
<u>PASSIF ET SOLDE DES FONDS</u>		
Passif à court terme :		
Découvert bancaire	577 000 \$	--- \$
Dette bancaire	1 330 000	---
Comptes créditeurs et autre passif à court terme	<u>6 168 000</u>	<u>4 917 000</u>
<b>TOTAL DU PASSIF</b>	<b><u>8 075 000</u></b>	<b><u>4 917 000</u></b>
Solde des fonds :		
Investis dans les immobilisations	53 536 000	38 114 000
Grevés d'affectations d'origine externe	100 128 000	136 180 000
Grevés d'affectations d'origine interne	78 840 000	77 410 000
Non grevés	<u>39 275 000</u>	<u>453 000</u>
<b>SOLDE TOTAL DES FONDS</b>	<b><u>271 779 000</u></b>	<b><u>252 157 000</u></b>
	<b><u>279 854 000 \$</u></b>	<b><u>257 074 000 \$</u></b>

Au nom du conseil d'administration

\_\_\_\_\_ Administrateur

\_\_\_\_\_ Administrateur



## INSTITUT PÉRIMÈTRE

État résumé des résultats et du solde des fonds  
pour l'exercice terminé le 31 juillet 2011

	<u>2011</u>	<u>2010</u>
<b>Produits :</b>		
Subventions gouvernementales	18 190 000 \$	18 073 000 \$
Autres produits	425 000	435 000
Dons	<u>212 000</u>	<u>626 000</u>
	<u>18 827 000</u>	<u>19 134 000</u>
<b>Charges :</b>		
Recherche	9 748 000	9 858 000
Formation à la recherche	1 688 000	1 450 000
Diffusion des connaissances et communications scientifiques	2 601 000	3 149 000
Charges indirectes de recherche et de fonctionnement	<u>4 535 000</u>	<u>4 415 000</u>
<b>Total des charges de fonctionnement</b>	<u>18 572 000</u>	<u>18 872 000</u>
Excédent des produits par rapport aux charges avant produits de placement et amortissement	255 000	262 000
Amortissement	(1 573 000)	(1 656 000)
Produits de placement	<u>20 940 000</u>	<u>11 374 000</u>
Excédent des produits par rapport aux charges	19 622 000	9 980 000
Solde des fonds au début de l'exercice	252 157 000	242 177 000
Solde des fonds à la fin de l'exercice	<u>271 779 000 \$</u>	<u>252 157 000 \$</u>



## Charges par type d'activité

### Utilisation de la subvention d'Industrie Canada pour l'exercice allant du 1<sup>er</sup> août 2010 au 31 juillet 2011

2 282 000		RECHERCHE
1 273 000		DIFFUSION DES CONNAISSANCES
	6 925 000	FORMATION
808 000		SOUTIEN À LA RECHERCHE

**Total des fonds de la subvention utilisés : 11 288 000 \$**

### Charge de recherche par poste pour l'exercice allant du 1<sup>er</sup> août 2010 au 31 juillet 2011

	315 000	
444 000	767 000	Professeurs
	2 905 000	Postdoctorants
		Chercheurs invités à long terme
2 494 000		Collaborateurs invités
		Conférences et ateliers

**Total des charges de recherche : 6 925 000 \$**

## **Critères appliqués aux activités admissibles**

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

### **Suivi interne des résultats**

- Rapports d'activité de recherche annuels remis pour évaluation au directeur général par tous les chercheurs.
- Rapports d'activité de recherche annuels remis pour évaluation au directeur général par tous les groupes de recherche.
- Suivi continu des publications et citations.
- Comptes rendus et suivis mensuels des progrès de tous les programmes scientifiques.
- Rapports et évaluations après les conférences.
- Évaluation annuelle de tous les programmes scientifiques.
- Évaluation du rendement des chercheurs à mi-mandat.
- Programme de mentorat des postdoctorants et des professeurs adjoints.
- Rapports d'activité de recherche des chercheurs invités et suivi continu de toute leur production.
- 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 des performances**

- Le comité consultatif scientifique suit constamment le rendement de l'Institut; il soumet des rapports et ses recommandations au conseil d'administration. L'annexe E donne la liste des membres du comité consultatif scientifique.
- Examen par le comité consultatif scientifique de tous les recrutements, renouvellements de contrat et promotions des professeurs et professeurs associés.
- Évaluation des publications par des pairs.
- Vérifications opérationnelles selon les 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 vérifiés 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 en partie à financer les activités de l'Institut, mais une partie est placée dans un fonds de dotation conçu principalement pour recevoir et faire fructifier les sommes reçues 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 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 D, *Membres du conseil d'administration de l'Institut Périmètre*).

La planification financière, la reddition de comptes et la stratégie d'investissement relèvent du comité de gestion des investissements ainsi que du comité des finances et de la vérification formés par le conseil d'administration. Celui-ci 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'Institut et relève du directeur général. Il est soutenu dans sa tâche par une équipe de cadres supérieurs et par le personnel administratif.

Les chercheurs résidants de l'Institut relèvent du directeur général et jouent un rôle actif dans la gestion opérationnelle des activités, en participant à différents comités chargés de programmes scientifiques. Les présidents de ces comités sont placés sous l'autorité du directeur général.

Le comité consultatif scientifique international est un organe de surveillance intégré, créé expressément pour aider le conseil d'administration et le directeur général à assurer l'objectivité des décisions et un niveau élevé d'excellence scientifique. Ce comité se réunit régulièrement et présente à la suite de chaque réunion des rapports détaillés assortis de recommandations au Conseil d'administration et au directeur général. Le comité consultatif scientifique est composé de membres éminents de la communauté scientifique internationale (voir l'annexe E, *Membres du comité consultatif scientifique de l'Institut PÉRIMÈTRE*).

## **Investissements et gestion des fonds**

Le conseil d'administration est soutenu par deux 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 fonds reçus, 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 la vérification est chargé de superviser les politiques, processus et activités de l'Institut en matière de comptabilité, de contrôles internes, de gestion des risques, de vérification et d'information financière.

## **Objectifs pour 2011-2012**

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 objectif à long terme est en 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 les percées scientifiques majeures.

En 2011-2012, l'Institut poursuivra sa trajectoire actuelle, fondée sur les objectifs stratégiques ci-dessous, pour progresser dans la réalisation de sa mission et de ses objectifs essentiels.

### **Énoncé des objectifs pour 2011-2012**

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

## Annexes

Remarque : Les annexes mentionnent les personnes qui ont occupé un poste donné à l'Institut Péricimètre à un moment quelconque entre le 1<sup>er</sup> août 2010 et le 31 juillet 2011. Sauf indication contraire, ces personnes occupaient toujours leur poste à la fin de l'exercice 2010-2011.

### Annexe A : Corps professoral de l'Institut Péricimètre

#### Professeurs

**Neil Turok** est le directeur de l'Institut Péricimètre de physique théorique, situé à Waterloo (Ontario), au Canada. Il a obtenu son doctorat au Collège impérial de Londres en 1983, puis il a été postdoctorant à Santa Barbara. Il a été ensuite scientifique associé au laboratoire Fermilab avant de devenir en 1994 professeur de physique à l'Université de Princeton. En 1997, il a été nommé titulaire de la chaire de physique mathématique au Département de mathématiques appliquées et de physique théorique de l'Université de Cambridge. En octobre 2008, il est devenu directeur de l'Institut. Entre autres distinctions, M. Turok a reçu les bourses Sloan et Packard, de même que la médaille James-Clerk-Maxwell 1992 de l'Institut de physique du Royaume-Uni. En 2009, il a été nommé membre du programme *Cosmologie et gravité* de l'Institut canadien de recherches avancées (ICRA). Neil Turok travaille dans un certain nombre de domaines de la physique théorique et de la cosmologie, en s'intéressant surtout à l'élaboration de théories fondamentales et de nouveaux tests d'observation. Entre autres réalisations, il a : démontré la corrélation possible entre les anisotropies en température et en polarisation du fonds diffus cosmologique; élaboré un test important de la présence de la constante cosmologique; formulé les solutions instanton Hawking-Turok qui décrivent la naissance d'univers expansionnistes; contribué à l'élaboration d'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). Né en Afrique du Sud, Neil Turok a fondé l'Institut africain des sciences mathématiques (AIMS) en 2003. Situé au Cap, ce centre d'études supérieures œuvre au développement des mathématiques et de la science à l'échelle du continent africain. En reconnaissance de la création de ce centre et de ses nombreuses contributions à la physique théorique, M. Turok s'est vu décerner le prix TED et le prix de la « Personne la plus innovante » à l'occasion du Sommet mondial sur l'innovation et l'esprit d'entreprise (WSIE).

**Latham Boyle** est devenu professeur adjoint à l'Institut en 2010. Il a obtenu son doctorat en physique à l'Université de Princeton en 2006, sous la direction de Paul Steinhardt. De 2006 à 2009, il a été postdoctorant à l'Institut canadien d'astrophysique théorique (ICAT). Il est également boursier junior de l'Institut canadien de recherches avancées (ICRA). Il 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. Il 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** est professeur à l'Institut depuis 2005. Il a obtenu son doctorat en 2002 à l'Université Harvard. De 2002 à 2005, il a été membre de l'École de sciences naturelles de l'Institut d'études avancées de Princeton (New Jersey), aux États-Unis. M. Cachazo est l'un des plus grands experts mondiaux de l'étude et du calcul des amplitudes de diffusion en chromodynamique quantique (QCD) et en théorie de Yang et Mills supersymétriques en dimension 4. Il a reçu en 2007 une bourse de nouveau chercheur pour son projet intitulé *Taming the Strong Interactions: Perturbative and Non-Perturbative Methods* (Dompter les interactions fortes : méthodes perturbatrices et non perturbatrices). En 2009, il a reçu la Médaille Gribov de la Société européenne de physique « pour ses travaux qui ont permis de simplifier considérablement le calcul des amplitudes de diffusion tant dans les théories de jauge que de la gravité ».

**Laurent Freidel** a obtenu son doctorat à l'École Normale Supérieure de Lyon en 1994. Il a apporté plusieurs contributions importantes dans le domaine de la gravité quantique et s'est joint à l'Institut en septembre 2006. M. Freidel est un physicien mathématicien qui possède des connaissances très étendues dans de nombreux domaines, dont les systèmes intégrables, les théories des champs topologiques, les théories conformes bidimensionnelles et la chromodynamique quantique. Il est auteur ou co-auteur de plus de 40 publications, dont un grand nombre sont reconnues par ses pairs pour contenir des arguments particulièrement complets et détaillés. Laurent Freidel est également auteur ou co-auteur de plusieurs articles importants sur les modèles de mousse de spin – des diagrammes à dimensions supplémentaires fonctionnant à titre de modèles de la géométrie quantique de l'espace-temps dans la gravitation quantique à boucles. Il participe également à d'autres recherches sur la limite de faible énergie des modèles de mousse de spin, dont des formulations nouvellement proposées et l'appariement à la matière. M. Friedel a occupé des postes à l'Université de l'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.

**Jaume Gomis** a obtenu son doctorat de l'Université Rutgers en 1999, puis a travaillé à l'Institut de technologie de la Californie (Caltech) à titre de postdoctorant et de boursier principal Sherman-Fairchild. En 2004, la Fondation européenne de la science l'a désigné comme récipiendaire d'un prix EURYI (jeune chercheur européen), prix auquel il a renoncé pour se joindre à l'Institut Périclète la même année. Ses domaines privilégiés de recherche sont la théorie des cordes et la théorie quantique des champs. En 2009, M. Gomis a obtenu du ministère de la Recherche et de l'Innovation de l'Ontario une bourse de nouveau chercheur pour son projet intitulé *New Phases of Matter and String Theory* (Nouvelles phases de la matière et théorie des cordes), qui vise à mettre au point de nouvelles techniques de description des phénomènes quantiques en physique nucléaire et corpusculaire.

**Daniel Gottesman** a obtenu son doctorat en 1997 à l'Institut de technologie de la Californie (Caltech), où il a étudié sous la direction de John Preskill. Il a ensuite 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 par 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 3500 citations à ce jour. Daniel Gottesman est également membre du programme *Information quantique* de l'ICRA.

**Lucien Hardy** a obtenu son doctorat à l'Université de Durham en 1992 sous la direction d'Euan Squires. Avant de se joindre à l'Institut, il a occupé des postes de chercheur et d'enseignant dans diverses universités européennes : l'Université d'Oxford, au Royaume-Uni (1997-2002); l'Université La Sapienza de Rome, en Italie (1996-1997); l'Université de Durham, au Royaume-Uni (1994-1996); l'Université d'Innsbruck, en Autriche (1993-1994); l'Université nationale d'Irlande (1992-1993). Au cours de son séjour à Rome, il a collaboré à une expérience de démonstration de la téléportation quantique. En 1992, il a trouvé une preuve très simple de la non-localité en physique quantique, aujourd'hui appelée « théorème de Hardy ». Son travail actuel vise à caractériser la physique quantique sous forme de postulats opérationnels et à appliquer les résultats obtenus au problème de la gravitation quantique.

**Fotini Markopoulou** a obtenu son doctorat au Collège impérial de Londres en 1998 sous la direction de Christopher Isham. Elle a fait partie des premiers professeurs recrutés par l'Institut en 2001. Auparavant, elle a été postdoctorante à l'Institut Albert-Einstein (2000-2001), au Collège impérial de Londres (1999-2000) et à l'Université de l'État de la Pennsylvanie (1997-1999). En 2001, elle a remporté le premier prix du concours pour jeunes chercheurs « science et réalité ultime » organisé en l'honneur du professeur J. A. Wheeler. Elle a été professeure invitée à l'Institut de technologie du Massachusetts (MIT) en 2008 et est actuellement titulaire d'une bourse pour chercheurs expérimentés de la fondation Alexander-von-Humboldt à l'Institut Albert-Einstein, en Allemagne.

**Robert Myers** est l'un des principaux physiciens théoriciens travaillant sur la théorie des cordes au Canada. Après avoir obtenu son doctorat à l'Université de Princeton en 1986, il a été postdoctorant à l'Institut Kavli de physique théorique de l'Université de la Californie à Santa Barbara. En 1989, il est devenu professeur de physique à l'Université McGill, puis s'est joint à l'Institut Périmètre à l'été 2001. À l'heure actuelle, il est également professeur associé au Département de physique et d'astronomie de l'Université de Waterloo. M. Myers a reçu en 1999 la médaille Herzberg pour ses contributions majeures à la compréhension des d-branes et de la microphysique des trous noirs. Il a remporté en 2005 le prix de l'Association canadienne des physiciens et physiciennes et du Centre de recherches mathématiques, prix le plus prestigieux au Canada en physique théorique et mathématique. En 2006, Robert Myers a été élu membre de la Société royale du Canada. Il est également membre du programme *Cosmologie et gravité* de l'Institut canadien de recherches avancées (ICRA). De 2001 à 2005, il a été membre fondateur du conseil consultatif scientifique de la Station internationale de recherche de Banff. M. Myers est de plus membre du comité de rédaction des revues de recherche *Annals of Physics* et *Journal of High Energy Physics*.

**Philip Schuster** est devenu en 2010 professeur adjoint en physique des particules à l'Institut. M. Schuster a obtenu son doctorat en 2007 à l'Université Harvard sous la direction de Nima Arkani-Hamed, puis 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 en particulier 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 de nouvelles expériences au grand collisionneur hadronique (LHC) du CERN. En collaboration avec des membres de l'expérience de solénoïde compact pour muons (CMS) du LHC, il a mis au point un ensemble de méthodes afin de 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, qui travaille à la mise au point d'une expérience de diffusion d'électrons sur cible fixe conçue pour rechercher avec une sensibilité inégalée de nouvelles forces à l'échelle du GeV. Le groupe a récemment effectué un test couronné de succès au Laboratoire national de l'accélérateur Thomas-Jefferson en Virginie.

**Lee Smolin** est l'un des membres fondateurs du corps professoral de l'Institut. Après avoir obtenu un diplôme de premier cycle en philosophie naturelle au Collège Hampshire, il a obtenu son doctorat à l'Université Harvard en 1979, puis il a été postdoctorant à l'Institut d'études avancées de Princeton, à l'Institut de physique théorique de Santa Barbara et à l'Institut Enrico-Fermi de l'Université de Chicago. M. Smolin a été professeur à l'Université Yale, à l'Université de Syracuse et à l'Université de l'État de la Pennsylvanie, et professeur invité au Collège impérial de Londres et aux universités d'Oxford et de Cambridge au Royaume-Uni, ainsi qu'aux universités de Rome et de Trente et à l'École internationale supérieure d'études avancées (SISSA) de Trieste, en Italie. Les recherches de Lee Smolin portent surtout sur le problème de la gravité quantique. Il a été l'un des initiateurs de deux programmes de recherche, l'un sur la gravitation quantique à boucles et l'autre sur la relativité restreinte déformée (ou relativité doublement restreinte). Il a également travaillé dans les domaines de la cosmologie, des fondements de la mécanique quantique, de l'astrophysique, de la philosophie des sciences et, plus récemment, de l'économie. Ses articles ont fait l'objet de près de 6400 citations à ce jour. Ses trois ouvrages non techniques, *The Life of the Cosmos* (La vie du cosmos), *Three Roads to Quantum Gravity*, (Trois voies vers la gravité quantique) et *The Trouble With Physics* (Le problème de la physique) explorent des questions philosophiques soulevées par les progrès de la physique moderne et de la cosmologie. Ils ont été largement adoptés par le public et ont été traduits en plus de 20 langues. En 2007, M. Smolin a reçu le prix Majorana. En 2009, il a reçu le prix commémoratif Klopsteg de l'Association américaine des professeurs de physique pour ses « réussites extraordinaires à communiquer la passion de la physique au grand public ». Il a en outre été élu membre de la Société américaine de physique en 2007 et de la Société royale du Canada en 2010.

**Robert Spekkens** a obtenu son doctorat à l'Université de Toronto en 2001, puis a été postdoctorant à l'Institut et titulaire d'une bourse internationale de la Société royale de Londres à l'Université de Cambridge. Il est professeur à l'Institut depuis 2008. Ses recherches portent 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** est devenue en 2010 professeure adjointe en physique des particules à l'Institut. Elle a obtenu son doctorat en 2007 à l'Université Harvard sous la direction de Nima Arkani-Hamed, titulaire d'une chaire de chercheur distingué de l'Institut, puis a été boursière postdoctorale à l'Institut de physique théorique de l'Université Stanford (SITP). Mme Toro 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. Natalia 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** s'est joint à l'Institut en 2011, en provenance de l'Université du Queensland, où il était membre de la Fédération australienne des conseils de recherche et professeur à l'École de mathématiques et physique. M. Vidal a obtenu son doctorat en 1999 à l'Université de Barcelone, sous la direction du professeur Rolf Tarrach. Il a été pendant trois ans postdoctorant à l'Université d'Innsbruck, en Autriche, et à l'Institut d'informatique quantique de Caltech avant de devenir professeur à l'Université du Queensland. Guifre Vidal travaille à la jonction entre la théorie de l'information quantique et la physique de la matière condensée. Il utilise des réseaux de tenseurs pour calculer l'état fondamental de systèmes quantiques à N corps sur un treillis, ainsi que pour produire une classification des phases possibles de la matière quantique ou des points fixes du flot de renormalisation. M. Vidal a reçu entre autres distinctions une bourse Marie-Curie de l'Union européenne et une bourse de la Fondation Sherman-Fairchild.

**Pedro Vieira** 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 Périmètre en 2009. Il a obtenu son doctorat à l'École Normale Supérieure de Paris et au Centre de physique de l'Université de Porto, sous la direction de Vladimir Kazakov et de Miguel Sousa Costa. 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. À l'aide de techniques d'intégration, M. Vieira et ses collaborateurs ont récemment réalisé des progrès significatifs en calculant pour la première fois le spectre exact (planaire) d'une dualité holographique remarquable entre théorie de la gravité et théorie conforme des champs, appelée correspondance entre espace-temps anti-de Sitter et théorie conforme des champs, en abrégé correspondance AdS/CFT. Ces travaux pourraient ouvrir de nouvelles avenues dans les théories de jauge et la gravité quantique, ainsi que pour les calculs d'amplitudes de diffusion en physique des particules.

## Professeurs associés

**Niyesh Afshordi** (recruté dans le cadre d'une nomination conjointe avec l'Université de Waterloo) a obtenu son doctorat en 2004 à l'Université de Princeton sous la direction de David Spergel. Il a été de 2004 à 2007 le boursier de l'Institut de théorie et de calcul du Centre Harvard-Smithsonian d'astrophysique, puis titulaire d'une chaire de chercheur distingué à l'Institut Périphère en 2008 et 2009. Il est professeur associé à l'Institut depuis 2010, dans le cadre d'une nomination conjointe avec le Département de physique et d'astronomie de l'Université de Waterloo. M. Afshordi se spécialise dans les problèmes interdisciplinaires de la physique fondamentale, de l'astrophysique et de la cosmologie, en particulier les résultats d'observations qui aident à aborder des problèmes de la physique fondamentale. En 2010, il a reçu l'un des huit suppléments d'accélération à la découverte (SAD) accordés pour la physique par le Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada (CRSNG). Ses 28 publications revues par des pairs ont fait l'objet de plus de 900 citations à ce jour.

**Alex Buchel** (recruté dans le cadre d'une nomination conjointe avec l'Université Western Ontario) a obtenu son doctorat à l'Université Cornell en 1999. Il a été postdoctorant à l'Institut de physique théorique de l'Université de la Californie à Santa Barbara de 1999 à 2002, puis chercheur au Centre de physique théorique de l'Université du Michigan en 2002 et 2003. Il est devenu professeur associé à l'Institut Périphère en 2003. Ses recherches portent sur la compréhension des propriétés quantiques des trous noirs et sur l'origine de l'univers dans le cadre de la théorie des cordes. De plus, il participe à la mise au point d'outils analytiques en théorie des cordes 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** (recruté dans le cadre d'une nomination conjointe avec l'Université McMaster) a obtenu son doctorat à l'Université du Texas à Austin en 1985 sous la direction de Steven Weinberg. De 1985 à 1987, il a été membre de l'École de sciences naturelles de l'Institut d'études avancées de Princeton, au New Jersey. De 1987 à 2005, il a été professeur à l'Université McGill, où il a reçu le titre de professeur James-McGill en 2003. En 2004, il est devenu professeur associé de l'Institut Périphère, dans le cadre d'une nomination conjointe avec l'Université McMaster devenue effective en 2005. 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. Il est l'auteur de plusieurs recensions qui font autorité sur les théories effectives des champs, ainsi que de nombreux ouvrages et chapitres d'encyclopédie. Il est également co-auteur d'un manuel de cours de cycle supérieur sur le modèle standard. Cliff Burgess a été titulaire d'une bourse Killam de 2005 à 2007 et il a été élu membre de la Société royale du Canada. Il a aussi remporté le prix de physique théorique et mathématique 2010 de l'Association canadienne des physiciens et physiciennes et du Centre de recherches mathématiques, prix le plus prestigieux au Canada en physique théorique.

**Richard Cleve** (recruté dans le cadre d'une nomination conjointe avec l'Université de Waterloo) a obtenu son doctorat à l'Université de Toronto en 1989, se spécialisant en complexité algorithmique et en cryptographie. Il a été postdoctorant à l'Institut international d'informatique de Berkeley de 1988 à 1990, année où il est devenu professeur au Département d'informatique de l'Université de Calgary. En 2004, il s'est joint à l'Institut Périmètre et à l'Institut d'informatique quantique de l'Université de Waterloo, où il est titulaire de la chaire d'informatique quantique, dans le cadre d'une nomination conjointe à l'École d'informatique de l'Université de Waterloo. M. Cleve a apporté de nombreuses contributions importantes en algorithmique quantique et en théorie de l'information quantique. Il est membre fondateur du programme *Information quantique* de l'Institut canadien de recherches avancées (ICRA), de même que chef d'équipe au sein de QuantumWorks, le réseau national canadien de recherche en science de l'information quantique. Il est également rédacteur en chef fondateur de la revue *Quantum Information & Computation*. En 2008, Richard Cleve a reçu le prix de physique théorique et mathématique de l'Association canadienne des physiciens et physiciennes et du Centre de recherches mathématiques pour ses contributions majeures en science de l'information quantique. Il a été élu en 2010 membre de la Société royale du Canada.

**David Cory** (recruté dans le cadre d'une nomination conjointe avec l'Institut d'informatique quantique et le Département de chimie de l'Université de Waterloo) a obtenu un doctorat en chimie physique à l'Université Case Western Reserve de Cleveland, en Ohio. Il a été postdoctorant à l'Université de Nimègue, aux Pays-Bas, et au Laboratoire de recherches navales du Conseil national de recherches des États-Unis, à Washington (District de Columbia). Il a également été scientifique principal et a dirigé les activités de recherche-développement en résonance magnétique nucléaire chez Bruker Instruments. En 1992, il s'est joint au Département de sciences et de génie nucléaires de l'Institut de technologie du Massachusetts (MIT). 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 2009 et 2010, il a été chercheur invité à l'Institut Périmètre, puis s'est vu attribuer en 2010 la chaire d'excellence en recherche du Canada sur le traitement de l'information quantique. David Cory préside le comité consultatif du programme *Information quantique* de l'Institut canadien de recherches avancées (ICRA).

**Adrian Kent** (recruté dans le cadre d'une nomination conjointe avec l'Université de Cambridge) a obtenu son doctorat à l'Université de Cambridge en 1996. Avant de se joindre au corps professoral de l'Institut, il a été boursier postdoctoral Enrico-Fermi à l'Université de Chicago, membre de l'Institut des études avancées de Princeton, au New Jersey, et chercheur boursier de la Société royale de Londres à l'Université de Cambridge. 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 et ses conséquences pour la physique fondamentale, les tests novateurs de la physique quantique et d'autres théories possibles, les nouvelles applications cryptographiques de l'information quantique, de même que sur les nouvelles applications scientifiques de l'information quantique. Il est corédacteur de *Many Worlds? Everett, Quantum Theory and Reality*, publié en 2010 par les Presses de l'Université d'Oxford.

**Raymond Laflamme** (recruté dans le cadre d'une nomination conjointe avec l'Institut d'informatique quantique de l'Université de Waterloo) est professeur à l'Institut Périmètre depuis sa fondation. Il a obtenu son doctorat à l'Université de Cambridge sous la direction de Stephen Hawking. De 1988 à 1990, il a été titulaire d'une bourse postdoctorale Killam à l'Université de la Colombie-Britannique, puis titulaire d'une bourse de recherche au Collège Peterhouse de l'Université de Cambridge. De 1992 à 2001, M. Laflamme a été chercheur au Laboratoire national de Los Alamos, où il a réorienté sa recherche de la cosmologie à l'informatique quantique. Depuis le milieu des années 1990, Raymond Laflamme travaille sur des approches théoriques de la correction d'erreurs quantiques. En collaboration avec Emmanuel Knill, il a énoncé des conditions liées aux codes de correction d'erreurs quantiques et a établi le seuil de tolérance aux erreurs, montrant par la même occasion que les systèmes d'informatique quantique peuvent être utiles même en présence de bruit. Il a poursuivi en franchissant les premières étapes expérimentales vers une démonstration de la correction d'erreurs quantiques. Avec des collègues, il a élaboré un plan d'un processeur d'information quantique faisant appel à l'optique linéaire, ainsi que conçu et mis en œuvre de nouvelles méthodes afin que l'information quantique résiste à l'altération tant dans le contexte de la cryptographie que dans celui de calculs. En 2001, il est revenu au Canada à titre de membre fondateur de l'Institut et de directeur fondateur de l'Institut d'informatique quantique. Raymond Laflamme est directeur de QuantumWorks, le réseau national canadien de recherche en science de l'information quantique. Il est membre de l'Institut canadien de recherches avancées (ICRA) depuis 2001 et directeur du programme *Information quantique* de l'ICRA depuis 2003. Il est également titulaire de la chaire de recherche du Canada sur l'information quantique et professeur au Département de physique et d'astronomie de l'Université de Waterloo.

**Sung-Sik Lee** est devenu en 2011 professeur associé à l'Institut en physique théorique de la matière condensée, dans le cadre d'une nomination conjointe avec l'Université McMaster. Il a obtenu son doctorat en 2000 à l'Université Pohang de sciences et technologie (POSTECH), en Corée du Sud, sous la direction du professeur Sung-Ho Suck Salk. Il a été postdoctorant à POSTECH, à l'Institut de technologie du Massachusetts MIT, ainsi qu'à l'Institut Kavli de physique théorique de l'Université de la Californie à Santa Barbara, avant de devenir professeur adjoint à l'Université McMaster en 2007. Les recherches de M. Lee portent principalement sur l'étude des systèmes quantiques à N corps et à interaction forte à l'aide de la théorie quantique des champs, de même que sur les points de rencontre entre la matière condensée et la physique des hautes énergies. Dans de récents travaux, il a utilisé la théorie de jauge comme lentille d'observation du phénomène de fractionnalisation, entreprenant d'appliquer de la théorie des cordes à la chromodynamique quantique et à la matière condensée la correspondance entre espace-temps anti-de Sitter et théorie conforme des champs, et élaborant une approche non perturbatrice de la compréhension des états métalliques non conventionnels de la matière.

**Luis Lehner** (recruté dans le cadre d'une nomination conjointe avec l'Université de Guelph) a obtenu son doctorat à l'Université de Pittsburgh en 1998 sous la direction de Jeffrey Winicour. Il a été postdoctorant à l'Université du Texas à Austin (1998-2000) et à l'Université de la Colombie-Britannique (2000-2002). Il a été professeur adjoint (2002-2006), puis professeur agrégé (2006-2009) de physique à l'Université de l'État de la Louisiane. Il est actuellement professeur associé à cette même université. M. Lehner a reçu en 1993 le Prix d'honneur de l'Université nationale de Cordoba, en Argentine, une bourse de doctorat

de la Fondation Mellon en 1997, le prix CGS/UMI pour une thèse exceptionnelle de même que le prix Nicholas-Metropolis en 1999. Il a été boursier de l'Institut du Pacifique pour les sciences mathématiques (PIMS) de 2000 à 2002, boursier national de l'Institut canadien d'astrophysique théorique (ICAT) en 2001-2002, ainsi que récipiendaire d'une bourse de recherche Sloan de 2003 à 2005. Luis Lehner est actuellement membre élu de l'ICRA, de l'Institut de physique du Royaume-Uni et de la Société américaine de physique. Il est également membre du comité de rédaction des revues *Classical and Quantum Gravity* et *Papers in Physics*.

**Michele Mosca** (recruté dans le cadre d'une nomination conjointe avec l'Université de Waterloo) a obtenu son doctorat en 1999 à l'Université d'Oxford. Il est membre fondateur de l'Institut, ainsi que cofondateur et sous-directeur de l'Institut d'informatique quantique. M. Mosca est l'auteur de contributions majeures à la théorie et à la pratique du traitement de l'information quantique, notamment dans les domaines des algorithmes quantiques, des techniques d'étude des limites des ordinateurs quantiques, des autotests quantiques et des canaux quantiques privés. Avec ses collaborateurs à Oxford, il a réalisé plusieurs des premières mises en œuvre d'algorithmes quantiques en utilisant la résonance magnétique nucléaire. Il a apporté d'importantes contributions à la méthode d'estimation de phase en algorithmique quantique, y compris les problèmes de sous-groupes cachés, ainsi qu'à la recherche et au comptage quantiques. Dans le domaine de la sécurité quantique, il a contribué à définir la notion de canal quantique privé et à mettre au point des méthodes optimales de chiffrement d'information quantique à l'aide de clés classiques. Michele Mosca a reçu de nombreux prix et distinctions, dont une bourse du Commonwealth et le prix du Premier ministre de l'Ontario pour l'excellence en recherche (2000-2005). Il est titulaire d'une chaire de recherche du Canada en informatique quantique (2002-2012) et a été élu membre de l'Institut canadien de recherches avancées (ICRA) en 2010.

**Ashwin Nayak** (recruté dans le cadre d'une nomination conjointe avec l'Université de Waterloo) a obtenu un doctorat en informatique à l'Université de la Californie à Berkeley en 1999. Il a par la suite occupé des postes au Centre DIMACS de l'Université Rutgers, dans les laboratoires de recherche AT&T, à l'Institut de technologie de la Californie (Caltech) et à l'Institut de recherches en sciences mathématiques de Berkeley. M. Nayak est professeur agrégé au Département de combinatoire et d'optimisation ainsi que membre de l'Institut d'informatique quantique de l'Université de Waterloo. Il a reçu une bourse de nouveau chercheur du ministère de la Recherche et de l'Innovation de l'Ontario en 2006, ainsi qu'un « supplément d'accélération à la découverte » du Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada (CRSNG) en 2008.

**Maxim Pospelov** (recruté dans le cadre d'une nomination conjointe avec l'Université de Victoria) a obtenu son doctorat en 1994 à l'Institut Budker de physique nucléaire, en Russie. Il a été boursier scientifique de l'OTAN à l'Université du Québec à Montréal (1996-1998), associé de recherche à l'Université du Minnesota (1998-2001), chercheur invité à l'Université McGill (2001-2002) et boursier de recherche avancée PPARC à l'Université du Sussex, au Royaume-Uni (2002). En 2002, il s'est joint au Département de physique et d'astronomie de l'Université de Victoria, puis a fait l'objet d'une nomination conjointe à l'Institut Périmètre en 2004. M. Pospelov travaille dans le domaine de la



physique des particules et a réalisé récemment des études détaillées sur la nucléosynthèse primordiale catalysée, idée novatrice qu'il a proposée afin d'atténuer la divergence persistante entre prédictions théoriques et observations expérimentales en ce qui concerne l'abondance du lithium dans l'univers.

**Thomas Thiemann** (recruté dans le cadre d'une nomination conjointe avec l'Institut Max-Planck de physique gravitationnelle, en Allemagne) a obtenu son doctorat à l'Université RWTH d'Aix-la-Chapelle en 1993. Ses recherches portent sur la théorie quantique des champs non perturbative (en particulier la théorie quantique des champs de jauge et la gravité quantique), les aspects non perturbatifs de la théorie quantique des cordes, la théorie quantique des champs constructive et algébrique, la théorie quantique des champs euclidienne (et ses liens avec la mécanique statistique), ainsi que sur la théorie quantique des champs semi-classique et les méthodes d'approximation non perturbatives. Il est l'auteur de l'ouvrage *Modern Canonical Quantum General Relativity*.

**Itay Yavin** (recruté dans le cadre d'une nomination conjointe avec l'Université McMaster) est devenu professeur associé en physique des particules à l'Institut et professeur à l'Université McMaster en 2011. Il a obtenu son doctorat en 2006 à l'Université Harvard sous la direction de Nima Arkani-Hamed, titulaire d'une chaire de chercheur distingué de l'Institut. Il a ensuite été associé de recherche au Département de physique de l'Université de Princeton de 2006 à 2009. Avant de se joindre à l'Institut, M. Yavin a été 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 B : Titulaires de chaire de chercheur 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 des 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, ainsi que conseiller du programme PSI (*Perimeter Scholars International*). Il a apporté des contributions majeures en mécanique quantique, en théories quantiques des champs relativistes et dans les 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 PSI. 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.

**Neta Bahcall** a le titre de professeure Eugene-Higgins d'astrophysique à l'Université de Princeton. Cette spécialiste en cosmologie observationnelle a été une pionnière des méthodes quantitatives d'interprétation des données astronomiques. Ces méthodes lui ont permis d'obtenir des éclairages essentiels sur des sujets fondamentaux comme la structure à grande échelle, la masse et le destin de l'univers, la formation des galaxies, la nature des quasars et la matière sombre.

**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 par des étoiles doubles à neutrons, en formulant les équations d'Einstein sur des hypersurfaces à courbure moyenne constante asymptotiquement nulles. 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 (Caltech) sous la direction de Richard Feynman.

**G. 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  $\text{Sr}_2\text{RuO}_4$ , 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 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 recherches 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.

**Gia Dvali** est professeur au Centre de cosmologie et de physique des particules de l'Université de New York et membre de la division théorie du CERN, en Suisse. Ses recherches portent sur des questions fondamentales à l'intersection de la physique des particules et de la cosmologie, notamment celles des grandes dimensions supplémentaires, de la gravité quantique et de l'univers primordial.

**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 travaux de recherche 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 théories 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, ainsi que le prix Klopsteg de l'Association américaine des professeurs de physique. 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 Fermilab et de la Société pour la science et le public (États-Unis).

**Stephen Hawking** est professeur lucasien émérite 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. Il a publié trois ouvrages pour le grand public, 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, qui a été vendu à plus de 30 millions d'exemplaires dans le monde. Titulaire de 12 doctorats honorifiques, il a été nommé 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 de la Société royale de Londres ainsi que de l'Académie nationale des sciences des États-Unis.

**Patrick Hayden** est titulaire de la Chaire de recherche du Canada en physique de l'information à l'Université McGill. Ses recherches portent principalement sur la détermination de méthodes efficaces pour l'exécution des tâches de communication qui seront nécessaires au traitement à grande échelle de l'information quantique. Cela consiste notamment à mettre au point des méthodes permettant de transmettre de manière fiable les états quantiques dans des milieux bruités et de protéger l'information quantique contre les manipulations non autorisées. Il a également appliqué ces techniques à la question de la perte d'information dans les trous noirs. Entre autres distinctions, M. Hayden a été récipiendaire d'une bourse de recherche Sloan et boursier Rhodes.

**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 gravité 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.

**Christopher Isham** est chercheur principal et professeur émérite de physique théorique au Collège impérial de Londres, établissement dont il a été doyen principal. Il a apporté de nombreuses contributions importantes aux domaines de la gravité quantique et des fondements de la mécanique quantique. Motivé par le « problème du temps » en gravité quantique, il a mis au point une nouvelle approche de la physique quantique appelée formalisme HPO (*History Projection Operator* ou formalisme des projecteurs d'histoire), qui permet d'étendre la théorie aux cas où il n'y a pas de notion normale de

temps (comme dans la théorie de la relativité générale d'Einstein). Depuis la fin des années 1990, M. Isham développe une approche tout à fait inédite de la formulation de théories de la physique fondée sur le concept mathématique de « topos ». Cette approche offre une manière radicalement nouvelle d'appréhender les problèmes traditionnels de la physique quantique, ainsi qu'un cadre mathématique pour la mise au point de nouvelles théories qui n'auraient pas pu être envisagées à l'aide des mathématiques traditionnelles. Christopher Isham a été membre du Comité consultatif scientifique de l'Institut Périclès de 2001 à 2005, et a présidé ce comité en 2005.

**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 les 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. Il fait partie du corps professoral du programme PSI de l'Institut Périclès.

**Renate Loll** est professeure de physique théorique à l'Institut de physique théorique, au sein de la Faculté de physique et d'astronomie de l'Université d'Utrecht. Ses recherches portent principalement sur la gravité 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 gravité quantique par l'approche des triangulations dynamiques causales. Mme Loll dirige l'un des plus grands groupes de recherche au monde sur la gravité quantique non perturbative, et elle a reçu la prestigieuse subvention individuelle VICI de l'Organisation néerlandaise pour la recherche scientifique. Elle fait également partie du corps professoral du programme PSI de l'Institut Périclès.

**Malcolm Perry** est professeur de physique théorique au département de mathématiques appliquées et de physique théorique de l'Université de Cambridge, et membre du Collège Trinity de Cambridge. Ses recherches portent principalement sur les théories de la relativité générale, de la supergravité et des cordes. M. Perry a apporté des contributions majeures à la théorie des cordes, à la gravitation quantique euclidienne et à la compréhension du rayonnement des trous noirs. Avec le professeur Robert Myers de l'Institut, il a élaboré la métrique de Myers-Perry, qui montre comment construire des trous noirs dans les dimensions supérieures de l'espace-temps de la théorie des cordes. Entre autres distinctions, Malcolm Perry est docteur ès sciences de l'Université de Cambridge. Il a également fait partie du corps professoral du programme PSI de l'Institut Périclès.

**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 ainsi que 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).

**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 conduit 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.

**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 ».

**Ashoke Sen**, de l'Institut de recherche Harish-Chandra d'Allahabad, en Inde, est un pionnier de la théorie des cordes dont les nombreuses contributions comprennent la fameuse conjecture de Sen, ainsi que des éclairages importants sur les dualités en théorie des cordes et sur l'entropie des trous noirs.

**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 expansionniste, 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.

**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 corécepteur de la médaille P. A. M.-Dirac du Centre international de physique théorique, pour l'élaboration du modèle expansionniste 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 expansionniste 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 à la recherche d'autres échantillons et pour étudier la géologie des lieux où l'on en trouve.

**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.

**Senthil Todadri** est professeur agrégé de physique à l'Institut de technologie du Massachusetts (MIT). 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 récepteur 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).

**Xiao-Gang Wen** a le titre de professeur Cecil-et-Ida-Green au département de physique de l'Institut de technologie du Massachusetts (MIT). Il fait aussi partie du corps professoral du programme PSI de l'Institut Périphère. Il a proposé des théories novatrices sur la physique de la matière condensée, la nature de l'espace-temps et la supraconductivité. Son récent ouvrage intitulé *Quantum Field Theory of Many-Body Systems* [Théorie quantique des champs des systèmes à N corps] explore la mécanique quantique des systèmes à plusieurs particules.

**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 effets 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.

**Mark Wise** a le titre de professeur de physique des hautes énergies John-Alexander-McCone à l'Institut de technologie de la Californie (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 C : Membres affiliés de l'Institut Péricimètre

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 de la physique quantique
Richard Bond	Université de Toronto, ICAT	Cosmologie
Ivan Booth	Université Memorial	Relativité générale
Vincent Bouchard	Université de l'Alberta	Théorie des cordes
Robert Brandenberger	Université McGill	Cosmologie
Gilles Brassard	Université de Montréal	Information quantique
Anne Broadbent	Université de Waterloo, IQC	Information quantique
Anton Burkov	Université de Waterloo	Matière condensée
Bruce Campbell	Université Carleton	Théorie des cordes
Hilary Carteret	Université de Calgary	Information quantique
Jeffrey Chen	Université de Waterloo	Matière condensée
Andrew Childs	Université de Waterloo, IQC	Information quantique
Matthew Choptuik	Université de la Colombie-Britannique	Relativité générale numérique
Dan Christensen	Université Western Ontario	Gravité quantique
James Cline	Université McGill	Cosmologie, physique des particules
Alan Coley	Université Dalhousie	Relativité générale
Andrzej Czarnecki	Université de l'Alberta	Physique des particules
Saurya Das	Université de Lethbridge	Gravité quantique
Arundhati Dasgupta	Université de Lethbridge	Gravité quantique
Keshav Dasgupta	Université McGill	Théorie des cordes
Rainer Dick	Université de la Saskatchewan	Physique des particules
Joseph Emerson	Université de Waterloo, IQC	Fondements de la physique quantique

<b>Nom</b>	<b>Institution</b>	<b>Domaine de recherche</b>
James Forrest	Université de Waterloo	Physique des polymères
Marcel Franz	Université de la Colombie-Britannique	Matière condensée
Doreen Fraser	Université de Waterloo	Philosophie
Valeri Frolov	Université de l'Alberta	Gravité quantique, cosmologie
Andrei Frolov	Université Simon-Fraser	Cosmologie
Jack Gegenberg	Université du Nouveau-Brunswick	Gravité quantique
Stephen Godfrey	Université Carleton	Physique des particules
Thomas Gregoire	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
Mike Hudson	Université de Waterloo	Cosmologie
Viqar Husain	Université du Nouveau-Brunswick	Gravité quantique, cosmologie
Thomas Jennewein	Université de Waterloo, IQC	Information quantique
Catherine Kallin	Université McMaster	Théorie de la supraconductivité
Joanna Karczmarek	Université de la Colombie-Britannique	Théorie des cordes
Spiro Karigiannis	Université de Waterloo	Géométrie différentielle
Gabriel Karl	Université de Guelph	Physique des particules
Achim Kempf	Université de Waterloo	Information quantique
Yong Baek Kim	Université de Toronto	Matière condensée
Pavel Kovtun (jusqu'au 31 janvier 2011)	Université de Victoria	Théorie des cordes
David Kribs	Université de Guelph	Information quantique
Gabor Kunstatter	Université de Winnipeg	Gravité quantique, mécanique quantique
Kayll Lake	Université Queen's	Relativité générale

Nom	Institution	Domaine de recherche
Sung-Sik Lee (jusqu'au 30 juin 2011)	Université McMaster	Matière condensée
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
Norbert Lutkenhaus	Université de Waterloo, IQC	Information quantique
Alexander Maloney	Université McGill	Théorie des cordes
Robert Mann	Université de Waterloo	Gravité quantique, théorie des cordes
Gerard McKeon	Université Western Ontario	Physique des particules
Brian McNamara	Université de Waterloo	Cosmologie
Roger Melko	Université de Waterloo	Matière condensée
Volodya Miransky	Université Western Ontario	Information quantique
Guy Moore	Université McGill	Physique des particules
Ruxandra Moraru	Université de Waterloo	Mathématiques pures
David Morrissey	Laboratoire TRIUMF	Physique des particules
Norman Murray	Université de Toronto, ICAT	Astrophysique
Wayne Myrvold	Université Western Ontario	Philosophie
Julio Navarro	Université de Victoria	Cosmologie
Elisabeth Nicol	Université de Guelph	Matière condensée
Garnet Ord	Université Ryerson	Fondements de la physique quantique
Maya Paczuski	Université de Calgary	Information quantique
Don Page	Université de l'Alberta	Cosmologie
Prakash Panangaden	Université McGill	Fondements de la physique quantique
Manu Paranjape	Université de Montréal	Physique des particules
Amanda Peet	Université de Toronto	Physique des hautes énergies
Ue-Li Pen	Université de Toronto, ICAT	Cosmologie
Harald Pfeiffer	Université de Toronto, ICAT	Relativité générale numérique

<b>Nom</b>	<b>Institution</b>	<b>Domaine de recherche</b>
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	Physique gravitationnelle
Erich Poppitz	Université de Toronto	Physique des hautes énergies
David Poulin	Université de Sherbrooke	Fondements de la physique quantique
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 des cordes
Barry Sanders	Université de Calgary	Information quantique
Veronica Sanz	Université York	Physique des particules, physique des hautes énergies
Kristin Schleich	Université de la Colombie-Britannique	Relativité générale
Achim Schwenk	Laboratoire TRIUMF	Physique des particules
Douglas Scott	Université de la Colombie-Britannique	Cosmologie
Sanjeev Seahra	Université du Nouveau-Brunswick	Cosmologie, gravité quantique
Gordon Semenoff	Université de la Colombie-Britannique	Théorie des cordes
Kris Sigurdson (jusqu'au 1 <sup>er</sup> mai 2011)	Université de la Colombie-Britannique	Cosmologie, physique des particules
John Sipe	Université de Toronto	Fondements de la physique quantique, matière condensée
Philip Stamp	Université de la Colombie-Britannique	Cosmologie
Aephraim Steinberg	Université de Toronto	Optique quantique

<b>Nom</b>	<b>Institution</b>	<b>Domaine de recherche</b>
Alain Tapp	Université de Montréal	Information quantique
James Taylor	Université de Waterloo	Cosmologie
Mark Van Raamsdonk	Université de la Colombie-Britannique	Théorie des cordes
Johannes Walcher	Université McGill	Théorie des cordes
Mark Walton	Université de Lethbridge	Théorie des cordes
John Watrous	Université de Waterloo	Information quantique
Steve Weinstein	Université de Waterloo	Fondements de la physique quantique
Lawrence Widrow	Université Queen's	Astrophysique
Frank Wilhelm	Université de Waterloo, IQC	Information quantique, matière condensée
Don Witt	Université de la Colombie-Britannique	Physique des particules, théorie des cordes
Bei Zeng	Université de Guelph	Information quantique

## **Annexe D : Membres du conseil d'administration de l'Institut Périmètre**

**Mike Lazaridis, O.C., O.Ont., président**, est le fondateur, président et codirecteur général de la société Research In Motion (RIM). Visionnaire, innovateur et ingénieur de grand talent, il a reçu de nombreux prix et distinctions dans le monde de la technologie et de l'entreprise, et il a été fait Officier de l'Ordre du Canada. Chez RIM, M. Lazaridis dirige la recherche-développement, la stratégie des produits et la fabrication des appareils sans fil BlackBerry<sup>MD</sup> connus dans le monde entier.

**Donald W. Campbell** est le conseiller stratégique principal chez Davis LLP. Avant d'entrer chez Davis, il était vice-président directeur chez CAE inc., dont il dirigeait les activités liées aux marchés publics dans le monde entier. M. Campbell est entré chez CAE après une brillante carrière au ministère canadien des Affaires étrangères et du Commerce international, au cours de laquelle il a notamment été ambassadeur du Canada au Japon.

**Cosimo Fiorenza, vice-président**, est vice-président et avocat-conseil chez Infinite Potential Group. Il est également actif au sein de plusieurs organisations sans but lucratif et caritatives publiques, dont le Barreau du Haut-Canada, le Centre pour l'innovation en matière de gouvernance internationale, l'Institut d'informatique quantique et plusieurs fondations familiales privées. M. Fiorenza a obtenu un diplôme en administration des affaires à l'Université Lakehead et un diplôme en droit à l'Université d'Ottawa.

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

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

**Barbara Palk** a récemment pris sa retraite comme présidente de TD Gestion de placements inc., l'une des principales entreprises canadiennes de gestion de portefeuille, 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) et membre de la Société des analystes financiers de Toronto. À l'heure actuelle, Mme Palk est vice-présidente du conseil d'administration de l'Université Queen's et présidente de son comité d'investissement, de même que membre des conseils d'administration du Festival Shaw 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 la vérification chez KPMG dans la région du Grand Toronto. Au cours de ses 35 ans de carrière, il a assisté des organisations 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 E : Membres du comité consultatif scientifique de l'Institut Périphère**

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

**Michael Peskin, président du comité**, Laboratoire national de l'accélérateur SLAC (membre depuis 2008)

Les domaines de recherche du professeur Peskin englobent tous les aspects de la physique théorique des particules élémentaires, mais plus particulièrement la nature des nouvelles particules et forces élémentaires qui seront découvertes avec la génération à venir de collisionneurs de protons et d'électrons. Il a été membre junior de la Harvard Society of Fellows de 1977 à 1980, et a été élu membre de l'Académie américaine des arts et des sciences en 2000. Il est coauteur d'un manuel, largement utilisé, sur la théorie quantique des champs.

**Gerard Milburn, ancien président du comité**, Université du Queensland (membre de 2007 à 2010)

Les domaines de recherche du professeur Milburn sont notamment l'optique quantique, la mesure quantique et les processus stochastiques, l'information quantique et le calcul quantique. Il a publié dans des revues internationales plus de 200 articles qui ont fait l'objet de plus de 6000 citations. Il est également auteur ou co-auteur de plusieurs ouvrages, dont deux destinés à expliquer les phénomènes quantiques et leur potentiel au grand public.

**Abhay Ashtekar**, Université de l'État de la Pennsylvanie (membre de 2008 à 2010)

M. Ashtekar a le titre de professeur Eberly de sciences physiques et dirige l'Institut de physique et géométrie gravitationnelles à l'Université de l'État de la Pennsylvanie. En tant que créateur des variables d'Ashtekar, il est l'un des fondateurs de la théorie de la gravitation quantique à boucles, dont il a écrit plusieurs descriptions accessibles aux non-physiciens.

**Sir Michael Berry**, Université de Bristol (membre depuis 2009)

Sir Michael Berry est professeur émérite de l'Université de Bristol. Il est l'auteur de nombreuses contributions importantes à la physique semi-classique (physique asymptotique, chaos quantique) appliquée aux phénomènes ondulatoires en mécanique quantique et dans d'autres domaines tels que l'optique. Il est bien connu pour la découverte de la phase de Berry, phénomène qui a trouvé de nombreuses applications en physique atomique, nucléaire et corpusculaire, en optique ainsi que dans le domaine de la matière condensée. Il a été élu membre de la Société royale de Londres en 1982 et fait chevalier en 1996. Entre autres distinctions, il a reçu les médailles Dirac de l'Institut de physique (1990) et de l'ICTP (1996), le prix Lilienfeld (1990), le prix Wolf (1998) et le prix Polya de la Société mathématique de Londres (2005).



**Matthew Fisher**, Institut de technologie de la Californie (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. En 2003, il a été élu membre de l'Académie américaine des arts et des sciences. Matthew Fisher est l'auteur de plus de 150 publications.

**Brian Greene**, Université Columbia (membre depuis 2010)

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

**Gerard 't Hooft**, Université d'Utrecht (membre de 2008 à 2010)

Les recherches du professeur 't Hooft portent sur les théories de jauge en physique des particules élémentaires, la gravité quantique et les trous noirs, de même que sur les aspects fondamentaux de la physique quantique. Ses contributions scientifiques ont été largement récompensées, notamment par la médaille Benjamin Franklin, ainsi que le prix Nobel de physique 1999, pour « avoir élucidé la structure quantique des interactions électrofaibles en physique ».

**Igor R. Klebanov**, Université de Princeton (membre de 2007 à 2010)

Les recherches du professeur Klebanov ont porté sur de nombreux aspects de la physique théorique et se concentrent actuellement sur les relations entre la théorie des supercordes et la théorie quantique des champs. Il a actuellement le titre de professeur Thomas-D.-Jones de physique mathématique à l'Université de Princeton. Il a apporté de nombreuses contributions très appréciées sur la dualité entre théories de jauge et cordes.

**Renate Loll**, Université d'Utrecht (membre depuis 2010)

Mme Loll est professeure de physique théorique à l'Institut de physique théorique, au sein de la Faculté de physique et d'astronomie de l'université d'Utrecht. Ses recherches portent principalement sur la gravité quantique et sur la conception d'une théorie cohérente qui décrit 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 gravité quantique par l'approche des triangulations dynamiques causales. Renate Loll dirige l'un des plus grands groupes de recherche au monde sur la gravité quantique non perturbative, et 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 distingué de l'Institut Péri-mètre et membre du corps professoral du programme PSI de l'Institut.

**John Preskill**, Institut de technologie de la Californie (membre depuis 2009)

M. Preskill a le titre de professeur Richard-P-Feynman de physique théorique et est directeur de l'Institut d'informatique quantique de Caltech. Jusqu'au milieu des années 1990, ses recherches ont porté sur les particules élémentaires, la cosmologie et la gravitation. Parmi ses nombreuses contributions, mentionnons : ses travaux sur les monopôles magnétiques superlourds au commencement de l'univers, qui ont conduit à la théorie de l'expansion de l'univers; la proposition selon laquelle les axions pourraient faire partie de la matière sombre froide; la théorie des symétries discrètes locales. Depuis le milieu des années 1990, John Preskill s'intéresse aux problèmes mathématiques liés au calcul quantique et à la théorie de l'information quantique. Parmi ses nombreuses distinctions, il a été récipiendaire d'une bourse de recherche Sloan, il a reçu à deux reprises le prix d'enseignement de l'Association des étudiants de Caltech et il a été élu membre de la Société américaine de physique. Il a également été le conférencier Morris-Loeb à l'Université Harvard en 2006.

**David Spergel**, Université de Princeton (membre depuis 2009)

M. Spergel a le titre de professeur Charles-Young d'astronomie à l'Université de Princeton, dont il dirige le département d'astrophysique. Il est connu pour ses travaux dans le cadre de la mission de la sonde d'étude de l'anisotropie du fond diffus cosmologique WMAP (*Wilkinson Microwave Anisotropy Probe*). David Spergel est boursier de la Fondation MacArthur et membre de l'Académie nationale des sciences des États-Unis. Il préside actuellement le sous-comité d'astrophysique du conseil consultatif de la NASA. Il a reçu, conjointement avec Charles L. Bennett et Lyman A. Page Jr., le prix Shaw 2010 d'astronomie, pour sa contribution à la mission WMAP, qui a permis de déterminer avec précision les paramètres cosmologiques fondamentaux, dont la géométrie, l'âge et la composition de l'univers.

**Erik Peter Verlinde**, Université d'Amsterdam (membre depuis 2010)

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

**Birgitta Whaley**, Université de la Californie à Berkeley (membre depuis 2010)

Mme Whaley est professeure au Département de chimie de l'Université de la Californie à Berkeley, où elle est directrice du Centre d'informatique quantique. Ses recherches portent sur la compréhension et la manipulation de la dynamique quantique des atomes, des molécules et des nanomatériaux dans des

environnements complexes afin d'explorer les problèmes fondamentaux du comportement quantique. Elle est l'auteure de contributions majeures à l'analyse et au contrôle de la décohérence et de l'universalité en traitement de l'information quantique, ainsi qu'à l'analyse de la mise en œuvre physique du calcul quantique. Birgitta Whaley est également connue pour sa théorie de la solvation moléculaire dans des systèmes d'hélium superfluide à l'échelle nanométrique. Ses recherches actuelles portent sur les aspects théoriques de la science de l'information quantique, sur la simulation quantique de phases topologiques exotiques, ainsi que sur l'exploration des effets quantiques dans des systèmes biologiques.