



Rapport annuel à Industrie Canada 2009-2010

Présentant les objectifs, activités et états financiers
pour l'exercice du 1^{er} août 2009 au 31 juillet 2010 et
l'énoncé des objectifs pour l'exercice suivant et pour l'avenir

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

Table des matières

| | |
|---|----|
| Sommaire | 1 |
| Vue d'ensemble de l'Institut Perimeter | 3 |
| Énoncé des objectifs pour 2009-2010 | 5 |
| Moments forts de la recherche | 7 |
| Prix, distinctions et bourses de recherche | 14 |
| Recrutement de professeurs | 16 |
| Recrutement de professeurs associés | 18 |
| Cycle de formation PSI (Perimeter Scholars International) | 22 |
| Post-doctorants | 24 |
| Programme postdoctoral de physiciens résidents (une nouvelle initiative) | 24 |
| Programme GO (une nouvelle initiative) | 24 |
| Programme de maîtrise et de doctorat | 25 |
| Premier séjour du professeur Stephen Hawking à l'Institut Perimeter | 26 |
| Attributions de chaires de chercheur distingué | 27 |
| Programme de chercheurs invités | 30 |
| Initiative mondiale de diffusion des connaissances | 32 |
| Collaborations et partenariats | 34 |
| Collaboration avec les grands centres d'expérimentation | 38 |
| Programme des membres affiliés de l'Institut Perimeter | 38 |
| Numéro spécial de <i>La Physique au Canada</i> | 39 |
| Visites de représentants officiels et de journalistes du monde entier | 39 |
| Conférences et ateliers | 41 |
| Séminaires et colloques | 42 |
| Cours | 43 |
| Programmes et ressources pour les enseignants | 45 |
| Programmes et produits destinés aux élèves du secondaire | 47 |
| Ressources en ligne | 48 |
| Programmes destinés au grand public | 50 |
| Expansion de l'infrastructure et des services informatiques | 54 |
| Campagne <i>Expanding the Perimeter</i> | 56 |
| Vue d'ensemble des états financiers, des dépenses, des critères et de la stratégie d'investissement | 57 |

| | |
|---|----|
| Charges par activité | 61 |
| Critères appliqués aux activités admissibles..... | 62 |
| Suivi interne des résultats..... | 62 |
| Suivi externe des résultats | 62 |
| Stratégie d'investissement..... | 64 |
| Partenariat public-privé | 64 |
| Gouvernance..... | 64 |
| Investissement et gestion des fonds..... | 65 |
| Objectifs pour 2010-2011 | 66 |
| Énoncé des objectifs pour 2010-2011 | 66 |
| Professeurs..... | 67 |
| Professeurs associés | 71 |
| Annexe B – Titulaires de chaires de chercheur distingué de l'Institut Perimeter | 76 |
| Annexe C – Membres affiliés de l'Institut Perimeter..... | 81 |
| Annexe E – Membres du Comité consultatif scientifique de l'Institut Perimeter | 88 |

Sommaire

L'exercice 2009-2010 a marqué le 10^e anniversaire de l'Institut Perimeter pour la physique théorique (PI), qui constitue depuis sa fondation un co-investissement public-privé sans précédent dans la physique théorique fondamentale, un domaine extrêmement fructueux qui a fait preuve d'une capacité incomparable à engendrer des innovations dans l'ensemble des sciences et technologies.

L'Institut vise principalement à créer et pérenniser un centre d'envergure mondiale pour la recherche fondamentale et la diffusion des connaissances en physique théorique, avec pour mission de promouvoir l'excellence dans la recherche et de favoriser les grandes découvertes scientifiques.

Le présent document rend compte des progrès accomplis pendant l'exercice 2009-2010 (du 1^{er} août 2009 au 31 juillet 2010) en ce qui concerne les objectifs énoncés dans son Rapport annuel à Industrie Canada de l'exercice précédent.

Au cours de l'exercice écoulé, l'Institut a réalisé d'excellents progrès vers chacun des objectifs fixés dans son Rapport annuel de l'exercice précédent, en obtenant les résultats attendus dans chaque domaine. Ces succès indiquent clairement que la planification stratégique de l'Institut est à la fois judicieuse et efficace, et qu'il est sur la bonne voie pour réaliser ses objectifs à long terme.

Principales réalisations de l'exercice 2009-2010

- ✓ Production d'une recherche du plus haut niveau, avec 271 publications qui ont fait avancer l'exploration de quelques-unes des interfaces les plus prometteuses de la physique théorique.
- ✓ Poursuite de l'approfondissement de l'expertise dans un ensemble unique au monde de domaines de recherche stratégiquement interdépendants.
- ✓ Renforcement du personnel de recherche de l'Institut vers la masse critique, par la nomination de deux professeurs, trois professeurs associés et 14 post-doctorants nouvellement recrutés.
- ✓ Attribution de chaires de chercheur distingué à dix autres physiciens de classe mondiale faisant de l'Institut Perimeter leur seconde résidence de recherche, et premier séjour à l'Institut, et au Canada, du professeur Stephen Hawking, titulaire de l'une de ces chaires.
- ✓ Création d'un nouvel afflux de talents scientifiques vers le Canada grâce au programme PSI (Perimeter Scholars International), un nouveau cycle intensif et innovant de formation à la recherche de niveau maîtrise, dont la première promotion comptait 28 étudiants brillants venus de 16 pays
- ✓ Renforcement du rôle de l'Institut comme centre de convergence pour la recherche en physique fondamentale au Canada par le corecrutement de professeurs associés, l'établissement du

nouveau cycle de maîtrise PSI, l'enseignement de dix cours de niveau avancé et l'organisation conjointe de neuf conférences et ateliers.

- ✓ Accueil de 387 chercheurs invités, dont 350 invités à court terme, 17 invités à long terme et 15 titulaires de chaire de chercheur distingué de l'Institut Perimeter.
- ✓ Organisation en temps opportun de 15 conférences, ateliers et stages d'été ciblés, auxquels ont participé plus de 691 chercheurs du monde entier, ainsi que de 242 conférences scientifiques.
- ✓ Lancement d'un nouveau programme mondial de diffusion des connaissances pour partager les connaissances et l'expertise en matière de recherche, de formation, d'enseignement et de communication avec les centres de recherches mathématiques et scientifiques émergents à l'échelle internationale, et obtention auprès du gouvernement du Canada d'une enveloppe de 20 millions de dollars destinée à l'initiative *À la recherche du prochain Einstein* de l'Institut africain des sciences mathématiques (AIMS-NEI).
- ✓ Organisation d'un grand festival scientifique public intitulé *Quantum to Cosmos : Ideas For the Future* (Du quantum au cosmos : des idées pour l'avenir), qui a rassemblé plus de 40 000 visiteurs sur place et touché plus d'un million d'internautes et de téléspectateurs, et sortie d'un documentaire télévisuel d'une heure, *Les dompteurs de l'invisible (The Quantum Tamers)*, qui a remporté quatre prix internationaux à ce jour.
- ✓ Distribution de produits et programmes de haute qualité à un nombre croissant de professeurs de sciences du secondaire dans le cadre des ateliers EinsteinPlus et du développement du nouveau Réseau d'enseignants de l'Institut Perimeter.
- ✓ Éveil et sensibilisation des jeunes à l'importance et à la puissance de la recherche et de l'innovation par la tenue de l'École d'été internationale pour jeunes physiciens et physiciennes (ISSYP, pour *International Summer School for Young Physicists*), par les présentations *Physica Phantastica* et *Power of Ideas* données à travers le Canada, et par la création de nouvelles ressources d'enseignement en classe et en ligne telles que le module intitulé *The Challenge of Quantum Reality*, la série d'entretiens *Meet a Scientist* (Rencontre avec un scientifique), l'ISSYP virtuelle et la nouvelle série animée *Alice and Bob in Wonderland*.
- ✓ Exécution des premières phases de la construction du Centre Stephen Hawking à l'Institut Perimeter (*The Stephen Hawking Centre at Perimeter Institute*), une grande expansion des installations, dans le respect des délais et du budget et en obtenant le tout premier Sceau d'or de l'Association canadienne de la construction à être décerné en Ontario, ce qui témoigne de la qualité des travaux.
- ✓ Lancement d'une grande campagne de dotation.

Vue d'ensemble de l'Institut Perimeter

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

– New Scientist, novembre 2008

La physique théorique est l'une des disciplines scientifiques qui offrent l'impact le plus élevé au moindre coût. Une seule découverte majeure en physique théorique peut suffire à changer le monde, comme lorsque la théorie unifiée de l'électricité et du magnétisme proposée par Maxwell a été mise en application par Marconi pour réaliser les premières transmissions radio, ou lorsque les nouvelles idées d'Einstein sur la nature particulaire de la lumière ont conduit à l'invention du laser, des appareils d'imagerie médicale, des lecteurs de CD et de bien d'autres merveilles technologiques.

Aujourd'hui, la théorie quantique ouvre la voie à la création de nouveaux matériaux aux propriétés extraordinaires, ainsi que d'ordinateurs et systèmes de communications infiniment plus puissants que ceux dont nous disposons actuellement. La physique théorique apporte des concepts essentiels à de nombreuses disciplines allant de l'astronomie aux neurosciences, en passant par les mathématiques pures et l'informatique. C'est avant tout une discipline créative, qui ne cesse de se réinventer, de percer plus profondément les secrets de la nature tout en élargissant son champ d'application.

L'Institut Perimeter (PI) est un organisme de recherche indépendant fondé en 1999 qui se concentre sur les principaux défis du 21^e siècle en physique théorique fondamentale, c'est-à-dire sur les découvertes conduisant à une compréhension approfondie des lois de la physique quantique et de leur cadre espace-temps. Cette mission s'appuie sur les deux piliers de la physique du 20^e siècle : la théorie quantique, qui décrit le comportement de la matière et de l'énergie à l'échelle atomique et subatomique, et la relativité générale, qui décrit la gravité, les étoiles, les galaxies et l'univers lui-même. Les deux théories prédisent un immense éventail d'observations avec une précision extraordinaire. Cependant, l'un des plus grands problèmes non résolus de la physique théorique moderne, et l'un des principaux objectifs de l'Institut Perimeter, est la découverte d'un modèle cohérent unifiant ces deux théories. Cette question est essentielle à la résolution des énigmes fondamentales de l'univers physique, depuis la compréhension de l'énergie sombre qui détermine l'évolution du cosmos jusqu'à l'établissement de la nature essentielle des forces et de la matière aux échelles subatomiques infinitésimales. L'histoire a montré à maintes reprises l'effet transformateur des réponses à de telles questions.

Le versant complémentaire de la mission de l'Institut Perimeter est une diffusion des connaissances qui sensibilise à l'importance de la recherche fondamentale et fait partager les joies de la découverte et la puissance pérenne des idées nouvelles. L'Institut Perimeter joue un rôle moteur par la création et la mise en œuvre de programmes novateurs destinés à motiver et inspirer les élèves, les étudiants, les enseignants et le grand public au Canada et ailleurs.

Une décennie de succès

Dix ans après sa création, l'Institut Perimeter est un centre international de recherche scientifique fondamentale de grande renommée qui représente un exemple innovant et réussi de partenariat public-privé canadien unissant gouvernement et philanthropes dans le but commun d'assurer la réalisation du potentiel transformateur de la recherche scientifique.

Pendant sa première décennie, l'Institut Perimeter est parvenu à :

- ✓ attirer au Canada des scientifiques de premier plan mondial, non seulement en inversant la fuite des cerveaux, mais aussi en devenant un puissant pôle d'attraction pour les scientifiques de talent, comme l'illustre la décision du professeur Stephen Hawking de faire de l'Institut Perimeter, et du Canada, sa seconde résidence de recherche;
- ✓ catalyser la création de l'Institut d'informatique quantique, le partenaire de l'Institut Perimeter en physique expérimentale;
- ✓ devenir un centre de formation de grand renom pour les jeunes chercheurs scientifiques;
- ✓ augmenter la qualité et la productivité de la recherche dans l'ensemble de l'Ontario et à l'échelle nationale grâce à des nominations conjointes et à des liens de collaboration avec les autres établissements canadiens;
- ✓ devenir un centre international d'échanges scientifiques réunissant chaque année des centaines de chercheurs venus de tout le Canada et du monde entier pour explorer ensemble les nouvelles voies de recherche les plus prometteuses;
- ✓ créer des programmes primés de diffusion de connaissances apportant des ressources pédagogiques exceptionnelles aux enseignants et aux élèves et offrant au grand public des événements et programmes captivants;
- ✓ soumettre chaque progrès à l'évaluation indépendante de pairs et à l'examen rigoureux d'un Comité consultatif scientifique composé de chercheurs de stature mondiale, dont trois lauréats du prix Nobel.

À la fin de l'exercice 2009-2010, le personnel de recherche de l'Institut Perimeter se composait de 12 professeurs à plein temps, 12 professeurs associés nommés conjointement avec d'autres établissements, et 47 post-doctorants.

L'Institut Perimeter est désormais l'un des centres de formation en physique théorique les plus importants du monde : il héberge le plus grand groupe de post-doctorants indépendants en physique théorique et, avec près de 60 étudiants dans ses cycles de maîtrise et de doctorat, il joue un rôle de plus

en plus essentiel dans le renforcement des capacités de développement scientifique et d'innovation du Canada.

Résolument tourné vers l'avenir, l'Institut Perimeter s'est engagé dans un ambitieux plan stratégique pour établir pleinement sa position de plus grand centre mondial de recherche, de formation et de diffusion des connaissances en physique théorique fondamentale. Dans cette optique, il a entrepris d'étendre ses capacités par la création du Centre Stephen Hawking à l'Institut Perimeter (*The Stephen Hawking Centre at Perimeter Institute*) et par le lancement d'une grande campagne de dotation destinée à élargir sa base de financement, en espérant ainsi réunir des partenaires publics et privés et attirer les meilleurs esprits scientifiques au monde, l'objectif commun étant de réaliser des découvertes fondamentales qui transformeront notre avenir.

Énoncé des objectifs pour 2009-2010

- Objectif 1** **Réaliser des percées scientifiques majeures** en continuant à se concentrer sur les moyens de faire progresser la recherche fondamentale, en encourageant les approches complémentaires et multidisciplinaires, et en engendrant un climat de collaboration qui maximise la fertilisation croisée des idées et augmente les chances de réaliser de grandes découvertes.
- Objectif 2** **Devenir la résidence de recherche d'une masse critique de physiciens théoriciens de premier rang mondial** en poursuivant les initiatives de recrutement de haut niveau, en offrant des possibilités de collaboration et d'interaction inégalées, et en favorisant les liens de coopération dans l'ensemble de la communauté scientifique au Canada et dans le monde.
- Objectif 3** **Devenir un incubateur des talents les plus prometteurs** en poursuivant notre engagement à recruter les post-doctorants les plus prometteurs, en facilitant la collaboration des chercheurs avec les centres d'observation et d'expérimentation, en attirant et formant de brillants jeunes diplômés dans notre cycle PSI et en recrutant les meilleurs comme doctorants, ainsi qu'en offrant des possibilités de formation à la recherche à des étudiants de premier cycle pleins de promesses.
- Objectif 4** **Devenir la seconde résidence de recherche d'un grand nombre de théoriciens du monde** en continuant à attribuer des chaires de chercheur distingué à des scientifiques de premier plan, en attirant des chercheurs invités, et en concluant des accords qui encouragent les activités conjointes entre les chercheurs de l'Institut et ceux d'autres grands établissements du monde.

- Objectif 5** **Servir de lieu de convergence à un réseau mondial de centres de physique théorique** en cultivant les partenariats et les possibilités de collaboration avec les établissements de tous les pays, développés ou en développement. L'Institut Perimeter est bien placé pour faciliter la création d'un tel réseau international, en positionnant ainsi le Canada au premier rang mondial pour la promotion de la science fondamentale.
- Objectif 6** **Renforcer le rôle de l'Institut comme centre de convergence pour la recherche en physique fondamentale au Canada** en continuant à développer les liens nationaux et internationaux, en tirant un parti maximum des technologies permettant la participation à distance et en favorisant les interactions entre ses professeurs et ses membres affiliés dans tout le pays.
- Objectif 7** **Organiser en temps opportun des conférences, ateliers, séminaires et cours ciblés** en se concentrant sur des ateliers sans équivalent aucun où des scientifiques de premier plan discutent des sujets les plus brûlants et partagent leurs résultats de recherche, ainsi que sur un programme de séminaires dynamiques et des cours de cycles supérieurs soigneusement sélectionnés pour lesquels les étudiants reçoivent des unités de valeur dans les universités environnantes.
- Objectif 8** **Mener une action de diffusion des connaissances à fort impact** en communiquant l'importance de la recherche fondamentale et la puissance de la physique théorique au grand public, en préparant au domaine de jeunes Canadiens et Canadiennes brillants et talentueux (en collaboration avec un réseau national d'enseignants qu'il soutient par ses ateliers de formation continue et ses ressources pédagogiques), et en guidant les plus doués des élèves à l'esprit scientifique vers une carrière en physique théorique. L'Institut Perimeter servira également de source internationale d'expertise en matière de diffusion des connaissances pour les centres d'excellence émergents dans le monde en développement, et offrira un éventail de ressources aussi bien en ligne qu'à travers une sélection de présentations lors des grandes rencontres internationales du monde de l'éducation.
- Objectif 9** **Créer l'environnement et l'infrastructure idéaux pour soutenir l'excellence de la recherche en physique théorique** en poursuivant la construction du Centre Stephen Hawking à l'Institut Perimeter, une expansion des installations qui apportera les espaces et technologies de recherche productifs nécessaires pour maximiser les possibilités de percées scientifiques.

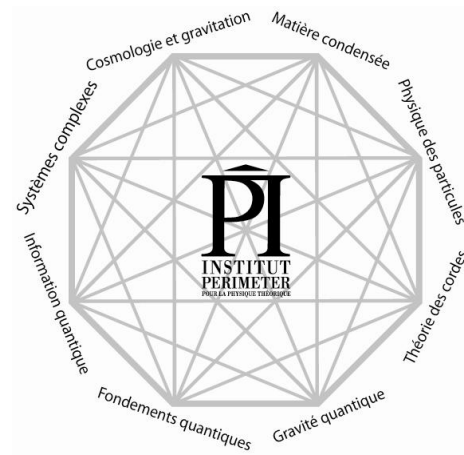
Objectif 1 – Réaliser des percées scientifiques majeures

Résumé des réalisations

- Contribution au progrès de la recherche fondamentale par la publication de 271 articles de haut niveau qui ont fait l'objet de 533 citations au cours de l'exercice 2009-2010. Depuis la création de l'Institut Perimeter, ses chercheurs ont fait paraître 1 472 articles dans 50 revues, et ces publications ont fait l'objet de 26 430 citations¹ à ce jour, ce qui témoigne de l'importance et de l'impact à long terme de leurs recherches.

Faits saillants

Moments forts de la recherche



Au cours de l'exercice, l'Institut Perimeter a continué à promouvoir les approches collaboratives interdisciplinaires visant à résoudre quelques-uns des problèmes les plus complexes rencontrés dans ce domaine. Le diagramme ci-dessus représente l'espace de recherche de l'Institut Perimeter, qui favorise les éclairages nouveaux, voire les éclairs de génie, au carrefour de domaines stratégiquement interconnectés. Ce groupement de domaines de recherche est unique au monde et constitue un tout beaucoup plus grand que la somme de ses parties, qui permet aux éclairages de l'une de favoriser le progrès et l'innovation dans toutes les autres.

¹ D'après les bases de données Google Scholar et SPIRES au 31 juillet 2010. Chaque publication n'a été comptée qu'une seule fois, quel que soit le nombre de chercheurs de l'Institut Perimeter qui y ont collaboré

Cette vision stratégique à long terme permet au Canada de jouer un rôle de premier plan dans la recherche fondamentale en physique et dans les technologies qui pourraient en découler, aujourd'hui et dans l'avenir.

Les chercheurs de l'Institut Perimeter sont actuellement en tête des avancées à quelques-unes des interfaces les plus actives de la physique fondamentale. L'environnement pluridisciplinaire incomparable de l'Institut s'est avéré essentiel à la réalisation d'un certain nombre de découvertes importantes, dont plusieurs exemples sont présentés ci-dessous.

« Gauge Theory Loop Operators and Liouville Theory » [Les opérateurs de boucle en théorie de jauge et la théorie de Liouville], de Jaume Gomis (Institut Perimeter), Takuya Okuda (Institut Perimeter), Nadav Drukker (Humboldt Universität zu Berlin) et Joerg Teschner (Deutsches Elektronen-Synchrotron) [arXiv:0909.1105]

La théorie de jauge est le cadre théorique sous-jacent qui décrit les quatre forces élémentaires de la nature. L'une d'elles est l'interaction forte, décrite par la chromodynamique quantique (ou QCD, pour *Quantum ChromoDynamics*). Même si les prédictions de la chromodynamique quantique ont fait l'objet d'une vérification expérimentale intensive, il reste un problème essentiel à résoudre : celui de la description théorique du régime de couplage fort à l'origine du confinement des quarks, un important phénomène observé expérimentalement.

Dans les années 1970, le professeur Gerard 't Hooft, lauréat du prix Nobel, a introduit en théorie de jauge un nouveau type d'opérateurs magnétiques spécialement conçus pour étudier le confinement des quarks (aujourd'hui appelés « opérateurs de 't Hooft »). Dans la présente étude, le professeur Jaume Gomis, en collaboration avec M. Takuya Okuda, post-doctorant à l'Institut Perimeter, et avec d'autres chercheurs dans le monde, a proposé la première formule exacte pour décrire le comportement quantique des opérateurs de 't Hooft dans une large classe de théories de jauge supersymétriques en quatre dimensions.

Il s'agit du premier résultat exact obtenu pour cette importante classe d'observables en théories de jauge, et de l'une des très rares quantités calculées avec exactitude dans ces théories. L'étude a introduit un outil innovant pour le calcul de nouvelles quantités exactes en théories de jauge supersymétriques et, en établissant un lien entre les opérateurs de 't Hooft en théories de jauge et les opérateurs de défaut en théorie des champs en deux dimensions, elle apporte un cadre théorique dans lequel appréhender les propriétés physiques des opérateurs de 't Hooft. Ces travaux apportent également un nouvel éclairage sur la nature possible de la relation entre régimes de couplage fort et faible.

Publié dans le *Journal of High Energy Physics* (JHEP 1002, 2010), l'article a suscité beaucoup d'intérêt à travers le monde et figure au classement des 50 articles les plus cités (TopCite 50+) de la base de données SPIRES gérée par le Centre de l'accélérateur linéaire de Stanford (SLAC). Le professeur Gomis a

été invité à présenter ces résultats dans le cadre de plusieurs congrès internationaux, dont *Strings 2010*, le plus important dans ce domaine.

« Y-system for Scattering Amplitudes » [Système de fonctions Y pour amplitudes de diffusion], de Luis F. Alday (Institute for Advanced Study [IAS]), Juan Maldacena (IAS), Amit Sever (Institut Perimeter) et Pedro Vieira (Institut Perimeter) [arXiv:1002.2459]

Avec leur système de fonctions Y pour amplitudes de diffusion, Pedro Vieira et Amit Sever, respectivement professeur et post-doctorant à l'Institut Perimeter, en collaboration avec Luis Alday et Juan Maldacena, de l'IAS de Princeton, ont calculé l'aire minimale des surfaces se terminant sur une classe spéciale de polygones à la frontière d'une courbure négative constante de l'espace-temps appelée « espace anti de Sitter » (espace AdS)

Ces travaux constituent une avancée majeure pour plusieurs raisons. Ils généralisent le problème de l'aire minimale (également appelé problème de Plateau) à un espace-temps courbe. Le problème de l'aire minimale est un problème géométrique important en calcul des variations, un ensemble de méthodes mathématiques utilisé dans plusieurs domaines, tel que celui des sciences de l'ingénieur. Le type d'espace-temps envisagé joue un rôle central dans la correspondance AdS-CFT, proposée par le professeur Maldacena en 1997, qui pose une double description de certaines théories corpusculaires en postulant l'équivalence entre une théorie quantique gravitationnelle (théorie des cordes) et une théorie non gravitationnelle dans l'espace-temps AdS. Les résultats ont donné la solution du calcul des boucles de Wilson polygonales (d'importants objets non locaux) en couplage fort dans les théories corpusculaires avec duals d'espace AdS. Cela permet pour la première fois aux amplitudes de diffusion de gluons (les observables les plus centraux en physique des particules) d'être calculées en couplage fort, quel que soit le nombre de particules et dans tout modèle cinématique en physique des particules avec duals d'espace AdS.

Ces travaux constituent le premier exemple d'utilisation efficace de l'intégrabilité classique dans le calcul des amplitudes de diffusion pour les modèles cinématiques génériques, et le professeur Maldacena les a présentés à l'occasion du congrès *Strings 2010*, le plus important dans ce domaine. On espère que l'intégrabilité quantique de ces modèles pourra servir à un traitement entièrement quantique des amplitudes de diffusion et des boucles de Wilson pour toute valeur du couplage. Une telle réalisation constituerait la première solution complète d'un modèle théorique corpusculaire non trivial. Le travail de suivi est en cours et l'article intitulé « An Operator Product Expansion for Polygonal null Wilson Loops » [Un développement de produits d'opérateurs pour les boucles de Wilson polygonales à arêtes nulles] (Luis F. Alday, Davide Gaiotto, Juan Maldacena, Amit Sever et Pedro Vieira [arXiv:1006.2788]), qui constitue une étape vers cet objectif ambitieux, a été présenté à l'*IGST 2010*, le principal congrès sur l'intégrabilité dans les théories de jauge et de cordes.

Cette collaboration a également fait naître un partenariat productif avec l'Institute for Advanced Study (voir objectif 5). Dans le cadre de ce partenariat, l'Institut Perimeter et l'IAS ont convenu de tenir alternativement une série d'ateliers intitulée *Intégrabilité et amplitudes de diffusion*. Le premier de ces

ateliers s'est tenu à l'IAS les 8 et 9 avril 2010, et le prochain aura lieu à l'Institut Perimeter les 15 et 16 septembre 2010.

L'environnement scientifique de l'Institut Perimeter a largement contribué à favoriser cette recherche. Par exemple, le professeur Juan Maldacena, un expert de classe mondiale, a séjourné à l'Institut Perimeter pour effectuer une recherche intensive dont le compte rendu a été corédigé avec Davide Gaiotto, qui prendra bientôt un poste d'enseignant à l'Institut. Ce travail est aussi étroitement lié à celui du professeur Freddy Cachazo, spécialiste de classe mondiale et enseignant à l'Institut Perimeter, ce qui donne à notre établissement la possibilité de se porter à l'avant-garde des initiatives les plus prometteuses de ce domaine dans l'avenir.

« Perfect Porcupines: Ideal Networks for Low-Frequency Gravitational Wave Astronomy » [Les porcs-épics parfaits : des réseaux idéaux pour l'astronomie des ondes gravitationnelles basse fréquence], de Latham Boyle, soumis à la revue *Physical Review* (2010) [arXiv:1003.4946]

Depuis 400 ans, l'astronomie est fondée sur la détection du rayonnement *électromagnétique*. Aujourd'hui, les physiciens estiment que la détection du rayonnement *gravitationnel* ouvrira une nouvelle fenêtre sur l'univers et donnera naissance à un domaine nouveau : l'astronomie des ondes gravitationnelles. La première détection directe des ondes gravitationnelles devrait s'accomplir dans la décennie en cours au moyen des interféromètres LIGO ou VIRGO. Bien qu'un détecteur d'ondes gravitationnelles pris isolément soit un piètre instrument d'astronomie, il est possible de concevoir des réseaux cohérents composés de détecteurs fonctionnant ensemble pour constituer effectivement des *télescopes* à ondes gravitationnelles. Ces réseaux joueront un rôle central dans l'avenir de l'astronomie des ondes gravitationnelles.

Dans le cadre de ces travaux, le professeur Latham Boyle introduit et développe un nouveau concept qui devrait s'avérer important dans la réalisation future de tels réseaux. Un « porc-épic » est un réseau de détecteurs d'ondes gravitationnelles dans lequel les différents détecteurs et les distances qui les séparent sont de faible longueur par rapport aux longueurs d'onde gravitationnelle examinées (de telle façon que les bras des différents détecteurs constituant le réseau puissent être considérés comme provenant du même point de l'espace, tels les piquants d'un porc-épic en boule). Les ondes gravitationnelles ont généralement des fréquences très faibles (inférieures à 30 Hz) qui correspondent à des longueurs d'onde plus grandes que le rayon terrestre, si bien qu'un réseau de détecteurs basés sur la Terre constituerait automatiquement un porc-épic. Les travaux du professeur Boyle se concentrent sur les « porcs-épics parfaits », des configurations de réseau particulières pour lesquelles la sensibilité du porc-épic à une onde gravitationnelle plane incidente devient totalement indépendante de la direction de propagation ou de la polarisation de celle-ci. Les réseaux présentant cette propriété ont également une série d'autres propriétés souhaitables du point de vue astronomique et constituent l'outil idéal pour l'astronomie des ondes gravitationnelles basse fréquence. Maintenant que ce principe de conception fondamental a été établi, les travaux se poursuivent pour déterminer explicitement les

configurations en porc-épic optimales pouvant être construites à partir d'une série de détecteurs à un seul bras ou de détecteurs à deux bras (tels que LIGO ou VIRGO).

L'ambiance de recherche de l'Institut Perimeter a été essentielle à cette exploration qui, en se concentrant davantage sur les principes de base que sur des expérimentations particulières, a produit des résultats d'une importance capitale pour l'astronomie des ondes gravitationnelles.

« QIP = PSPACE », de Rahul Jain (Université de Californie du Sud), Zhengfeng Ji (Institut Perimeter), Sarvagya Upadhyay (Institut d'informatique quantique) et John Watrous (Institut d'informatique quantique); Actes du 42^e *Symposium on Theory of Computing (STOC 2010)* de l'ACM (Association for Computing Machinery) [arXiv:0907.4737]

Le résultat de ces travaux ont été considérés comme l'un des plus importants de l'année dans le domaine de l'information quantique, et en fait dans tout le champ de l'informatique théorique. Il a été sélectionné pour faire l'objet de l'un des huit exposés présentés par des conférenciers invités au QIP, le grand congrès annuel d'informatique quantique théorique, et il a remporté le prix de la meilleure communication au *Symposium Theory of Computing (STOC 2010)*, l'un des deux congrès les plus prestigieux en informatique théorique.

L'un des principaux sujets de recherche de ces dernières années dans le domaine du traitement de l'information quantique est l'étude de la puissance des preuves interactives quantiques. La classe de complexité PSPACE est celle des algorithmes qui utilisent efficacement l'espace de calcul mais peuvent prendre un temps très long. La classe IP est celle des problèmes pour lesquels un assistant de preuve infiniment puissant (mais potentiellement malhonnête) peut convaincre un vérificateur de puissance limitée de la validité de la réponse par un échange aller-retour de durée raisonnable (appelé « preuve interactive »).

Un résultat essentiel de l'informatique classique est que $IP = PSPACE$, c'est-à-dire que la puissance de calcul d'un échange interactif est équivalente à celle d'un système pouvant réutiliser son espace de calcul un très très grand nombre de fois. Cela signifie qu'on peut en principe utiliser une preuve interactive pour de nombreux problèmes intéressants, comme celui consistant à établir la meilleure stratégie pour certains jeux déterministes à deux joueurs tels que le go. Cela a permis d'aboutir à plusieurs résultats intéressants, notamment la preuve que certains types de problèmes d'optimisation nécessitent un calcul extrêmement complexe pour obtenir ne serait-ce qu'une bonne approximation de la meilleure réponse.

Dans le travail en question, Zhengfeng Ji et ses collaborateurs ont étendu ce résultat au contexte de l'information quantique en démontrant que $QIP = PSPACE$, c'est-à-dire qu'un système de preuve interactive quantique n'est pas plus puissant qu'un système de preuve interactive classique. Ainsi, même si un calculateur quantique peut résoudre certains problèmes beaucoup plus rapidement qu'un calculateur classique, un échange quantique aller-retour ne peut pas convaincre un vérificateur de quelque chose de plus que ne le pourrait un échange classique.

La question était restée sans réponse pendant une décennie, et sa résolution aide à y voir plus clair dans les classes de complexité quantiques et dans leurs relations avec les classes de complexité classiques. Cette preuve utilise la programmation semi-définie, une technique devenue utile en information quantique, tout en contribuant à la développer. Le résultat présente également des liens avec les recherches récentes sur les preuves interactives quantiques à plusieurs assistants de preuve et sur la théorie de la complexité quantique.

Au-delà de son importance scientifique, ce travail constitue une excellente illustration des nombreuses relations productives entre l'Institut Perimeter et son partenaire en physique expérimentale, l'Institut d'informatique quantique (IQC) de l'Université de Waterloo. M. Ji était post-doctorant à l'Institut Perimeter pendant la réalisation de cette recherche, le professeur Watrous est membre affilié de l'Institut Perimeter et enseignant à l'IQC, M. Jain est un ancien post-doctorant de cet établissement, et M. Upadhyay est un doctorant qui y poursuit ses études.

« Ruling Out Multi-Order Interference in Quantum Mechanics » [Exclusion des interférences d'ordre multiple en mécanique quantique], par Urbasi Sinha (Institut d'informatique quantique), Christophe Couteau (Institut d'informatique quantique), Thomas Jennewein (Institut d'informatique quantique), Raymond Laflamme (Institut d'informatique quantique et Institut Perimeter) et Gregor Weihs (Université d'Innsbruck); *Science*, 23 juillet 2010, Vol. 329, n° 5990, p. 418-421 [DOI : 10.1126/science.1190545]

Dans cet article, des chercheurs de l'Institut d'informatique quantique, de l'Institut Perimeter et de l'Université d'Innsbruck rendent compte des résultats de la vérification expérimentale la plus rigoureuse à ce jour de la règle de Born, l'un des principaux postulats de la mécanique quantique.

Ils ont mis au point une variante de la célèbre expérience des fentes de Young, dans laquelle un faisceau de particules subatomiques (de type photons ou électrons) est émis vers un écran à travers deux fentes proches l'une de l'autre. Avec l'émission de nombreuses particules, il se forme une figure d'interférence d'ondes caractéristique, alors que les différentes particules sont émises en série, ce qui témoigne d'une étrange « dualité onde-corpuscule » néanmoins prédite par la mécanique quantique.

La règle de Born est un axiome de la mécanique quantique qui définit la probabilité qu'une mesure effectuée sur un système quantique donne un certain résultat. Dans ce cas, elle dit que l'intensité de la figure d'interférence d'ondes se calcule en mettant au carré la somme des ondes traversant chacune des deux fentes. Cette règle de mise au carré implique que l'interférence quantique se limite à des paires de trajets (ou plus généralement à des paires d'espaces-temps s'excluant mutuellement) et, inversement, que si l'interférence s'avère être limitée à de telles paires, alors il faut qu'une version de la règle de Born soit valide.

Ce travail a été motivé par un postulat antérieur du professeur Rafael Sorkin, chercheur à l'Institut Perimeter, selon lequel une version généralisée de la mécanique quantique pourrait permettre les interférences multitrajets (c'est-à-dire d'ordre supérieur). Si de telles interférences devaient être

observées, la règle de Born ne suffirait pas à calculer correctement les figures d'interférence, et il deviendrait nécessaire de procéder à une révision majeure de la théorie quantique.

L'expérience consistait à envoyer une série de photons à travers trois fentes pour voir si le résultat observé correspond aux prédictions de la théorie quantique. Les photons ont été envoyés à travers les trois paires de fentes possibles, puis avec une seule fente ouverte à la fois, et enfin avec les trois fentes ouvertes (ainsi qu'avec les trois fentes fermées afin d'établir un état de référence). Dans cette situation, une équation simple et très générale exprime l'essence de la règle de Born : la somme des figures d'interférence à 3, 2, 1 et 0 fentes, avec des signes alternants, doit s'annihiler. Les résultats expérimentaux ont confirmé cela à moins de 1 % près, ce qui corrobore les prédictions de la mécanique quantique, tout en ouvrant de nouvelles voies pour explorer celle-ci avec encore plus de précision. Ce travail occupe une importance fondamentale dans la quête actuelle d'une théorie unifiée de la mécanique quantique et de la gravitation, qui est l'un des principaux objectifs de la physique théorique.

« A quantum Bose-Hubbard model with evolving graph as toy model for emergent spacetime » [Un modèle de Bose-Hubbard quantique à graphe évolutif comme modèle-jouet de l'espace-temps émergent], de Alioscia Hama (Institut Perimeter), Fotini Markopoulou (Institut Perimeter), Seth Lloyd (MIT), Francesco Caravelli (Institut Perimeter), Simone Severini (Institut d'informatique quantique), Klas Markstrom (Université d'Umeå), *Physical Review D*, vol. 81, 104 032 (2010) [DOI : [10.1103/PhysRevD.81.104032](https://doi.org/10.1103/PhysRevD.81.104032); arXiv:0911.5075]

Cet article, rédigé par Alioscia Hama (post-doctorante à l'Institut Perimeter), Fotini Markopoulou (professeure à l'Institut Perimeter) et leurs collègues, envisage le point de vue selon lequel la gravité quantique serait un phénomène émergent plutôt que fondamental. Ces dernières années, les éclairages de la physique de la matière condensée ont montré que de nouvelles phases quantiques de la matière peuvent présenter toutes sortes de particules émergentes et même des symétries de jauge émergentes. Cet article présente un modèle de bosons libres sur un réseau constitué d'un ensemble de degrés de liberté quantiques, en montrant que localité et géométrie peuvent émerger du comportement collectif d'un système quantique simple à plusieurs corps.

Il montre comment les degrés de liberté spatiale et la matière peuvent être intriqués, puis étudie ce que cela implique pour le paradoxe de la perte d'information dans les trous noirs, à savoir que l'intrication persiste même après que le trou noir s'est totalement annihilé. Du point de vue de la matière condensée, il s'agit d'un modèle de Hubbard sur un graphe quantique évolutif.

Ce travail peut ouvrir la voie à l'appréhension de la gravité quantique comme une phase quantique de la matière et à la réalisation d'expériences sur la dynamique des trous noirs dans une plaque de matériau. L'Institut Perimeter a constitué l'environnement idéal pour la collaboration entre ses chercheurs et ceux d'autres établissements, comme le MIT, l'University College de Londres et l'Université d'Umeå en Suède, tandis que la réalisation des calculs numériques requis a été rendue possible par l'accès de l'Institut à des ressources informatiques de haute performance (à savoir le réseau SHARCNET).

Prix, distinctions et bourses de recherche

De nombreux chercheurs de l'Institut Perimeter ont reçu des marques de reconnaissance nationales et internationales pour leur travail en 2009-2010. On notera en particulier celles mentionnées ci-dessous.

- Le professeur associé Cliff Burgess s'est vu attribuer le prix de physique théorique et mathématique 2010 du Centre de recherches mathématiques de l'Association canadienne de physique (la plus haute distinction attribuée dans ce domaine au Canada) pour sa « contribution importante et approfondie à la physique théorique ».
- Le chercheur Christopher Fuchs a remporté le prix du congrès international QCMC (Quantum Communication, Measurement and Computation) « pour ses contributions remarquables aux théories de l'information quantique et de la perturbation quantique ».
- Le post-doctorant Zhengfeng Ji et ses collaborateurs ont remporté le prix de la meilleure communication au *STOC 2010* (Symposium on Theory of Computing) pour avoir résolu un important problème ouvert en complexité algorithmique quantique.
- Le post-doctorant Giulio Chiribella s'est vu décerner le prix Hermann Weyl 2010 de l'International Colloquium for Group-Theoretical Methods in Physics.
- Le professeur associé Michele Mosca a été nommé membre du programme Information quantique de l'Institut canadien de recherches avancées (ICRA) et figure au palmarès *Top 40 Under 40* de la région de Waterloo.
- Le professeur Neil Turok, directeur de l'Institut Perimeter, a été nommé membre du programme Cosmologie et gravité de l'Institut canadien de recherches avancées (ICRA).
- Le ministère de la Recherche et de l'Innovation de l'Ontario a attribué une bourse de nouveau chercheur, d'un montant de 150 000 dollars, au professeur Jaume Gomis.
- Le professeur associé Niayesh Afshordi a reçu l'un des huit « suppléments d'accélération à la découverte » (SAD) accordés pour la physique en 2010 par le Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada (CRSNG).
- Le professeur Fotini Markopoulou a reçu une bourse de la fondation Alexander von Humboldt pour effectuer des recherches à l'Institut Albert Einstein.
- Le CRSNG a attribué au professeur associé Michele Mosca et à ses partenaires de Waterloo, Calgary et Montréal une subvention de recherche et développement coopérative (RDC) de

750 000 dollars sur trois ans pour soutenir la recherche fondamentale et appliquée sur les réseaux de distribution quantique de clés.

- L'Army Research Office (ARO) des États-Unis a attribué une subvention de 600 000 dollars US sur trois ans au professeur associé Richard Cleve et à ses partenaires, dont les professeurs associés Michele Mosca et Ashwin Nayak, pour « le développement d'algorithmes de calcul quantique ».
- Parampreet Singh a reçu le prix S. Chandrasekhar 2010 de l'International Society on General Relativity and Gravitation.
- L'article du professeur Neil Turok (directeur de l'Institut Perimeter) et de ses collaborateurs intitulé « The Return of the Phoenix Universe » [Le retour de l'univers phœnix] a reçu une mention honorable au concours 2009 de la Gravity Research Foundation
- L'article du post-doctorant Federico Piazza intitulé « The IR-completion of gravity: what happens at Hubble scales? » [La complétude infrarouge de la gravité : que se passe-t-il à l'échelle de Hubble?] a été sélectionné parmi les « meilleurs de 2009 » du *New Journal of Physics*.
- Les articles « Quark Soup al dente: Applied Superstring Theory » [Soupe de quarks *al dente* : théorie appliquée des supercordes], des professeurs Robert C. Myers et Samuel E. Vázquez, et « Are loop quantum cosmos never singular? » [Les cosmos quantiques à boucles ne sont-ils jamais singuliers?], du post-doctorant Parampreet Singh, ont été sélectionnés parmi les « moments forts » de 2008 et 2009 par le comité de rédaction de la revue *Classical and Quantum Gravity* (CQG)

Objectif 2 – Devenir la résidence de recherche d’une masse critique de physiciens théoriciens de premier plan mondial

Résumé des réalisations

- Nomination de deux nouveaux professeurs à plein temps (Latham Boyle et Pedro Vieira), ce qui porte à 12 leur effectif total en fin d’exercice 2009-2010.
- Nomination de trois nouveaux professeurs associés : Niayesh Afshordi (conjointement avec l’Université de Waterloo), Luis Lehner (conjointement avec l’Université de Guelph) et David Cory, titulaire d’une Chaire d’excellence en recherche du Canada (conjointement avec l’Université de Waterloo). Cela porte à 12 leur effectif total en fin d’exercice 2009-2010.
- Recrutement de trois nouveaux professeurs adjoints : Natalia Toro (à partir de l’automne 2010), Philip Schuster (à partir de l’automne 2010) et Davide Gaiotto (à partir de 2011).
- Recrutement de quatre scientifiques de premier plan au Comité consultatif scientifique de l’Institut Perimeter.

Faits saillants

Au cours de l’exercice écoulé, l’Institut Perimeter a connu un succès extraordinaire dans ses efforts de recrutement et a continué à renforcer son corps enseignant vers la masse critique en y ajoutant des professeurs et professeurs associés du plus haut niveau mondial. L’Institut Perimeter est devenu une destination extrêmement attrayante pour les physiciens théoriciens, et il peut maintenant rivaliser avec les plus grands établissements du monde, comme en témoignent plusieurs succès en matière de recrutement.

Pendant l’exercice 2009-2010, deux nouveaux professeurs à plein temps et trois nouveaux professeurs associés sont entrés en fonction à l’Institut, et trois autres ont été recrutés et entreront en fonction au cours de l’exercice suivant. À la fin de l’exercice 2009-2010, le corps enseignant de l’Institut Perimeter comptait 12 professeurs et 12 professeurs associés (voir Annexe A).

Recrutement de professeurs

Latham Boyle est devenu professeur adjoint à l’Institut Perimeter en 2010. Il a obtenu son doctorat en physique à l’Université de Princeton en 2006 sous la direction du professeur Paul Steinhardt. De 2006 à 2009, il a été post-doctorant à l’Institut canadien d’astrophysique théorique (ICAT), et 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 début de l'univers et, avec le professeur Paul Steinhardt, il a établi une série de « relations de bootstrap inflatoire » qui, si elles étaient confirmées par l'observation, constitueraient un argument convaincant en faveur de l'inflation. Il est le cocréateur d'une technique algébrique simple pour appréhender les fusions de trous noirs, et il vient de mettre au point la théorie des « porcs-épics », qui sont des réseaux de détecteurs d'ondes gravitationnelles à basse fréquence fonctionnant ensemble pour constituer un télescope à ondes gravitationnelles.

Pedro Vieira est professeur à l'Institut Perimeter depuis octobre 2009, après avoir été chercheur junior à l'Institut Max-Planck de physique gravitationnelle (Institut Albert Einstein) de Potsdam (Allemagne), de 2008 à 2009. Il a obtenu son doctorat auprès de l'École normale supérieure de Paris et du CFP (Centro de Fisica do Porto) de l'Université de Porto, sous la direction des professeurs Vladimir Kazakov et Miguel Sousa Costa. Ses recherches portent sur le développement de nouvelles techniques mathématiques pour les théories de jauge et la théorie des cordes, destinées à avancer vers la solution d'une théorie de jauge quadridimensionnelle réaliste. Avec ses collaborateurs, il vient de faire d'importantes avancées qui pourraient apporter de nouveaux éclairages en théories de jauge et en gravité quantique, ainsi que pour le calcul des amplitudes de diffusion en physique des particules.

Nouveaux professeurs recrutés pour l'exercice 2010-2011

Natalia Toro sera professeure adjointe à l'Institut Perimeter à partir de l'automne 2010. Elle a obtenu son doctorat à l'Université Harvard en 2007 sous la direction du professeur Nima Arkani-Hamed (titulaire d'une chaire de chercheur distingué de l'Institut Perimeter), puis a été post-doctorante au Stanford Institute for Theoretical Physics. Elle a joué un rôle majeur dans l'intégration de nouvelles techniques, appelées « théories effectives sur couche de masse », dans le programme d'expérimentations du solénoïde compact à muons (CMS, pour *Compact Muon Solenoid*) à venir au Grand collisionneur de hadrons (LHC, pour *Large Hadron Collider*) du CERN. C'est une experte de l'étude des « forces obscures » qui se couplent très faiblement à la matière ordinaire, ainsi que l'une des porte-parole du programme APEX, qui s'apprête à rechercher de telles forces à l'échelle du giga-électron-volt (GeV) avec une sensibilité inégalée sur l'accélérateur du TJNAF (Thomas Jefferson National Accelerator Facility) en Virginie.

Philip Schuster sera professeur adjoint à l'Institut Perimeter à partir de l'automne 2010. Il a obtenu son doctorat en 2007 à l'Université Harvard sous la direction du professeur Nima Arkani-Hamed, puis a été chercheur associé au Centre de l'accélérateur linéaire de Stanford (SLAC) de 2007 à 2010. Ce spécialiste de la physique des particules s'intéresse tout particulièrement aux avancées théoriques au-delà du modèle standard. Il entretient des liens étroits avec la physique expérimentale et a exploré un éventail de théories susceptibles de modéliser les phénomènes observés dans le cadre de nouvelles expérimentations au LHC. En collaboration avec les expérimentateurs du LHC, il a mis au point un ensemble de méthodes pour caractériser les nouveaux signaux éventuels d'une manière transparente sur le plan physique qui permet de déterminer plus facilement la théorie sous-jacente expliquant ces signaux. C'est également l'un des porte-parole du programme APEX.

Philip Schuster et Natalia Toro sont de proches collaborateurs et sont considérés comme deux des talents les plus brillants en physique des particules dans le monde entier. Bien qu'ils soient théoriciens, ils ont établi des liens étroits avec les expérimentateurs de plusieurs grands centres. Les techniques qu'ils ont mises au point ont été intégrées au programme d'expérimentations du CMS au LHC, ce qui constitue une réalisation tout à fait remarquable. Plusieurs établissements de premier plan étaient en lice pour les recruter, et leur venue à l'Institut Perimeter a l'avantage non seulement de témoigner de l'attrait exceptionnel qu'il suscite chez les chercheurs, mais aussi de le positionner pour jouer un rôle majeur et central dans les efforts en cours au LHC, la plus grande expérimentation dans l'histoire de l'humanité.

Davide Gaiotto deviendra professeur adjoint à l'Institut Perimeter en 2011. Il a obtenu son doctorat à l'Université de Princeton en 2004 sous la direction du professeur Leonardo Rastelli, il a été post-doctorant à l'Université Harvard de 2004 à 2007, et il est membre à long terme de l'Institute for Advanced Study depuis 2007. Ses recherches se situent à l'interface de la théorie quantique des champs et de la théorie des cordes, où il a déjà réalisé plusieurs avancées importantes. En 2009, il a présenté une nouvelle manière de construire et d'étudier les théories de jauge supersymétriques qui a débouché sur des techniques novatrices pour explorer leur dynamique quantique. Considéré dans le monde entier comme l'un des jeunes théoriciens les plus talentueux de son domaine, il a choisi l'Institut Perimeter parmi plusieurs offres concurrentes, dont une de l'Université Stanford. Son recrutement positionne l'Institut pour devenir un centre de premier plan dans le domaine de plus en plus important de la théorie quantique des champs « de grande puissance ».

Recrutement de professeurs associés

Le programme des professeurs associés a été conçu pour recruter des chercheurs de classe mondiale au Canada et à l'Institut Perimeter en leur offrant des postes à temps partiel, et il continue de connaître un grand succès. Il a accru la diversité et la qualité des recherches de l'Institut tout en renforçant le corps enseignant de ses universités partenaires au Canada. Pendant l'exercice 2009-2010, l'Institut Perimeter a mené des recherches internationales qui ont conduit au corecruitment de trois professeurs associés dans les domaines ciblés. L'Institut continue à collaborer avec ses partenaires universitaires pour recruter des candidats exceptionnels et, à cette fin, il vient de lancer des campagnes de recrutement conjointes avec l'Université de Waterloo pour la cosmologie et avec l'Université McMaster pour la physique des particules. Des discussions préliminaires ont également été engagées avec l'Université de Guelph pour la création d'une chaire d'informatique scientifique (c'est-à-dire de superinformatique) et avec l'Université de Toronto et l'Université de la Colombie-Britannique pour la création de postes conjoints.

Niyesh Afshordi est professeur associé de l'Institut Perimeter depuis septembre 2009 dans le cadre d'une nomination conjointe avec l'Université de Waterloo. Il a obtenu son doctorat à l'Université de Princeton en 2004 sous la direction du professeur David Spergel. Il a été post-doctorant de l'Institute for Theory and Computation au Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics de 2004 à 2007, puis post-

doctorant distingué à l'Institut Perimeter de 2008 à 2009. Le professeur Afshordi se spécialise dans les problèmes interdisciplinaires de la physique fondamentale, de l'astrophysique et de la cosmologie, en se concentrant tout particulièrement sur les résultats d'observation pouvant aider à résoudre des problèmes de physique fondamentale, notamment celui de la constante cosmologique. 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).

David Cory est professeur associé de l'Institut Perimeter depuis 2010, dans le cadre d'une nomination conjointe avec l'Institut d'informatique quantique et le département de chimie de l'Université de Waterloo, où il occupe la Chaire d'excellence en recherche du Canada sur le traitement de l'information quantique. Le professeur Cory a obtenu son doctorat en chimie physique auprès de l'Université Case Western Reserve à Cleveland (Ohio). Il a été post-doctorant à l'Université de Nimègue (Pays-Bas) et au National Research Council du Naval Research Laboratory à Washington (États-Unis). Comme chercheur principal chez Bruker Instruments, il a dirigé des activités de recherche et développement en résonance magnétique nucléaire. En 1992, il est entré au département de sciences et génie nucléaires du MIT. Depuis 1996, il explore les défis expérimentaux de la construction de petits processeurs quantiques basés sur les spins nucléaires, les spins électroniques, les neutrons, les dispositifs supraconducteurs à courants persistants et l'optique. Le professeur Cory préside le comité consultatif du programme de traitement de l'information quantique de l'ICRA.

Luis Lehner est professeur associé de l'Institut Perimeter depuis septembre 2009 dans le cadre d'une nomination conjointe avec l'Université de Guelph. C'est un pionnier des efforts modernes visant à utiliser les équations d'Einstein pour en extraire des prévisions exactes sur le comportement des trous noirs et autres systèmes à forte gravité. Avec les observations que l'astronomie des ondes gravitationnelles devrait rendre possibles dans un proche avenir, son recrutement met l'Institut Perimeter en position de devenir un centre de premier plan dans ce domaine. Le professeur Lehner a obtenu son doctorat à l'Université de Pittsburgh en 1998 sous la direction du professeur Jeffrey Winicour. Il a été post-doctorant à l'Université du Texas à Austin (de 1998 à 2000) et à l'Université de la Colombie-Britannique (de 2000 à 2002), puis professeur adjoint de physique à l'Université d'État de Louisiane (de 2002 à 2006), où il est ensuite devenu professeur agrégé (de 2006 à 2009); il est actuellement professeur auxiliaire de cette université. Il a reçu le prix d'honneur de l'Université nationale de Cordoba (Argentine) en 1993, une bourse de doctorat de la Fondation Mellon en 1997, puis les prix de thèse exceptionnelle CGS/UMI et de thèse Nicholas Metropolis en 1999. Il a été post-doctorant du Pacific Institute for Mathematical Sciences (PIMS) de 2000 à 2002 et de l'Institut canadien d'astrophysique théorique (ICAT) de 2001 à 2002. Il a été boursier de la Fondation Alfred P. Sloan de 2003 à 2005, et il est actuellement membre associé de l'ICRA, membre de l'Institute of Physics, membre du comité de rédaction de la revue *Classical and Quantum Gravity*, et membre du Comité consultatif des utilisateurs de la cyberinfrastructure de la National Science Foundation (NSF).

Comité consultatif scientifique

Le Comité consultatif scientifique (CCS) apporte un soutien essentiel à la réalisation des objectifs stratégiques de l'Institut Perimeter, notamment en matière de recrutement. Composé d'éminents scientifiques de classe mondiale, dont un lauréat du prix Nobel, ce comité apporte un avis indépendant fondé sur un examen rigoureux en ce qui concerne les décisions de recrutement et de titularisation, les programmes scientifiques de l'Institut et la façon d'assurer que ses activités répondent aux plus hauts critères d'excellence et d'objectivité scientifiques (voir annexe E). En plus de se réunir chaque année pour examiner les programmes de recherche, de formation et de diffusion des connaissances de l'Institut Perimeter, les membres du Comité sont encouragés à être « les yeux et les oreilles » de l'établissement dans le monde de la physique théorique tout au long de l'année. En apportant un flux constant d'idées et suggestions informelles, le CCS aide l'Institut Perimeter à prévoir les nouvelles avancées et à saisir toute occasion favorable.

Pendant l'exercice 2009-2010, l'Institut Perimeter a recruté quatre scientifiques de premier plan mondial (présentés ci-dessous) pour siéger au CCS à compter de septembre 2010.

Brian Greene est professeur de mathématiques et de physique à l'Université Columbia, où il codirige l'ISCAP (Institute for Strings, Cosmology and Astroparticle Physics). Il a réalisé des découvertes révolutionnaires en théorie des supercordes, en explorant les implications physiques et les propriétés mathématiques des dimensions supplémentaires postulées par cette théorie. Ses recherches se concentrent actuellement sur la cosmologie des cordes et visent à appréhender la physique des premiers instants de l'univers. Le professeur Greene est bien connu pour son travail de communication des découvertes de la physique théorique au grand public, notamment à travers ses livres : *L'univers élégant*, vendu à plus d'un million d'exemplaires dans le monde; *La magie du Cosmos*, qui est resté pendant six mois dans la liste des succès de librairie du *New York Times*; et *Icarus at the Edge of Time* [Icare au bord du temps], un récit destiné aux enfants. L'émission NOVA, de la chaîne de télévision publique américaine PBS, a réalisé et diffusé une série documentaire spéciale en trois épisodes, basée sur *L'univers élégant*, qui a remporté à la fois le prix Emmy et le prix Peabody.

Renate Loll est professeure de physique théorique à l'Institut de physique théorique de l'université d'Utrecht (Faculté de physique et d'astronomie). 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. Elle 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 occupe une chaire de chercheuse distinguée de l'Institut Perimeter et enseigne également dans le cadre du cycle PSI (Perimeter Scholars International).

Erik Verlinde est professeur de physique théorique à l'Institut de physique théorique de l'Université d'Amsterdam. Il a acquis une renommée mondiale pour ses nombreuses contributions, notamment 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 se concentrent 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 aboutir naturellement aux valeurs d'énergie sombre observées dans l'univers.

Birgitta Whaley est professeure au département de chimie de l'Université de Californie à Berkeley, dont elle dirige le centre d'informatique quantique. Ses recherches portent principalement sur la compréhension et la manipulation de la dynamique quantique des atomes, molécules et nanomatériaux dans les environnements complexes afin d'explorer les problèmes fondamentaux du comportement quantique. Elle a apporté des contributions majeures à l'analyse et au contrôle de la décohérence et de l'universalité dans le traitement de l'information quantique, ainsi qu'à l'analyse des mises en œuvre physiques du calcul quantique. La professeure Whaley est également connue pour sa théorie de la solvation moléculaire dans les systèmes d'hélium superfluide à l'échelle nanométrique. Ses recherches portent actuellement sur les aspects théoriques de l'information quantique, sur la simulation quantique des phases topologiques exotiques et sur l'exploration des effets quantiques dans les systèmes biologiques.

Objectif 3 – Devenir un incubateur des talents les plus prometteurs

Résumé des réalisations

- Conduite réussie de la première année du cycle de formation à la recherche PSI (Perimeter Scholars International), avec une première promotion de 28 étudiants exceptionnellement doués (dont six femmes) venant de 16 pays.
- Recrutement de 14 post-doctorants en 2009-2010 et de neuf autres pour 2010-2011, sur un nombre record de 514 candidats, ce qui porte l'effectif total à 47 à la fin de l'exercice 2009-2010.
- Formation de 19 doctorants et de quatre étudiants de maîtrise (en plus de ceux du cycle PSI).
- Lancement de la création d'un programme pilote postdoctoral de physiciens résidents destiné à offrir aux post-doctorants des possibilités de formation dans les entreprises de haute technologie de la région de Waterloo et au-delà. Lancement de la création du programme GO, destiné à offrir aux post-doctorants des occasions d'interagir avec les chercheurs des centres d'observation et d'expérimentation au Canada et dans le monde.
- Formation à la recherche de six étudiants de premier cycle.

Faits saillants

Les jeunes chercheurs brillants constituent les forces vives de la physique théorique. L'Institut Perimeter a atteint son troisième objectif, à savoir devenir un grand incubateur de talents, en poursuivant son engagement à recruter les post-doctorants les plus prometteurs, à attirer et former de brillants jeunes diplômés dans son programme PSI, à recruter les meilleurs comme doctorants, et à offrir des possibilités de formation à la recherche à des étudiants de premier cycle particulièrement prometteurs.

Cycle de formation PSI (Perimeter Scholars International)

Le cycle PSI est une grande initiative stratégique visant à attirer à l'Institut Perimeter des diplômés exceptionnellement doués venus du monde entier pour les amener à la fine pointe de la physique théorique dans le cadre d'un programme intensif de 10 mois. Dirigé par John Berlinsky, éminent physicien de la matière condensée enseignant à l'Université McMaster, ce programme apporte aux étudiants une présentation intensive de l'ensemble du champ de la physique théorique en mettant l'accent sur les phénomènes quantiques à toutes les échelles.

Sa structure innovante combine des cours fondamentaux et des modules thématiques de trois semaines enseignés par des professeurs de l'Institut Perimeter et par des conférenciers venus du monde entier, tous experts de premier plan dans leurs domaines respectifs. Les 35 enseignants du cycle PSI constituent une véritable *équipe idéale*, qui compte notamment cinq titulaires de chaire de chercheur distingué de l'Institut Perimeter (Nima Arkani-Hamed, Xiao-Gang Wen, Malcolm Perry, Renate Loll et Leo Kadanoff), et tous sont très enthousiasmés par cette nouvelle approche de la formation à la recherche. Ils ont été aidés dans leur tâche par quatre assistants de niveau postdoctoral nommés à plein temps pour apporter un soutien individuel continu aux étudiants. Dans la dernière phase du programme, les étudiants ont rédigé et défendu des mémoires de recherche originaux, dont plusieurs ont débouché sur des communications acceptées par des congrès internationaux pratiquant une sélection rigoureuse.

La première promotion se composait de 28 étudiants (dont six femmes) venus de 16 pays différents et sélectionnés parmi 220 candidats. Il s'agissait d'étudiants de niveau extrêmement élevé, **par exemple le major en physique de l'Université d'Édimbourg et le major en mathématiques et physique de l'École normale supérieure de Paris**. Parmi les six étudiants canadiens du programme, quatre étaient titulaires de bourses du CRSNG octroyées selon des critères très rigoureux. La première promotion a achevé le cycle de formation en juin 2010, et la cérémonie de remise des diplômes a eu lieu au mois de juillet en présence du professeur Stephen Hawking, qui est également conseiller du programme PSI.

Le cycle PSI a connu un succès retentissant dès sa première année. Il a atteint son principal objectif stratégique, qui consistait à faire venir à l'Institut Perimeter et au Canada des diplômés à fort potentiel, et à recruter les meilleurs d'entre eux pour continuer à les former à l'Institut et dans les universités canadiennes environnantes. Six des 28 diplômés poursuivent leurs études de doctorat avec les chercheurs de l'Institut Perimeter, ainsi qu'avec ceux de l'Université de Waterloo, et ce nombre devrait augmenter à mesure que le cycle PSI progresse vers son effectif cible de 50 étudiants par an. La majorité des autres diplômés préparent actuellement leur doctorat dans les plus grandes universités du Canada et du monde (comme Harvard, Stanford, l'Imperial College et l'Université McMaster), tandis que d'autres ont obtenu des postes en entreprise au Canada et à l'étranger (notamment chez Google et Amazon).

Le programme PSI a également contribué à d'autres objectifs importants en renforçant les liens de collaboration entre l'Institut Perimeter et son proche partenaire, l'Université de Waterloo, qui décerne un diplôme de maîtrise aux stagiaires en fin de cycle.

Pour l'exercice 2010-2011, le programme a admis 31 étudiants de haut niveau (dont 14 femmes) venus de 15 pays. Il est à noter que la grande majorité des conférenciers internationaux de l'an dernier seront de retour, y compris quatre titulaires de chaires de chercheur distingué, ce qui témoigne de l'intérêt et de la qualité intrinsèques du programme et de ses étudiants.

Post-doctorants

Les post-doctorants constituent la plus grande catégorie de personnel de recherche à l'Institut Perimeter, celui-ci accueillant effectivement le plus vaste groupe de post-doctorants indépendants en physique théorique dans le monde. Ces chercheurs motivés et ambitieux sont essentiels à la jeunesse d'esprit et à l'ambiance dynamique qui animent l'Institut Perimeter. Au cours de l'exercice écoulé, l'Institut Perimeter a continué à donner la priorité au recrutement de chercheurs indépendants d'esprit et à les encourager à entreprendre des recherches risquées sortant des sentiers battus, mais pouvant s'avérer très fructueuses.

L'Institut a recruté quatorze post-doctorants en 2009-2010. Pour l'exercice 2010-2011, le recrutement a été légèrement revu à la baisse de façon à ne sélectionner que les candidats du plus haut niveau, et neuf post-doctorants ont été retenus sur une liste de 514 candidats, la plus longue dans l'histoire de l'Institut Perimeter, ce qui témoigne de sa sélectivité et de son attrait pour les talents de premier plan dans le monde entier.

La renommée mondiale de la qualité de la formation dispensée à l'Institut Perimeter continue de croître, comme le démontre le fait que, malgré l'extrême sélectivité du recrutement aux postes universitaires, sept post-doctorants en partance se sont vu offrir des postes d'enseignant au Canada et dans le monde au cours de l'exercice écoulé. Il est à noter que deux d'entre eux ont choisi d'accepter une offre de promotion au poste de post-doctorant distingué de l'Institut Perimeter plutôt que des postes de longue durée dans d'autres établissements (les post-doctorants distingués sont nommés pour cinq ans, contre trois pour les autres post-doctorants).

Programme postdoctoral de physiciens résidents (une nouvelle initiative)

L'Institut Perimeter a engagé les premières discussions pour la création d'un programme pilote destiné à offrir aux post-doctorants des possibilités de formation en résidence auprès des entreprises de haute technologie, de manière à leur ouvrir des options de carrière hors du monde universitaire et de maximiser ainsi pour le Canada le développement et la rétention d'un personnel hautement qualifié dans un large éventail de secteurs prioritaires.

Programme GO (une nouvelle initiative)

L'Institut Perimeter est conscient de l'importance de permettre à ses chercheurs en formation d'acquérir des connaissances et une expérience ancrées à la fois dans la théorie et dans l'expérimentation. C'est pourquoi les premières discussions ont été engagées pour la création du programme GO, une nouvelle initiative destinée à offrir aux post-doctorants des occasions d'interagir avec les chercheurs de centres d'observation et d'expérimentation tels que le Grand collisionneur de

hadrons, l'Institut d'informatique quantique (IQC), l'Observatoire de neutrinos de Sudbury (SNOLAB), l'observatoire spatial orbital Planck, des observatoires géants comme le télescope VISTA, le VLT (Very Large Telescope) et le radiotélescope SKA, et des observatoires d'ondes gravitationnelles comme LIGO et LISA. Ces expériences gigantesques et coûteuses sont motivées par le désir de démontrer des concepts théoriques, et ceux-ci sont essentiels à l'analyse et à l'interprétation des vastes ensembles de données qu'elles génèrent. En s'associant à ces efforts, l'Institut Perimeter peut jouer un rôle de premier plan dans l'élaboration des grands projets scientifiques du futur.

Programme de maîtrise et de doctorat

À l'avenir, le cycle de doctorat de l'Institut Perimeter sera administré conjointement avec son cycle de maîtrise PSI, puisque celui-ci devrait amener un nombre croissant d'étudiants de haut niveau à préparer leur doctorat avec les chercheurs de l'Institut. Les procédures d'admission ont été rationalisées de manière à simplifier les formalités administratives, tout en assurant que les étudiants admis à poursuivre leurs études de doctorat avec les chercheurs de l'Institut Perimeter et dans les universités partenaires répondent aux plus hauts critères d'excellence. Pendant l'exercice 2009-2010, quatre étudiants ont terminé leur doctorat sous la direction des professeurs à plein temps et professeurs associés de l'Institut Perimeter, et cinq nouveaux doctorants ont été admis dans le programme, ce qui porte à 25 le nombre total de doctorants en résidence à la fin de l'exercice, auxquels s'ajoutent quatre étudiants de maîtrise ne suivant pas le cycle PSI. Il est à noter que plusieurs doctorants en partance ont obtenu des postdoctorats à recrutement sélectif dans des établissements situés à l'étranger. La progression du cycle PSI vers son effectif cible devrait également entraîner la croissance du programme de doctorat, dont la taille est déterminée principalement par la rigueur des critères d'admission.

Objectif 4 – Devenir la seconde résidence de recherche d’un grand nombre de théoriciens éminents du monde

Résumé des réalisations

- Attribution de dix nouvelles chaires de chercheur distingué.
- Accueil du professeur Stephen Hawking pour son premier séjour à l’Institut Perimeter dans le cadre de sa chaire de chercheur distingué.
- Accueil de 387 chercheurs invités, dont 350 invités à court terme et 17 à long terme, et 15 titulaires de chaire de chercheur distingué de l’Institut Perimeter.

Faits saillants

Premier séjour du professeur Stephen Hawking à l’Institut Perimeter

En juin et juillet 2010, le professeur Stephen Hawking, le physicien contemporain le plus célèbre au monde, a fait son premier séjour à l’Institut Perimeter dans le cadre de sa chaire de chercheur distingué. Il a trouvé l’ambiance et l’environnement de l’Institut à la fois exaltants et très propices à une recherche productive.

Bien que les activités du professeur Hawking aient porté principalement sur ses propres recherches, il a participé pleinement à tous les aspects de la vie de l’Institut. Il a assisté à l’atelier *Cosmological Frontiers in Fundamental Physics*, où sa propre communication a été présentée par son proche collaborateur, le professeur Thomas Hertog. En qualité de conseiller du programme de maîtrise PSI, le professeur Hawking a été présent à la cérémonie de remise des diplômes de la promotion 2010. Il a également participé au programme de diffusion des connaissances de l’Institut Perimeter en donnant une conférence sur sa vie et ses recherches, qui a été télédiffusée en anglais et en français sur les chaînes publiques canadiennes TVO et CPAC (voir Objectif 8). Cette conférence a été suivie d’un second événement spécial en présence du premier ministre du Canada (voir Objectif 5).

Dans son exposé intitulé *Special places and times* (Lieux et instants spéciaux), le professeur Hawking a dressé un parallèle entre la culture de recherche exceptionnelle de l’Institut Perimeter et la période remarquablement fructueuse qu’il a connue à Cambridge et qui a fait naître ses propres grandes découvertes, et il a conclu en déclarant : « J’espère, et je crois, qu’il se passera de grandes choses ici ».

Au final, le séjour du professeur Hawking a été une grande réussite : il l'a trouvé productif du point de vue de la recherche, il a fortement stimulé la vie de l'établissement, et il a suscité une grande attention de la part des médias nationaux et internationaux, ce qui a rehaussé encore le profil de chef de file scientifique de l'Institut Perimeter et du Canada dans le domaine des sciences.

Attributions de chaires de chercheur distingué

Le programme de chaires de chercheur distingué de l'Institut Perimeter est un succès retentissant qui a enrichi la vie de l'Institut à plusieurs égards tout en montrant que le Canada est un chef de file dans le domaine des sciences à l'échelle internationale.

Ce programme unique au monde a été établi en 2008 pour amener des chercheurs de classe mondiale à venir régulièrement à l'Institut Perimeter. Les chercheurs distingués occupent ces chaires pendant trois ans tout en conservant leur poste dans leur établissement d'origine, et ils se rendent à l'Institut Perimeter chaque année pour de longues périodes de recherche, de collaboration et, dans certains cas, d'enseignement dans le cadre du programme PSI. On compte parmi eux des personnalités de premier plan mondial comme Stephen Hawking et de jeunes étoiles montantes comme Patrick Hayden (Université McGill) et Guifre Vidal (Université du Queensland). Ils embrassent un vaste champ d'expertise englobant les fondements de la physique quantique, la physique des particules, la physique de la matière condensée, la cosmologie, la gravitation quantique et d'autres branches de la physique.

Au cours de l'exercice écoulé, l'Institut Perimeter est parvenu à attribuer 10 nouvelles chaires de chercheur distingué, ce qui porte à 20 leur nombre actuel (voir annexe B). Le fait que tant de chercheurs de premier plan se soient associés à l'Institut Perimeter témoigne d'une remarquable adhésion à sa vision et contribue à rehausser le profil du Canada en tant que chef de file de stature mondiale dans les sciences. Il est à noter à cet égard que deux titulaires de chaires de chercheur distingué de l'Institut Perimeter (Yakir Aharonov et Ignacio Cirac) avaient été largement pressentis comme lauréats potentiels du prix Nobel de physique de l'an dernier.

Le flux continu de scientifiques de haut niveau enrichit les activités de recherche de l'Institut Perimeter et en fait une destination encore plus attrayante pour les chercheurs de talent. Au cours de l'exercice écoulé, 15 titulaires de chaire de chercheur distingué ont séjourné à l'Institut, et certains y sont même venus à plusieurs reprises. Il est encourageant de noter que plusieurs des chercheurs distingués ont participé à plusieurs aspects de la vie de l'Institut en donnant des conférences publiques, en enseignant dans le cadre du programme de maîtrise PSI et en faisant fonction d'organisateur scientifique de conférences et d'ateliers. Ces chercheurs distingués représentent également l'Institut Perimeter auprès d'autres établissements; par exemple, le professeur Leo Kadanoff fait office d'agent de liaison avec le *Joseph L. Rotman Institute of Science and Values* de l'Université Western Ontario.

Les nouveaux titulaires sont présentés ci-après.

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 calculateurs quantiques, la détermination d'une transition du quantique au classique dans les calculateurs quantiques tolérants aux pannes, la mise au point de nouveaux outils et méthodes de conception des algorithmes quantiques, et l'étude des états fondamentaux des hamiltoniens de système quantique 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. La professeure Aharonov fait partie du corps enseignant du cycle PSI (Perimeter Scholars International).

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. Le professeur Hayden possède entre autres distinctions celles d'avoir été boursier de la fondation Alfred P. Sloan et boursier Rhodes.

Christopher Isham est chercheur principal et professeur émérite de physique théorique à l'Imperial College de Londres, établissement dont il a été premier doyen. 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 théorie quantique appelée formalisme HPO (History Projection Operator), ou formalisme des projecteurs d'histoire, qui permet d'étendre la théorie au 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 90, le professeur Isham développe une approche tout à fait inédite de la formulation des 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 théorie quantique, ainsi qu'un cadre mathématique pour la mise au point de nouvelles théories qui n'auraient pas pu être envisagées dans le cadre habituel. De 2001 à 2005, le professeur Isham a été membre du Comité consultatif scientifique de l'Institut Perimeter et, en 2005, il a présidé ce comité.

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 fluide. Parmi les nombreuses distinctions reçues par le professeur Kadanoff, il convient de citer la National Medal of Science (États-Unis), la

Grande Médaille 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, et la Médaille du Centenaire de l'Université Harvard. Il a également été président de l'American Physical Society. Le professeur Kadanoff fait partie du corps enseignant du programme PSI (Perimeter Scholars International).

Renate Loll est professeure de physique théorique à l'Institut de physique théorique de l'Université d'Utrecht (Faculté de physique et d'astronomie). 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. La professeure 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 est également membre du corps professoral du cycle PSI (Perimeter Scholars International).

Malcolm Perry est professeur de physique théorique au département de mathématiques appliquées et de physique théorique de l'Université de Cambridge, et fellow du Trinity College de Cambridge. Ses recherches portent principalement sur les théories de la relativité générale, de la supergravité et des cordes. Le professeur 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, un autre enseignant de l'Institut Perimeter, il a développé la métrique de Myers-Perry, qui montre comment construire des trous noirs dans les dimensions supplémentaires à l'espace-temps de la théorie des cordes. Entre autres distinctions, le professeur Perry est docteur ès sciences de l'Université de Cambridge. Il fait également partie du corps enseignant du programme PSI (Perimeter Scholars International).

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 théorie quantique, qui vont du très fondamental 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, qui se penchent 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 Royal Society (Royaume-Uni).

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 en espace courbe et 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 sur le calcul. Le professeur 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, fellow de l'American Physical Society, fellow de la Royal Society de Londres et membre honoraire étranger de l'Académie américaine des arts et sciences.

Guifre Vidal est professeur à Faculté de sciences physiques de l'Université du Queensland et a apporté d'importantes contributions au développement de la théorie de l'information quantique, avec notamment des applications à la théorie de la matière condensée. Ses recherches portent sur le phénomène de l'intrication, sur le groupe de renormalisation et sur le développement d'algorithmes à réseau de tenseurs pour simuler les systèmes quantiques. Le professeur Vidal a reçu entre autres distinctions une bourse Marie Curie, décernée par l'Union européenne, et une bourse de la fondation Sherman Fairchild. Il est également *Federation Fellow* de l'Australian Research Council.

Mark Wise est professeur titulaire de la chaire de physique des hautes énergies John Alexander McCone au California Institute of Technology. Il a conduit des recherches en physique des particules élémentaires et en cosmologie, et il est colauréat du prix Sakurai de physique théorique des particules 2001 pour le développement de la théorie effective des quarks lourds, un 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. Le professeur Wise a été boursier de la fondation Alfred P. Sloan, et il est actuellement fellow de l'American Physical Society et membre de l'Académie américaine des arts et sciences et de la National Academy of Sciences.

Programme de chercheurs invités

L'Institut Perimeter poursuit activement son programme de chercheurs invités, qui permet aux chercheurs résidents de travailler intensivement sur leurs recherches avec leurs différents collaborateurs. Au cours de l'exercice écoulé, l'Institut Perimeter a accueilli 387 chercheurs invités, dont 350 invités à court terme, 15 titulaires de chaire de chercheur distingué, et 19 chercheurs détachés (anciennement appelés « invités à long terme ») ayant accepté de venir travailler à l'Institut lors de congés accordés par leur établissement d'appartenance.

Le programme de chercheurs invités s'est également avéré un excellent outil de recrutement, en donnant aux candidats potentiels la possibilité de faire l'expérience des avantages offerts par l'Institut Perimeter pour maximiser la productivité de leurs recherches. Il a également eu un impact plus large lié au simple fait de réunir des chercheurs de premier plan mondial à Waterloo et au Canada. Cela s'illustre par exemple par la récente attribution au professeur David Cory, un pionnier de la théorie de l'information quantique, de la Chaire d'excellence en recherche du Canada sur le traitement de

l'information quantique à l'Institut d'informatique quantique de l'Université de Waterloo. Le professeur Cory était invité à long terme de l'Institut Perimeter tout au long de l'exercice 2009-2010, et la perspective des interactions continues offertes par l'Institut a été un facteur important pour convaincre cet enseignant du MIT de venir à Waterloo. Il vient d'accepter un poste conjoint de professeur associé à l'Institut Perimeter.

Objectif 5 : Servir de lieu de convergence à un réseau mondial de centres de physique théorique

Résumé des réalisations

- Création d'une grande Initiative mondiale de diffusion des connaissances et recrutement de M^{me} Suzanne Corbeil pour la diriger.
- Soumission au gouvernement du Canada d'un projet d'*aide intelligente* au nom de l'Institut africain des sciences mathématiques pour son initiative *À la recherche du prochain Einstein* (AIMS-NEI). Le gouvernement a annoncé un financement de 20 millions de dollars destiné à étendre cette « approche révolutionnaire du développement international » à travers un réseau panafricain qui renforcera les capacités scientifiques et technologiques de l'Afrique.
- Lancement de nouveaux partenariats avec le Princeton Center for Theoretical Science (PCTS), l'Institute for Advanced Study à Princeton, le Centre international Abdus Salam de physique théorique (CIPT) et le Centro de Fisica do Porto (CFP).
- Organisation de quatre ateliers conjoints avec les universités environnantes et parrainage ou partenariat pour cinq conférences et symposiums hors site.

Faits saillants

Initiative mondiale de diffusion des connaissances

En 2009, l'Institut Perimeter a lancé son programme mondial de diffusion des connaissances pour mettre en œuvre son objectif de servir de ressource et de catalyseur au développement de la physique théorique dans le monde. Le programme a pour mission de faire partager l'expertise de l'Institut (et non le financement, qui est fourni par d'autres) de manière à favoriser, dans l'ensemble du monde en développement, l'émergence de centres d'enseignement et de recherche en mathématiques et physique de haut niveau qui soient à la fois novateurs et orientés vers l'excellence.

Au cours de l'exercice écoulé, M^{me} Suzanne Corbeil a été recrutée pour diriger la nouvelle Initiative mondiale de diffusion des connaissances de l'Institut Perimeter. Cette ancienne vice-présidente chargée des relations extérieures et de la communication à la Fondation canadienne pour l'innovation (FCI) possède des liens étroits avec les responsables de l'élaboration des politiques canadiennes en matière

de sciences et technologies. Elle est également présidente fondatrice du Centre canadien science et médias.

De nombreux chercheurs et autres membres de l'Institut Perimeter sont très désireux de contribuer aux initiatives de formation scientifique dans le monde. Le professeur Pedro Vieira a assuré l'établissement d'une collaboration avec le Centro de Fisica do Porto du Portugal (voir ci-dessous), tandis que le professeur associé Luis Lehner a commencé à mettre au point une proposition de création d'un centre de formation à la recherche en Amérique latine. Dans le même ordre d'idées, il apparaît clairement que l'initiative de l'Institut peut aider de nombreux centres à travers le monde à mettre au point leurs propres programmes de diffusion des connaissances scientifiques d'une manière adaptée à leur région.

Grâce à l'initiative mondiale Global Outreach, l'Institut Perimeter peut contribuer de façon significative au développement international en aidant à renforcer les capacités scientifiques et technologiques dans les pays en développement. Dans le contexte de la mondialisation, cela aura des retombées bénéfiques, pour l'Institut Perimeter comme pour le Canada, en élargissant le réservoir de talents qui alimente la science et en captant une partie de celui-ci. L'Initiative mondiale de diffusion des connaissances s'annonce comme un axe d'efforts exaltant qui valorisera tous les aspects des activités de l'Institut. À long terme, elle peut apporter des bienfaits importants aux pays en développement, ainsi qu'au Canada, en attirant des talents et en positionnant le pays comme un moteur de la connaissance.

Projet d'aide intelligente à l'initiative AIMS-NEI

Le programme mondial de diffusion des connaissances de l'Institut a décidé de concentrer ses premiers efforts sur l'initiative *À la recherche du prochain Einstein* de l'Institut africain des sciences mathématiques (AIMS-NEI). Fondé en 2003 par le professeur Neil Turok, directeur de l'Institut Perimeter, l'AIMS est un centre d'excellence panafricain qui dispense un enseignement mathématique et scientifique de haut niveau à des diplômés africains particulièrement brillants. Des conférenciers de premier plan venus du monde entier forment les étudiants de l'AIMS à la réflexion indépendante et aux techniques avancées de résolution de problèmes qui sont nécessaires dans toute une gamme de secteurs prioritaires en Afrique.

À l'automne 2009, l'Institut Perimeter a soumis au gouvernement canadien un avant-projet d'aide *intelligente* visant à étendre l'AIMS à travers un réseau panafricain voué à renforcer de manière rapide et radicale les capacités scientifiques et technologiques de l'Afrique en développant les talents de ses jeunes esprits les plus brillants.

L'Institut a proposé de coordonner la participation des partenaires universitaires des pays développés ou en développement et de partager ses connaissances et son expertise avec les organismes canadiens d'aide internationale compétents (ACDI, CRDI, etc.) afin d'assurer un investissement solide et à fort impact de nature à promouvoir l'image du Canada.

Le 6 juillet 2010, le premier ministre Stephen Harper s'est rendu à l'Institut Perimeter pour annoncer un nouveau financement fédéral de 20 millions de dollars destiné à soutenir la création d'un réseau de cinq centres de l'AIMS à travers l'Afrique, en qualifiant cette initiative d'« approche révolutionnaire dans le domaine du développement international ».

Bien que la proposition d'*aide intelligente* soumise au gouvernement du Canada ait sans aucun doute constitué le moment fort de l'année, l'Initiative mondiale de diffusion des connaissances de l'Institut a également soumis une proposition de financement de 2 millions de dollars à Google (décision en instance), lancé la publication du bulletin d'information trimestriel de l'AIMS-NEI et démarré le projet *One for Many*, qui vise à trouver des partenaires universitaires souhaitant parrainer des étudiants de l'AIMS et établir un programme d'échange d'enseignants et d'étudiants entre leur établissement et les centres de l'AIMS.

Collaborations et partenariats

L'Institut Perimeter a continué à renforcer les partenariats existants au Canada et dans le monde. Plusieurs d'entre eux, comme les partenariats avec l'Institut canadien d'astrophysique théorique (ICAT), le Laboratoire Astroparticule et Cosmologie (APC) de l'Université Paris VII et l'Institut Solvay de Bruxelles, se poursuivent depuis plusieurs années et ont aidé à établir des liens solides entre l'Institut Perimeter et d'autres établissements.

La liste suivante présente les principales activités de collaboration.

- *New Perspectives on the Quantum State* [Nouvelles perspectives sur l'état quantique] (du 27 septembre au 10 octobre 2009), organisé dans le cadre du partenariat PIAF (Perimeter Institute-Australia Foundations) pour les fondements de la physique quantique.
- *Random Matrix Techniques in Quantum Information Theory* [Techniques de matrices aléatoires en théorie de l'information quantique] (du 4 au 6 juillet 2010), en partenariat avec le Fields Institute de l'Université de Toronto.
- *Cosmological Frontiers in Fundamental Physics* [Frontières cosmologiques en physique fondamentale] (du 15 au 18 juin 2010), quatrième atelier d'une série en cours organisée en partenariat avec le Laboratoire Astroparticule et Cosmologie (APC) de l'Université Paris VII et l'Institut Solvay de Bruxelles (voir Objectif 7).
- Poursuite des *Journées Institut Perimeter-ICAT*, coorganisées avec l'Institut canadien d'astrophysique théorique (ICAT) et le Centre canadien de recherches avancées (ICRA), qui connaissent toujours un franc succès.

L'Institut a en outre coparrainé les cinq conférences, ateliers et symposiums hors site indiqués ci-dessous.

- *Workshop on Theory of Quantum Computation, Communication and Cryptography* [Atelier sur la théorie du calcul, de la communication et de la cryptographie quantiques], à l'Université de Waterloo.
- Conférence *Emergent Gravity IV*, à l'Université de la Colombie-Britannique.
- *Lake Louise Winter Institute*, à l'Université de l'Alberta.
- *Strong and Electroweak Matter 2010*, à l'Université McGill.
- Atelier d'été *Mathematica*, à l'Université de Porto.

Nouveaux partenariats

Centre international Abdus Salam de physique théorique (CIPT) – Le professeur Fernando Quevedo, récemment nommé directeur du Centre international Abdus Salam de physique théorique (CIPT) de Trieste, a séjourné à l'Institut Perimeter pendant un mois à l'automne 2009. Cette visite a jeté les bases des premières discussions concernant d'éventuelles collaborations sur plusieurs fronts destinées à promouvoir la physique théorique dans le monde. Un des projets de collaboration envisagés vise à aider les centres des pays en développement à étendre leurs capacités informatiques de manière efficace et rentable, ce domaine étant un point fort du CIPT. Depuis sa visite à l'Institut, le professeur Quevedo est devenu membre du Conseil d'administration de l'AIMS-NEI et s'est engagé à faire du CIPT le partenaire européen de ce dernier.

Institute for Advanced Study (IAS) – Le travail en cours avec les chercheurs de l'Institute for Advanced Study (IAS) de Princeton a renforcé la collaboration entre les deux établissements et a conduit à la création d'une nouvelle série d'ateliers sur les problèmes liés à la théorie de jauge supersymétrique $N = 4$. Ces ateliers ont lieu tous les six mois en alternance à l'Institut Perimeter et à l'IAS. Le premier s'est tenu à l'IAS les 8 et 9 avril 2010, et le prochain se tiendra à l'Institut Perimeter les 15 et 16 septembre 2010. Par ailleurs, un mini-cours intitulé « New Developments in $N=2$ Supersymmetric Gauge Theories » [Nouvelles avancées dans les théories de jauge supersymétriques $N = 2$] s'est tenu en février 2010 sous la direction de Davide Gaiotto, de l'Institute for Advanced Study (récemment recruté par l'Institut Perimeter, où il sera professeur adjoint à partir de 2011).

Université de Toronto-ATLAS – Ce nouveau partenariat vise à faciliter le rapprochement des chercheurs de l'Institut Perimeter avec les phénoménologues et expérimentateurs du monde de la physique des particules en général, et plus particulièrement avec le groupe expérimental ATLAS de l'Université de Toronto, qui est lié au travail en cours au LHC. Il a déjà donné lieu à deux réunions conjointes réussies, et celles-ci devraient se poursuivre (sur le modèle des Journées Institut Perimeter-ICAT qui se tiennent depuis plusieurs années).

Centro de Fisica do Porto (CFP) – En 2009, l'Institut Perimeter a conclu avec le CFP (Centro de Fisica do Porto) de l'Université de Porto un partenariat de cinq ans qui prévoit un atelier d'été *Mathematica* en physique théorique par an (se tenant en alternance au CFP et à l'Institut), le financement du cycle PSI pour un maximum de deux étudiants proposés par le CFP et un postdoctorat conjoint de quatre ans.

Dans le cadre de ce partenariat, l'Institut prévoit d'accueillir la deuxième édition de l'atelier d'été *Mathematica* en 2011. Cet atelier novateur connaît un très grand succès en raison de l'importance croissante du calcul informatisé dans la recherche en physique théorique, tant pour les calculs numériques que pour les tâches analytiques. Il réunit des physiciens théoriciens de tous les niveaux qui souhaitent apprendre à utiliser *Mathematica*, un logiciel scientifique de pointe, dans différents domaines de recherche. Le premier atelier était consacré à l'intégrabilité et aux dualités jauge-cordes, un sujet brûlant lié à de nombreux autres domaines, comme ceux de la matière condensée et de la physique mathématique.

Princeton Center for Theoretical Science (PCTS) – Cette nouvelle collaboration a permis d'établir un atelier semestriel portant sur des problèmes de cosmologie inflationniste, qui se tient en alternance à l'Institut Perimeter et au PCTS.

Objectif 6 – Renforcer le rôle de l’Institut comme centre de convergence pour la recherche en physique fondamentale au Canada

Résumé des réalisations

- Renforcement de la recherche en physique à l’échelle nationale par le recrutement conjoint de professeurs associés (voir Objectif 2) et la nomination de 29 nouveaux membres affiliés pendant l’exercice 2009-2010, ce qui porte leur nombre total à 95.
- Partenariat avec l’Université de Waterloo pour offrir le programme de maîtrise PSI, auquel participent, en tant que conférenciers, des professeurs appartenant à plusieurs universités canadiennes (voir Objectif 3).
- Organisation de quatre ateliers conjoints avec les universités environnantes et coparrainage, avec d’autres établissements, de cinq conférences et symposiums hors site.
- Tenue de dix cours destinés aux étudiants des universités canadiennes (voir Objectif 7) et diffusion des cours donnés à l’Institut sur le système de télé-enseignement en ligne AccessGrid à l’intention des étudiants de plusieurs universités de la région.
- Préparation d’un numéro thématique complet de la revue *La physique au Canada* à la demande de l’Association canadienne des physiciens et physiciennes.
- Poursuite du renforcement des liens avec des centres d’expérimentation canadiens tels que l’Institut d’informatique quantique, l’Observatoire de neutrinos de Sudbury (SNOLAB), le Laboratoire national de physique nucléaire et des particules (TRIUMF), l’ICAT et l’ICRA.
- Accueil d’ambassadeurs, de consuls généraux, de hauts fonctionnaires et de journalistes nationaux et internationaux pour faire ressortir le rôle international de premier plan que joue l’Institut Perimeter dans la recherche fondamentale, et générer une couverture médiatique aussi vaste que positive.

Faits saillants

L’Institut Perimeter est devenu un centre de convergence de la physique théorique au Canada. Cela a été confirmé de manière éclatante en juillet 2010 lorsque le premier ministre Stephen Harper a choisi l’Institut Perimeter comme lieu tout désigné pour annoncer le programme de bourses postdoctorales Banting, une nouvelle initiative destinée à faire venir au Canada les chercheurs en début de carrière les plus brillants au monde.

En 2009-2010, l'Institut a continué à fournir des ressources exceptionnelles à la communauté scientifique nationale à travers ses cours, séminaires et ateliers (voir Objectif 7), et il a attiré au Canada des talents de premier ordre grâce au programme PSI (voir Objectif 3). Il a également continué à entretenir des partenariats avec les membres concernés du monde canadien de la physique dans plusieurs domaines, comme ceux du recrutement (voir Objectif 2) et de l'organisation conjointe d'ateliers et de conférences, notamment en permettant aux chercheurs de l'ensemble du Canada de travailler avec ceux de l'Institut Perimeter en tant que membres affiliés (voir ci-dessous).

Collaboration avec les grands centres d'expérimentation

Un élément important de la stratégie de l'Institut Perimeter consiste à accroître sa collaboration avec les grands centres d'expérimentation du monde entier. Il permet ainsi au Canada de jouer un rôle central dans les efforts expérimentaux les plus intenses de la science d'aujourd'hui, comme ceux du Grand collisionneur de hadrons (LHC) au CERN, du satellite Planck et des détecteurs d'ondes gravitationnelles actuels et futurs, tels que LIGO et LISA. Même un petit nombre de théoriciens peuvent, en concentrant leurs efforts, avoir un impact énorme sur ces grandes expériences internationales, en indiquant les nouveaux signaux à rechercher, les meilleures façons d'analyser et d'interpréter les données, ainsi que les éléments de la physique à cibler, de manière à guider la conception des nouvelles expérimentations.

Cette stratégie fructueuse est bien illustrée par le recrutement récent de Natalia Toro et Philip Schuster, deux théoriciens de premier plan jouant déjà un rôle clé dans les expériences du LHC, ce qui donne à l'Institut Perimeter une place au centre de l'expérience la plus importante et la plus coûteuse de l'histoire (voir Objectif 3).

Un deuxième élément de la stratégie de l'Institut est son futur programme GO (voir Objectif 3), qui visera à établir un échange régulier de chercheurs avec les grands centres d'expérimentation et d'observation. Les premières discussions sur la création de ce nouveau programme ont eu lieu en 2009-2010. Les possibilités de collaboration ont également été discutées avec les membres concernés de la communauté canadienne de la physique expérimentale, notamment l'Observatoire de neutrinos de Sudbury (SNOLAB), le laboratoire national de physique nucléaire et des particules (TRIUMF) et le Centre canadien de rayonnement synchrotron à Saskatoon (Saskatchewan). Le lancement à l'automne 2009 d'une série continue de *Journées de l'expérience Atlas du LHC à l'Institut Perimeter* constitue une autre étape prometteuse dans cette direction (voir Objectif 5).

Programme des membres affiliés de l'Institut Perimeter

En 2009-2010, l'Institut Perimeter a recruté 29 nouveaux membres affiliés, et il en compte actuellement un total de 95 issus des universités de tout le pays. Les membres affiliés sont des enseignants choisis au sein des universités canadiennes et invités à rendre des visites informelles régulières à l'Institut

Perimeter pour collaborer avec ses chercheurs et participer à ses activités de recherche. En favorisant les liens régionaux et nationaux entre l'Institut Perimeter et des universités canadiennes, le programme des membres affiliés aide à renforcer l'ensemble du monde canadien de la physique tout en élargissant le socle de recherche de l'Institut (voir Annexe C).

Numéro spécial de *La Physique au Canada*

L'Association canadienne des physiciens et physiciennes (ACP) réunit en son sein la majorité des physiciens professionnels travaillant dans les entreprises, universités et laboratoires du Canada. En 2009, elle a demandé à l'Institut Perimeter d'être l'auteur d'un numéro spécial de sa revue trimestrielle, *La Physique au Canada*. Ainsi, le numéro d'avril-juin 2010 est paru sous le titre *À l'intérieur de l'Institut Perimeter*, et les 19 articles (dont un en français) qu'il contenait ont donné un panorama des activités de recherche, de formation et de diffusion des connaissances de l'Institut. Cette publication a fait l'objet de commentaires élogieux et enthousiastes et a été distribuée bien au-delà de sa base d'abonnés habituelle (qui compte 1 800 membres) aux donateurs publics et privés, aux enseignants de physique et à une sélection de professionnels des médias généralistes et scientifiques. Ce numéro est disponible gratuitement dans son intégralité sur les sites de l'ACP et de l'Institut Perimeter.

Visites de représentants officiels et de journalistes du monde entier

La croissance rapide et le succès des activités de recherche, de formation et de diffusion des connaissances de l'Institut Perimeter ont attiré l'attention du monde entier en montrant que le Canada est un foyer de la recherche de pointe et un pôle d'attraction pour les scientifiques de talent. En 2009-2010, des représentants des États-Unis, de la Chine et de l'Allemagne ont visité l'Institut Perimeter pour s'informer sur ses activités, son fonctionnement et sa vision, ainsi que sur les partenariats public-privé novateurs sur lesquels il repose.

Les activités scientifiques et éducatives de l'Institut ont suscité une couverture médiatique aussi vaste que positive à l'échelle nationale et internationale. L'Institut Perimeter a accueilli de nombreux journalistes de premier plan appartenant aux grands organes d'information nationaux et internationaux comme le *Globe and Mail*, *Les Échos*, *Maclean's*, le *Wall Street Journal*, *Le Figaro*, CBC Radio, CBC Television et l'émission *The Science Show* de la chaîne américaine ABC, parmi bien d'autres. On notera en particulier les réalisations mentionnées ci-dessous.

- L'équipe de la série documentaire scientifique de longue affiche *Horizon* de la BBC est venue à l'Institut Perimeter en juin 2010 pour filmer une émission intitulée *What Happened Before the Big Bang?* (Que se passait-il avant le Big Bang?), dans laquelle figuraient des entretiens avec Neil Turok (directeur de l'Institut), Lee Smolin (professeur), Parampreet Singh (post-doctorant) et Leonard Susskind (titulaire d'une chaire de chercheur distingué).

- En juin-juillet 2010, Paul Wells, grand chroniqueur au magazine *Maclean's*, a fait un séjour de quatre semaines à l'Institut Perimeter pour préparer un article de fond sur celui-ci, à paraître dans un numéro spécial innovation intitulé *Re-think*.
- Jennifer Barone, rédactrice d'actualités du magazine américain *Discover*, a visité l'Institut Perimeter en juin 2010 et inclura des entretiens réalisés à cette occasion dans le numéro spécial du 30^e anniversaire de la revue, à paraître à l'automne 2010.

Objectif 7 – Organiser en temps opportun des conférences, ateliers, séminaires et cours ciblés

Résumé des réalisations

- Tenue de 15 conférences et ateliers ciblés et opportuns auxquels ont participé plus de 691 scientifiques du monde entier.
- Présentation de 242 conférences scientifiques (208 séminaires et 34 colloques).
- Organisation de quatre ateliers conjoints en partenariat avec les universités environnantes (voir Objectif 5).
- Enseignement de dix cours aux chercheurs et étudiants des universités environnantes (cinq à unités et cinq sans unités).
- Poursuite du développement du site d'archivage en ligne PIRSA (Perimeter Institute Recorded Seminar Archive) pour en faire une ressource internationale de premier plan.

Faits saillants

Conférences et ateliers

L'Institut a tenu 15 conférences en 2009-2010 et a continué à servir de lieu d'échange mondial privilégié pour la recherche de pointe en physique théorique. La stratégie consistant à choisir avec soin des sujets et domaines du plus grand intérêt et hautement susceptibles d'apporter des résultats marquants s'est avérée payante et, au fil des ans, plusieurs conférences de l'Institut Perimeter ont été les premières au monde à présenter des découvertes inédites et des thèmes nouveaux.

On notera en particulier les conférences et ateliers mentionnés ci-dessous, qui ont marqué des moments importants dans plusieurs domaines.

- ***Gravity at a Lifshitz Point*** [Gravité en un point de Lifshitz] (du 8 au 10 novembre 2009). Ce fut la toute première rencontre à porter sur les implications de la théorie modifiée de la gravité récemment proposée par Petr Hořava, qui avait suscité beaucoup d'intérêt à travers le monde. Elle était coorganisée par le professeur Dario Benedetti, de l'Institut Perimeter, et par le professeur Hořava en personne. Cet atelier a permis aux principaux chercheurs du domaine de se représenter clairement l'état de cette théorie et a stimulé de nouvelles idées et collaborations tant à l'intérieur qu'à l'extérieur de l'Institut. Toutes les présentations peuvent être visionnées en ligne à l'adresse suivante : <http://pirsa.org/C09026>.

- ***Emergence and Entanglement*** [Émergence et intrication] (du 25 au 29 mai 2010). Cet atelier a été largement considéré comme le précurseur d'une nouvelle orientation particulièrement prometteuse de la recherche sur les nouvelles phases fortement quantiques de la matière, telles que les isolants topologiques et les liquides de spin, qui devraient prendre une grande importance technologique dans un proche avenir. Ces systèmes quantiques présentent un comportement d'ensemble original émergeant du comportement collectif et de l'interaction des degrés de liberté locaux de leurs constituants. Il semble que l'intrication quantique à distance observée dans ces systèmes joue un rôle essentiel dans la production de ces phénomènes originaux. L'atelier a réuni pour la première fois des théoriciens de la matière condensée, de la théorie de l'information quantique et de la théorie des cordes pour examiner les phénomènes d'émergence et d'intrication dans les systèmes quantiques à plusieurs corps. Le programme comprenait des exposés présentés par 30 chercheurs de haut niveau, dont un lauréat du prix Nobel (Sir Anthony Leggett), et le contenu des discussions aura probablement un impact durable sur cet aspect du développement de la théorie de la matière condensée. Si l'Institut Perimeter a pu accueillir cet atelier de très haut niveau sur la matière condensée même s'il ne compte pour l'instant aucun enseignant spécialiste du domaine, c'est grâce au fait que deux des organisateurs scientifiques, les professeurs Xiao-Gang Wen (MIT) et Subir Sachdev (Harvard), y sont titulaires d'une chaire de chercheur distingué. Le professeur Guifre Vidal, également titulaire d'une chaire de chercheur distingué de l'Institut, a aussi participé à l'atelier. Toutes les présentations peuvent être visionnées en ligne à l'adresse suivante : <http://pirsa.org/C10012/3>.

- ***Cosmological Frontiers in Fundamental Physics*** [Frontières cosmologiques en physique fondamentale] (du 15 au 18 juin 2010). Il s'agissait du quatrième atelier d'une série organisée conjointement par les Instituts internationaux Solvay, le laboratoire Astroparticule et Cosmologie (APC) de l'Université Paris VII et l'Institut Perimeter, dans le cadre d'un partenariat durable et particulièrement productif entre ces trois établissements. Les récentes recherches du professeur Stephen Hawking, titulaire d'une chaire de chercheur distingué de l'Institut, ont été présentées en sa présence par son proche collaborateur, le professeur Thomas Hertog. Le professeur Leonard Susskind, également titulaire d'une chaire de chercheur distingué de l'Institut, a aussi participé à l'atelier. Cette rencontre a été l'occasion d'échanges précieux sur les principaux développements de la recherche à l'interface de la cosmologie et de la physique fondamentale. Toutes les présentations peuvent être visionnées en ligne à l'adresse suivante : <http://pirsa.org/C10014>.

Séminaires et colloques

L'Institut Perimeter a tenu 208 séminaires et 34 colloques en 2009-2010. Huit séries de séminaires hebdomadaires actifs ont continué à promouvoir les collaborations au Canada et permis à d'éminents chercheurs du monde entier de partager et diffuser leurs connaissances. Ils ont notamment donné lieu à

d'importantes présentations des professeurs Leonard Susskind, Yakir Aharonov, Juan Maldacena, Ashoke Sen et Mark Wise, titulaires de chaires de chercheur distingué de l'Institut Perimeter.

Tous les exposés et débats tenus à l'Institut Perimeter sont disponibles en ligne sur le site PIRSA (www.pirsa.org), une archive permanente, gratuite, interrogeable et citable d'enregistrements vidéo des séminaires, conférences, ateliers et cours de l'Institut, afin de promouvoir le partage des connaissances et d'informer la communauté scientifique mondiale sur les recherches actuelles. Au cours de l'exercice écoulé, 45 004 visiteurs uniques situés dans 151 pays ont accédé au site PIRSA, soit une augmentation de 35 % par rapport à l'exercice précédent. Les utilisateurs nouveaux ou existants du site PIRSA s'y rendent aussi plus souvent, comme le montre l'augmentation de 63 % du nombre de visites, qui représentent plus de 375 363 pages visionnées. Le site PIRSA est devenu une ressource clé pour la communauté scientifique internationale, comme en témoigne une forte augmentation de trafic.

Cours

L'Institut Perimeter tire parti de l'expertise de ses chercheurs résidents et invités pour améliorer substantiellement l'offre de cours des universités environnantes. En plus des cours du programme PSI, l'Institut a continué à étendre son offre aux résidents et étudiants par un éventail de cours ciblés de courte durée et de cours à unités offerts en collaboration avec ces universités. Les cinq cours à unités et les cinq sans unités enseignés pendant l'exercice écoulé comprenaient notamment un mini-cours du professeur James Wells (CERN) intitulé ***Beyond the Standard Model Physics and the LHC*** [Théories dépassant le modèle standard de la physique pouvant être testées au LHC] (mars-avril 2010), un cours des professeurs Raymond Laflamme et Joseph Emerson intitulé ***Foundations and Interpretation of Quantum Theory*** [Fondements et interprétation de la théorie quantique] (janvier-avril 2010) et un mini-cours intitulé ***New Developments in N=2 Supersymmetric Gauge Theories*** [Nouveaux développements dans les théories de jauge supersymétriques $N = 2$] (février 2010) donné par **Daive Gaiotto, de l'Institute for Advanced Study (qui prendra ses nouvelles fonctions de professeur adjoint de l'Institut Perimeter en 2011).**

Objectif 8 – Mener une action de diffusion des connaissances à fort impact

Résumé des réalisations

- Organisation du festival scientifique *Quantum to Cosmos: Ideas for the Future* (Du quantum au cosmos : des idées pour l'avenir), qui a rassemblé plus de 40 000 visiteurs sur place et touché plus d'un million d'internautes et de téléspectateurs.
- Production et distribution d'un documentaire télévisuel d'une heure intitulé *Les dompteurs de l'invisible (The Quantum Tamers)*, qui a remporté quatre prix dans des festivals internationaux.
- Tenue d'ateliers d'été EinsteinPlus à l'Institut Perimeter (pour 27 enseignants en août 2009, puis pour 37 autres en juillet 2010) et d'ateliers itinérants pour plus de 200 enseignants au Canada et dans le monde.
- Agrandissement du Réseau d'enseignants de l'Institut Perimeter, en utilisant une approche fondée sur la formation de formateurs pour tenir 51 ateliers supplémentaires et faire partager les ressources de l'Institut à 1 011 enseignants au Canada et ailleurs.
- Réalisation d'une étude pilote sur les séminaires en ligne pour augmenter la portée et l'impact des programmes destinés aux enseignants, en particulier pour ceux des régions éloignées.
- Tenue de l'École d'été internationale pour jeunes physiciens et physiciennes (ISSYP, pour *International Summer School for Young Physicists*) à l'Institut Perimeter pour 37 élèves canadiens et étrangers en août 2009, puis pour 40 élèves en juillet 2010; et lancement de *Go Physics! (Allez la physique!)*, un atelier itinérant d'une journée offert par l'ISSYP pour donner aux élèves du second cycle du secondaire un instantané du plaisir de la physique.
- Éveil de l'intérêt pour la physique de plus de 6 000 élèves du secondaire dans tout le Canada avec les présentations itinérantes de la série *Physica Phantastica* et avec le concours vidéo *I Love Science* (La science, j'adore).
- Production de nouvelles ressources d'enseignement en classe et en ligne, comme les modules intitulés *The Challenge of Quantum Reality*, *GPS and Relativity* et *Alice and Bob in Wonderland*; et ajouts aux ressources en lignes existantes, notamment à la série *Meet A Scientist* et à l'ISSYP virtuelle.

- Partenariat avec d'autres organisations de diffusion des connaissances, comme l'Expo-sciences pancanadienne, afin d'offrir des programmes de haute qualité aux élèves du secondaire partout au Canada.

Faits saillants

Programmes et ressources pour les enseignants

Atelier national pour enseignants EinsteinPlus

Des enseignants venus de tout le Canada et du reste du monde ont participé aux sessions de l'atelier national EinsteinPlus (E+) sur la physique moderne qui se sont tenues à l'Institut pendant l'été 2009 (27 participants), puis en juillet 2010 (37 participants). Destiné aux enseignants du secondaire, cet atelier intensif d'une semaine se concentre sur la façon de mieux transmettre les concepts essentiels de la physique moderne. Les participants y ont découvert les tout derniers outils d'enseignement présentiel de la série *Perimeter Explorations* et ont donné leur avis sur les futurs modules en développement. Ce retour d'information assure que les ressources sont fondées sur de bons principes pédagogiques et seront adoptées par le monde de l'éducation dans son ensemble. Les stagiaires EinsteinPlus sont ensuite amenés à organiser des ateliers pour d'autres professeurs de physique dans leur région.

Ateliers itinérants pour enseignants

L'équipe de diffusion des connaissances de l'Institut Perimeter a offert des ateliers pour enseignants dans le cadre de congrès tenus au Canada et à l'international, touchant ainsi plus de 200 éducateurs influents au congrès *Science Teaching Catalyst* de la Colombie-Britannique et à ceux de l'Association des professeurs de sciences de l'Ontario et de l'Ontario Association of Physics Teachers. Les exposés ont aidé les professeurs de sciences du secondaire à se familiariser avec des techniques pédagogiques conçues pour enseigner différents aspects de la physique moderne, ont servi de canal de distribution pour les outils d'enseignement présentiel de la série *Perimeter Explorations*, et ont permis de recueillir de précieux avis sur les nouveaux supports pédagogiques en cours de développement à l'Institut Perimeter. Un plan est désormais en place pour donner des présentations dans chaque province et territoire du Canada selon un cycle de quatre ans, de manière à établir et maintenir un lien personnel entre l'Institut Perimeter et les établissements d'enseignement dans tout le pays.

L'équipe de diffusion des connaissances a également animé des ateliers au congrès annuel du programme PTR (Physics Teaching Resource Agents), la plus grande initiative d'amélioration de l'enseignement de la physique en Amérique du Nord, ainsi qu'un mini-atelier EinsteinPlus pour 40 enseignants européens particulièrement brillants venus de plus de 30 pays, dans le cadre de l'atelier pour professeurs de lycée du CERN. Ces ateliers spéciaux, organisés à la demande, témoignent de

l'intérêt et de l'adhésion que suscitent les outils et techniques de diffusion des connaissances de l'Institut Perimeter, illustrant ainsi à merveille le rôle du Canada dans la communication du savoir scientifique à l'ensemble du monde.

Réseau d'enseignants de l'Institut Perimeter

Au cours de l'exercice écoulé, l'équipe de diffusion des connaissances a consacré des efforts considérables à la mise en place du Réseau d'enseignants de l'Institut Perimeter. Il s'agit d'un réseau de formation de formateurs apportant à une sélection d'enseignants ayant participé aux ateliers *EinsteinPlus* et aux ateliers itinérants de l'Institut Perimeter une formation supplémentaire sur la façon de faire partager les ressources de l'Institut. Ceux-ci organisent à leur tour des ateliers pour d'autres éducateurs dans leurs régions d'origine, élargissant ainsi la diffusion des outils d'enseignement présentiel de l'Institut Perimeter à l'ensemble du Canada. Au cours de l'exercice écoulé, les membres du Réseau d'enseignants de l'Institut Perimeter ont animé 51 ateliers dans huit provinces et territoires du Canada, touchant ainsi 1 011 enseignants et au moins 45 000 élèves de plus que n'aurait pu le faire le personnel de l'Institut à lui seul.

Ressources pédagogiques

Perimeter Inspirations – Une étude récente réalisée par la Fondation canadienne pour l'innovation et Ipsos-Reid (juin 2010) indique qu'il existe entre les âges de 12 et 18 ans une période critique propice à éveiller l'intérêt des jeunes pour la science. La série *Perimeter Inspirations* s'applique à captiver l'imagination des élèves du premier cycle du secondaire (qui sont nos futurs innovateurs, inventeurs et entrepreneurs) dans le but d'éveiller leur intérêt et de leur donner envie de continuer à étudier les mathématiques et les sciences dans le second cycle. Le premier module de la série, intitulé *GPS and Relativity* [GPS et relativité], est sorti en juillet 2010.

Perimeter Explorations – Pour le second cycle du secondaire, les modules *Perimeter Explorations* analysent plus en profondeur les concepts et contenus techniques plus complexes, afin de renforcer le penchant scientifique des élèves et de leur offrir une excellente préparation aux études supérieures en mathématiques, sciences et techniques de l'ingénieur.

Les ressources d'enseignement présentiel de la série *Perimeter Explorations* continuent d'être le meilleur moyen de transmettre les idées complexes de la physique moderne de manière très visuelle et pratique. Les ensembles pédagogiques permettent aux enseignants de transmettre les contenus de l'Institut Perimeter à un plus grand nombre d'élèves que ne pourrait le faire à elle seule l'équipe de diffusion des connaissances de l'Institut. Le deuxième module, *The Challenge of Quantum Reality* [Le défi de la réalité quantique], composé d'une vidéo de 30 minutes et d'un guide de l'enseignant contenant des activités pratiques pour les élèves, a été distribué à plus de 1 000 professeurs et a reçu de leur part une adhésion exceptionnelle, 98 pour cent des 850 éducateurs interrogés déclarant qu'ils l'utiliseraient dans leurs cours. Plus de 4 500 exemplaires des différents modules (*The Mystery of Dark Matter*, *The Challenge of Quantum Reality*, et notre fameux montage de mesure de la constante de

Planck) ont été distribués dans l'ensemble du Canada et ailleurs, ce qui revient à toucher 200 000 élèves par an pour les années à venir.

Programmes et produits destinés aux élèves du secondaire

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

Désormais considérée par beaucoup comme le meilleur stage pour jeunes physiciens au monde, l'ISSYP offre aux élèves canadiens et étrangers âgés de 16 à 19 ans et doués d'un penchant scientifique particulièrement prometteur la possibilité de faire chaque année un séjour de deux semaines à l'Institut Perimeter pour participer à des cours de physique moderne, suivre des séances de mentorat avec des scientifiques de premier plan et visiter de grands laboratoires de physique expérimentale. En mettant les élèves en contact direct avec la recherche de pointe au moment où ils évaluent activement leurs choix d'orientation, l'ISSYP a contribué à enclencher de nombreuses carrières scientifiques. Qui plus est, l'ISSYP expose quelques-uns des élèves les plus prometteurs au monde à la grande vitalité de la communauté scientifique du Canada, et un nombre considérable de ses stagiaires poursuivent ensuite leurs études dans des universités canadiennes.

Pendant l'exercice 2009-2010, l'équipe de diffusion des connaissances de l'Institut a continué à privilégier la qualité sur la quantité, comme elle avait commencé à le faire lors de l'exercice précédent, en sélectionnant des élèves brillants qui ont déjà fait preuve d'un fort penchant et d'un grand talent pour la science. En août 2009, la session de l'ISSYP a été une grande réussite. Ses 37 participants ont notamment visité l'Observatoire de neutrinos de Sudbury (SNOLAB), une installation souterraine consacrée à la physique des neutrinos et de la matière noire, et cette visite a remporté un tel succès qu'elle a été répétée à la session 2010. En juillet 2010, l'ISSYP a rassemblé une nouvelle sélection de 40 élèves venus de 16 pays pour deux semaines d'enrichissement de haut niveau.

***Go Physics!* (une nouvelle initiative)**

La nouvelle initiative *Go Physics!* [Allez la physique!] offre une mini-ISSYP intensive d'une journée à des élèves passionnés de 11^e et 12^e années dans tout le Canada. Le programme vise à faire partager l'expérience bénéfique de l'ISSYP à un plus grand nombre d'élèves à travers le pays sans organiser des stages en vraie grandeur, car cela dépasserait les capacités d'un petit établissement comme l'Institut Perimeter. Un total de six ateliers d'environ 30 élèves chacun ont été tenus : deux à l'Institut Perimeter et un dans chacune des villes suivantes : Vancouver, Winnipeg, Moncton et Fredericton. Ce programme est une réussite et devrait se poursuivre selon un cycle faisant alterner trois puis six ateliers par an (trois autres étant organisés les années de grand festival) et selon un rapport de répartition géographique similaire.

Présentations *Physica Phantastica*

La série *Physica Phantastica* a apporté la richesse et l'inspiration de son contenu scientifique à plus de 6 000 élèves du secondaire, y compris ceux qui sont venus de l'autre bout de la province pour le festival *Quantum to Cosmos*. Ces activités d'enrichissement ont également eu lieu à l'Expo-sciences pancanadienne de Peterborough (Ontario), à la Sci-Tech Fair de Toronto, et à l'Université de la Colombie-Britannique à Vancouver. De nouveaux contenus ont également été testés et présentés aux élèves du cycle intermédiaire, comme les séquences animées de 60 secondes *Alice and Bob* (voir ci-dessous) intégrées à une riche présentation faisant ressortir la puissance de la pensée critique et des idées scientifiques.

***I Love Science*, un concours vidéo jeunesse**

Le concours vidéo *I Love Science* (La science, j'adore) propose aux jeunes de mobiliser leur génie créatif pour expliquer pourquoi ils aiment la science, en 30 secondes maximum et d'une manière suscitant à la fois réflexion et amusement. Plus de 60 candidats âgés de 14 à 19 ans ont envoyé leurs vidéos depuis l'ensemble du Canada. Les deux lauréats du grand prix ont gagné un voyage aller-retour tous frais payés à Waterloo (Ontario) pour visiter l'Institut Perimeter et participer en compagnie du professeur Stephen Hawking à une émission spéciale intitulée *Hawking at the Perimeter* et diffusée pour la première fois le 20 juin 2010, de manière à saluer l'intérêt des jeunes pour la science et la technologie.

Ressources en ligne

L'Institut Perimeter offre des ressources en ligne pour faire partager la puissance de la physique théorique à des publics de tous âges et présenter un modèle d'excellence en matière de diffusion des connaissances. Un grand nombre des activités mentionnées ci-dessus existent sous forme virtuelle et sont disponibles en ligne. Par exemple, une ISSYP virtuelle offre une sélection des meilleurs contenus des écoles d'été, au profit de la jeunesse du monde entier. Les autres ressources en ligne sont présentées ci-dessous.

Power of Ideas (La puissance des idées)

L'expérience numérique interactive intitulée *Power of Ideas* montre comment les découvertes et les unifications de la physique ont fait progresser notre compréhension du monde. Elle montre par exemple de quelle façon les concepts d'ondes et de particules, apparemment sans rapport, ont été unifiés par la mécanique quantique pour expliquer comment les atomes peuvent exister dans notre univers, ces idées étant à leur tour devenues la base de technologies extrêmement puissantes. Cette ressource de l'Institut Perimeter est fondée sur les principes pédagogiques de

l'apprentissage en ligne pour faciliter son utilisation par tous les enseignants du Canada et d'ailleurs.

Alice and Bob in Wonderland (Alice et Bob au pays des merveilles)

Cette série de neuf vidéos d'animation captivantes d'une minute chacune est destinée aux élèves des cycles moyen et intermédiaire. Elle vise à faire naître les questions chez les jeunes spectateurs et à les encourager à utiliser leurs capacités de raisonnement pour essayer d'y répondre. La série connaît un très grand succès et totalise plus de 3 000 accès par mois. La prochaine étape du projet consistera, au cours des trois années à venir, à mettre au point des outils d'enseignement présentiel prêts à l'emploi pour chaque animation.

Meet a Scientist (Rencontre avec un scientifique)

Plus de 30 vidéos d'entretien avec un scientifique sont maintenant disponibles sur le site, pour apporter aux élèves motivés par la curiosité l'éclairage personnel de chercheurs qui font partager leur motivation et leur passion pour la science. Plusieurs de ces vidéos sont associées à des liens vers des ressources connexes, appartenant notamment aux rubriques *What We Research (Ce que nous cherchons)* et *PI Public Lectures (Conférences publiques de l'Institut Perimeter)*, pour permettre aux visiteurs d'approfondir le sujet.

Séminaires en ligne

L'Institut Perimeter a entrepris une étude pilote sur les séminaires en ligne pour évaluer leur efficacité comme moyen d'accroître l'impact de ses efforts de diffusion des connaissances auprès des enseignants établis dans des régions canadiennes éloignées ou dans d'autres pays tout en économisant les ressources. Six séminaires en ligne ont été offerts à des éducateurs en poste en Alberta, en Saskatchewan, au Manitoba et en Ontario. Le succès de l'étude pilote a amené l'Institut Perimeter à poursuivre ce travail pendant l'exercice à venir, de manière à optimiser la portée de ses contenus de diffusion des connaissances. Le programme étudiera également la possibilité de faire participer des chercheurs de l'Institut (étudiants du cycle PSI, doctorants, post-doctorants et enseignants) à quelques-uns des séminaires en ligne.

Programmes destinés au grand public

Festival Quantum to Cosmos: Ideas for the Future [Du quantum au cosmos : des idées pour l'avenir] (du 15 au 25 octobre 2009)

Le festival *Quantum to Cosmos* (Q2C) a été l'un des grands succès de l'Institut Perimeter pour l'exercice écoulé. Il a été organisé pour marquer le dixième anniversaire de l'Institut, pour contribuer à la Semaine nationale des sciences et de la technologie du Canada, ainsi que pour célébrer l'Année mondiale de l'astronomie. Ce festival scientifique de 10 jours a attiré 40 000 visiteurs sur place et touché un million d'internautes et de téléspectateurs. Il comprenait :

- 30 conférences et tables rondes présentées par 79 scientifiques, journalistes et innovateurs de premier plan
- Six débats *Science in the Pub^{MC}*
- Un festival du film d'inspiration scientifique
- 465 m² de kiosques et présentations, avec des démonstrations, des activités pratiques, des expériences de physique, une visite immersive tridimensionnelle de l'univers guidée par un commentaire de Stephen Hawking, ainsi qu'une maquette de la prochaine astromobile martienne
- Cinq nuits de discussions scientifiques et technologiques dans l'émission *The Agenda with Steve Paikin* de la chaîne TVO, diffusées dans tout le Canada en direct de l'atrium de l'Institut Perimeter

Ce festival a servi de forum national et international pour faire partager la puissance des idées et la marque d'excellence de l'Institut Perimeter, et on peut dire qu'il établit une nouvelle référence pour les festivals scientifiques au Canada et ailleurs. Qui plus est, il a attiré suffisamment de nouveaux financements pour atteindre le seuil de rentabilité. Les commentaires des médias et des blogs ont été très largement positifs, de même que les résultats des enquêtes réalisées par l'Institut Perimeter. Il y a également eu beaucoup de marques de soutien informelles, comme la lettre d'une élève de 12^e année qui écrit que sa visite au festival *Quantum to Cosmos* l'a amenée à organiser avec quelques-uns de ses camarades sa propre « Journée de jeux scientifiques » à l'intention des classes de 9^e et 10^e années, pour « les encourager à prendre des cours de science » les années suivantes.

L'Institut Perimeter travaille actuellement avec l'Université de Waterloo et d'autres partenaires à l'organisation de sa prochaine manifestation de grande envergure, la Waterloo Global Science Initiative (WGSi). En juin 2011, la WGSi réunira les chercheurs, les médias et les jeunes pour aborder les problèmes énergétiques pressants de la planète du point de vue scientifique et collaboratif qui caractérise les activités de diffusion des connaissances de l'Institut Perimeter.

Documentaire télévisuel *Les dompteurs de l'invisible (The Quantum Tamers)*

Au cours de l'exercice écoulé, les interactions de l'Institut Perimeter avec des scientifiques de premier plan, son expérience de la transmission des idées abstraites sous des formes très visuelles et ses partenariats fructueux avec des experts de la télédiffusion ont transformé un simple projet de diffusion des connaissances en émission à programmer aux heures de grande écoute. Une équipe parfaitement soudée est parvenue à communiquer la complexité de la mécanique quantique et de l'information quantique à travers un documentaire télévisuel divertissant intitulé *Les dompteurs de l'invisible (The Quantum Tamers)*. Cette émission grand public emmène le téléspectateur tout au fond des égouts de Vienne (le lieu d'expériences de téléportation quantique révolutionnaires) et dans des laboratoires d'informatique quantique de pointe. Plus d'une douzaine d'éminents scientifiques, dont Stephen Hawking, ont participé à cette production pour présenter d'une façon novatrice des concepts comme ceux de superposition et d'intrication en faisant appel à des techniques d'animation et même à des danseurs.

Le documentaire *Les dompteurs de l'invisible* a été distribué aux chaînes de télévision et organismes d'éducation partout dans le monde et diffusé dans plus de 60 pays (un nombre qui continue de croître). Il a également remporté quatre prix internationaux : le prix Audace « récompensant un projet original dans son sujet ou son traitement » au festival international du film scientifique Pariscience, le prix du meilleur documentaire télévisuel au festival Accolade (Californie), le prix du grand jury pour le meilleur documentaire au Festival du film indépendant de Washington, et une palme d'or pour « réalisation cinématographique exceptionnelle » au Festival international du film de Mexico.

Série de conférences publiques

La série phare de conférences publiques de l'Institut Perimeter a poursuivi sa tradition en présentant des exposés captivants à de larges publics enthousiastes. Comme d'habitude, la totalité des 600 places de l'amphithéâtre a été réservée en quelques minutes (elles sont gratuites, mais doivent être réservées en passant par le système en ligne de l'Institut Perimeter). Afin de maximiser le succès des conférences publiques, celles-ci sont enregistrées par des professionnels et partagées avec un public plus large par diffusion sur les chaînes de télévision partenaires (hertziennes et câblées), ainsi que sur le site Web de l'Institut Perimeter. La chaîne TVO, en particulier, les diffuse à un large public national sur deux chaînes satellitaires dans le cadre de sa série *Big Ideas*.

Émission télévisée *Hawking at the Perimeter*

Pendant son séjour de six semaines à l'Institut Perimeter en juin-juillet 2010, au titre de sa chaire de chercheur distingué, le professeur Stephen Hawking a contribué au programme de diffusion des connaissances en participant à une émission spéciale diffusée dans tout le Canada par TVO. Celle-ci comprenait un discours d'ouverture et de bienvenue de l'honorable Tony Clement, ministre de

l'Industrie, ainsi que la présentation des lauréats du grand prix du concours vidéo jeunesse pancanadien *I Love Science* [La science, j'adore]. L'émission a été diffusée pour la première fois le 20 juin 2010 à 20 h HAE sur TVO pour plus de 100 000 téléspectateurs à l'échelle nationale, puis elle a continué à toucher un plus large public par des rediffusions dans l'ensemble du pays sur TVO et CPAC, en anglais et en français, tout en tenant compte du décalage horaire. Pour accompagner l'émission du 20 juin, M. Damian Pope, directeur principal de la diffusion des connaissances de l'Institut Perimeter, a pris part à une discussion en ligne menée en direct sur le site de TVO et y a précisé le contexte scientifique de l'exposé du professeur Hawking.

Collaboration avec les médias et formation continue des journalistes

L'Institut Perimeter connaît l'importance de la formation professionnelle continue des journalistes et sait qu'un rehaussement de la qualité des reportages peut améliorer la culture scientifique du grand public. C'est pourquoi l'Institut entretient de solides relations avec différentes organisations de communication et journalisme scientifiques, ainsi qu'avec les organes et programmes d'information scientifique avec lesquels il collabore et auxquels il apporte des contenus.

Pendant l'exercice 2009-2010, l'Institut Perimeter a coproduit avec CBC Radio un épisode de la série *Quirks & Quarks* portant sur « les grandes questions sans réponse de la physique ». Cette émission a été entendue par plus d'un million d'auditeurs de CBC Radio en tenant compte des rediffusions et de la baladodiffusion.

L'Institut Perimeter a continué à soutenir la formation professionnelle continue des journalistes scientifiques en poursuivant sa contribution au programme de communication scientifique du Centre d'arts de Banff (Alberta). Il a également participé aux phases de planification du nouveau Centre canadien science et médias, dont il est désormais membre fondateur.

En s'appuyant sur sa relation existante avec la Fédération mondiale des journalistes scientifiques (WFSJ), l'Institut Perimeter a commencé la planification d'une séance plénière sur « La science comme force de changement » et de deux tables rondes pour le prochain Congrès mondial des journalistes scientifiques (WCSJ), qui se tiendra au Caire (Égypte) en 2011. Les sessions de ce type permettent à des journalistes internationaux de premier plan d'acquérir de précieuses connaissances de fond pour la rédaction de leurs futurs articles tout en établissant des liens importants avec les experts scientifiques et le personnel de l'Institut Perimeter.

Objectif 9 – Créer l’environnement et l’infrastructure idéaux pour soutenir l’excellence de la recherche en physique théorique

Résumé des réalisations

- Poursuite de la construction du Centre Stephen Hawking à l’Institut Perimeter (*The Stephen Hawking Centre at Perimeter Institute*), qui progresse dans le respect des délais et du budget pour s’achever à l’automne 2011; ce projet a reçu le tout premier Sceau d’or de l’Association canadienne de la construction à être décerné en Ontario, ce qui témoigne de la qualité des travaux, et il est en voie d’obtenir la certification LEED argent pour sa viabilité écologique.
- Lancement d’un projet d’expansion et de rénovation intégrale des systèmes et services informatiques; recrutement d’un directeur informatique et lancement du processus de recrutement d’un spécialiste de l’application des technologies de l’information à la science.
- Enrichissement considérable du fonds de la bibliothèque de l’Institut.
- Amélioration de l’accessibilité en fauteuil roulant du bâtiment principal de l’Institut.
- Mise en œuvre de règles d’écologisation visant à réduire la consommation d’énergie et de papier, et à accroître le recyclage et le compostage.

Faits saillants

Centre Stephen Hawking à l’Institut Perimeter

Actuellement en construction pour une ouverture prévue à l’automne 2011, le Centre Stephen Hawking à l’Institut Perimeter (SHC, pour *Stephen Hawking Centre at Perimeter Institute*) est une adjonction de 5110 mètres carrés à l’immeuble principal de l’Institut destinée à créer l’environnement optimal pour la recherche et la formation en physique théorique.

Cette adjonction fera plus que doubler l’espace de recherche et de formation de l’Institut alors que son effectif scientifique et ses activités de diffusion des connaissances atteignent leur masse critique. Conçu par le cabinet d’architectes Teeple, lauréat de plusieurs prix du Gouverneur général, le SHC permettra à l’Institut d’accueillir sous un même toit et dans une même communauté 250 chercheurs confirmés ou en formation. Dans le cadre de l’effort stratégique d’accélération de la recherche de l’Institut, le SHC apportera une infrastructure et des services informatiques d’avant-

garde intégrant notamment des moyens de téléconférence, des outils avancés d'analyse et de visualisation des données et une expertise interne en informatique scientifique (voir ci-dessous).

Le ministère de la Recherche et de l'Innovation de l'Ontario (MRI) et la Fondation canadienne pour l'innovation (FCI) ont affecté à cette expansion un financement total de 20,8 millions de dollars, qui a été doublé par des fonds privés recueillis par l'Institut. Le projet du SHC a créé environ 250 emplois locaux et a reçu le tout premier Sceau d'or de l'Association canadienne de la construction à être décerné en Ontario, ce qui témoigne de la haute qualité des travaux. En mettant en œuvre les toutes dernières méthodes de construction écologiquement viables, le SHC est en voie d'obtenir la certification LEED argent. Des entretiens sont en cours avec Christie Digital Systems en vue d'obtenir que cette société fasse don de systèmes de visualisation d'avant-garde et assure leur installation au SHC.

Expansion de l'infrastructure et des services informatiques

Bien que le tableau noir demeure l'outil emblématique de la physique théorique, la croissance rapide de la puissance des ordinateurs et des grandes grilles de calcul distribué permet aux théoriciens de s'attaquer à des problèmes non seulement numériques, mais aussi analytiques, qui étaient jusqu'ici hors de leur portée. Par exemple, en utilisant des algorithmes sophistiqués développés par les mathématiciens, physiciens et informaticiens, les théoriciens d'aujourd'hui peuvent désormais étudier la façon dont les trous noirs se forment, entrent en collision et émettent des ondes gravitationnelles.

L'Institut Perimeter a ouvert la voie de l'application des technologies de l'information au partage des recherches en physique par la création du site d'archivage en ligne PIRSA (Perimeter Institute Recorded Seminar Archive), qui permet d'accéder par Internet à la quasi-totalité des séminaires et conférences tenus à l'institut (voir Objectif 7).

Dans le cadre du SHC, l'Institut a établi une stratégie destinée à tirer pleinement parti du potentiel de l'informatique de pointe pour accélérer la recherche en physique théorique. Cette stratégie consiste à : (i) recruter des informaticiens hors pair; (ii) établir des liens solides avec les centres de calcul de pointe existants; (iii) utiliser, développer et tester des outils informatiques de pointe et partager les résultats avec l'ensemble de la communauté scientifique; et (iv) mettre à niveau le site d'archivage en ligne PIRSA, où sont conservés les enregistrements des séminaires de l'Institut.

Cette stratégie a donné lieu à la création de deux nouveaux postes. En février 2010, l'Institut a recruté un directeur informatique et l'a chargé de créer et mettre en œuvre des stratégies, politiques, pratiques et services en matière de technologies de l'information et de la communication qui faciliteront la réalisation de ses objectifs de recherche, de formation et de diffusion des connaissances. À la suite d'une évaluation des besoins, l'Institut a créé un poste hybride de chercheur informaticien nécessitant à la fois une connaissance avancée de la recherche en physique et une grande expertise en technologies de l'information, et la campagne de recrutement est en cours.

Expansion de la bibliothèque

Pendant l'exercice 2009-2010, la bibliothèque de l'Institut Perimeter a poursuivi l'enrichissement de son fonds d'ouvrages et périodiques imprimés dans le cadre d'une stratégie globale visant à offrir un centre de ressources documentaires complet aux chercheurs résidents et invités. Cette stratégie passe par le renforcement des fonds, la mise à disposition d'un accès sécurisé aux ressources électroniques dans le cadre de conventions en bonne et due forme, l'élargissement des services de bibliothèque traditionnels et la mise à disposition d'un cadre de travail et de recherche convivial. Au cours de l'exercice écoulé, la bibliothèque de l'Institut a acquis 827 nouveaux ouvrages imprimés, ce qui porte cette partie du fonds à un total de 3 768 volumes. D'ici 2014, elle possédera plus de 5 000 volumes qui constitueront un fonds complet et équilibré d'ouvrages récents et traditionnels représentant pleinement le champ des domaines d'étude de l'Institut Perimeter et des disciplines connexes.

Campagne *Expanding the Perimeter*

L'Institut Perimeter repose sur un partenariat public-privé novateur qui partage les possibilités, les avantages et la responsabilité de l'investissement à long terme dans la recherche fondamentale (le type de recherche qui produit les percées conceptuelles nécessaires à la création de technologies radicalement nouvelles).

Les investissements publics soutenus consacrés à l'Institut Perimeter ont été essentiels au succès de ses réalisations jusqu'à ce jour. L'Institut Perimeter souhaite maintenir cette relation hautement productive avec le secteur public tout en attirant de plus en plus d'investissements privés. En vue d'assurer sa pérennité alors qu'il continue de croître pour devenir un centre de physique théorique de premier rang mondial, l'Institut Perimeter doit élargir sa base de financement. À cette fin, il a entrepris une grande campagne de financement baptisée *Expanding the Perimeter* (Élargir le périmètre).

M. Jon Dellandrea, un éminent professionnel du développement des organisations, dirige cette campagne avec l'aide d'une petite équipe. Un Conseil de direction regroupant plusieurs personnalités influentes venant principalement du secteur privé a été constitué et placé sous la direction de M. Mike Lazaridis (fondateur de l'Institut Perimeter et président de son Conseil d'administration) et de M. Cosimo Fiorenza (vice-président du Conseil d'administration). Les membres de ce conseil se tourneront à leur tour vers leurs cercles de relations plus étendus afin d'obtenir leur adhésion à la vision de l'Institut Perimeter et leur participation financière à celle-ci.

Conjointement à cette campagne, la poursuite de l'investissement public dans l'Institut Perimeter assurera sa pérennité alors qu'il poursuit sa croissance et maintient un atout stratégique inestimable pour le Canada : un vivier de chercheurs unique au monde et disposant d'un potentiel sans précédent, un centre de premier plan à l'avant-garde de la recherche la plus ambitieuse et potentiellement la plus fructueuse, un pôle d'attraction pour les scientifiques de talent du monde entier et un centre de formation à la recherche incomparable pour préparer l'avenir.

Vue d'ensemble des états financiers, des dépenses, des critères et de la stratégie d'investissement

PERIMETER INSTITUTE
ÉTATS FINANCIERS CONDENSÉS
31 JUILLET 2010



RAPPORT DES VÉRIFICATEURS

À l'attention du Conseil d'administration de Perimeter Institute

Le bilan condensés ainsi que les états condensés des résultats et de l'évolution des soldes de fonds ci-joints ont été établis à partir des états financiers complets de Perimeter Institute au 31 juillet 2010 et pour l'exercice clos à cette date, à l'égard desquels nous avons exprimé une opinion sans réserve dans notre rapport daté du 24 septembre 2010. La présentation d'un résumé fidèle des états financiers complets relève de la responsabilité de la direction. Notre responsabilité, en conformité avec la note d'orientation pertinente concernant la certification publiée par l'Institut Canadien des Comptables Agréés, consiste à faire rapport sur les états financiers condensés.

À notre avis, les états financiers ci-joints présentent, à tous les égards importants, un résumé fidèle des états financiers complets correspondants selon les critères décrits dans la note d'orientation susmentionnée.

Les états financiers condensés ci-joints ne contiennent pas toutes les informations requises selon les principes comptables généralement reconnus au Canada. Le lecteur doit garder à l'esprit que ces états risquent de ne pas convenir à ses fins. Pour obtenir de plus amples informations sur la situation financière, les résultats d'exploitation et les flux de trésorerie de l'entité, le lecteur devra se reporter aux états financiers complets correspondants.

Zeifmans LLP

Toronto, Ontario
24 septembre 2010

Comptables agréés
Experts-comptables autorisés

PERIMETER INSTITUTE
(Constitué sans capital-actions en vertu des lois du Canada)
BILAN
AU 31 JUILLET 2010

ACTIF

| | 2010 | | | | 2009 | |
|--|---------------------------|----------------------|--|-----------------------------|-----------------------|-----------------------|
| | Fonds affectés | | | | | |
| | Dotations à long terme | Immobilisations | Recherche et diffusion des connaissances | Fonds d'ad- ministration | Total | Total |
| Actif à court terme : | | | | | | |
| Trésorerie et équivalents | 2 256 011 \$ | --- | 2 807 138 \$ | --- | 5 063 149 \$ | 4 270 695 \$ |
| Investissements | 209 002 595 | --- | --- | --- | 209 002 595 | 207 877 993 |
| Subventions gouvernementales à recevoir | --- | 3 571 299 | 40 000 | --- | 3 611 299 | 5 072 000 |
| Autre actif à court terme | --- | --- | 716 748 | 452 801 | 1 169 549 | 1 476 919 |
| | 211 258 606 | 3 571 299 | 3 563 886 | 452 801 | 218 846 592 | 218 697 607 |
| Autre actif à recevoir | --- | --- | 29 938 | --- | 29 938 | 57 024 |
| Immobilisations | --- | 38 197 202 | --- | --- | 38 197 202 | 28 656 950 |
| TOTAL DE L'ACTIF | 211 258 606 \$ | 41 768 501 \$ | 3 593 824 \$ | 452 801 \$ | 257 073 732 \$ | 247 411 581 \$ |

PASSIF ET SOLDE DES FONDS

| | | | | | | |
|---|--------------------|-------------------|------------------|-------------------|--------------------|--------------------|
| Passif à court terme : | | | | | | |
| Dette bancaire | --- | --- | --- | --- | --- | 3 275 000 \$ |
| Comptes créditeurs et autre passif à court terme | --- | 3 654 105 | 1 262 497 | --- | 4 916 602 | 1 959 209 |
| TOTAL DU PASSIF | --- | 3 654 105 | 1 262 497 | --- | 4 916 602 | 5 234 209 |
| Solde des fonds : | | | | | | |
| Investis dans les immobilisations | --- | 38 114 396 | --- | --- | 38 114 396 | 28 069 304 |
| Grevés d'affectations d'origine externe | 133 848 828 | --- | 2 331 327 | --- | 136 180 155 | 131 019 937 |
| Grevés d'affectations d'origine interne | 77 409 778 | --- | --- | --- | 77 409 778 | 82 903 934 |
| Non grevés | --- | --- | --- | 452 801 | 452 801 | 184 197 |
| SOLDE TOTAL DES FONDS | 211 258 606 | 38 114 396 | 2 331 327 | 452 801 \$ | 252 157 130 | 242 177 372 |
| | 211 258 606 \$ | 41 768 501 \$ | 3 593 824 \$ | 452 801 \$ | 257 073 732 \$ | 247 411 581 \$ |

Au nom du Conseil d'administration :

_____ directeur

_____ directeur



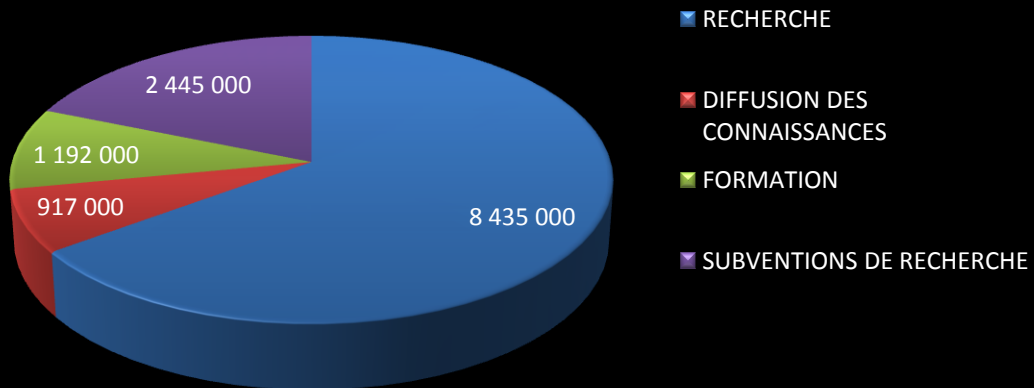
PERIMETER INSTITUTE
ÉTAT CONDENSÉ DES RÉSULTATS ET DE L'ÉVOLUTION DES SOLDES DE FONDS
POUR L'EXERCISE CLOS LE 31 JUILLET 2010

| | 2010 | | | | <u>2009</u> | |
|--|--------------------------|----------------------|--|---------------------------|-----------------------|-----------------------|
| | Fonds affectés | | | Fonds d'administration | Total | Total |
| | Dotation à long terme | Immobilisations | Recherche et diffusion des connaissances | | | |
| Produits: | | | | | | |
| Subventions gouvernementales | --- | 7 598 439 \$ | 10 474 200 \$ | --- | 18 072 639 \$ | 5 588 200 \$ |
| Dons | --- | --- | --- | 625 753 | 625 753 | 40 087 038 |
| Autres produits | --- | --- | 435 366 | --- | 435 366 | 125 000 |
| | --- | 7 598 439 | 10 909 566 | 625 753 | 19 133 758 | 45 800 238 |
| Charges: | | | | | | |
| Recherche | --- | 1 636 | 11 238 989 | 67 468 | 11 308 093 | 9 643 807 |
| Diffusion des connaissances | --- | --- | 3 130 445 | 18 273 | 3 148 718 | 3 151 042 |
| Charges indirectes de recherché et de fonctionnement | --- | --- | 4 289 711 | 124 872 | 4 414 583 | 3 706 447 |
| Total des charges de fonctionnement | --- | 1 636 | 18 659 145 | 210 613 | 18 871 394 | 16 501 296 |
| Excédent des produits par rapport aux charges (des charges par rapport aux produits) avant revenue (perte) de placement et amortissement | --- | 7 596 803 | (7 749 579) | 415 140 | 262 364 | 29 298 942 |
| Amortissement | --- | (1 656 934) | --- | --- | (1 656 934) | (1 763 308) |
| Produit (perte) de placement | 3 988 842 | --- | --- | 7 385 486 | 11 374 328 | (49 432 440) |
| Excédent des produits sur les charges (des charges sur les produits) | 3 988 842 | 5 939 869 | (7 749 579) | 7 800 626 | 9 979 758 | (21 896 806) |
| Solde des fonds en début d'exercice | 212 763 920 | 28 069 304 | 1 159 951 | 184 197 | 242 177 372 | 264 074 178 |
| | 216 752 762 | 34 009 173 | (6 589 628) | 7 984 823 | 252 157 130 | 242 177 372 |
| Virements interfonds | (5 494 156) | 4 105 223 | 8 920 955 | (7 532 022) | --- | --- |
| Soldes des fonds à la fin de l'exercice | 211 258 606 \$ | 38 114 396 \$ | 2 331 327 \$ | 452 801 \$ | 252 157 130 \$ | 242 177 372 \$ |



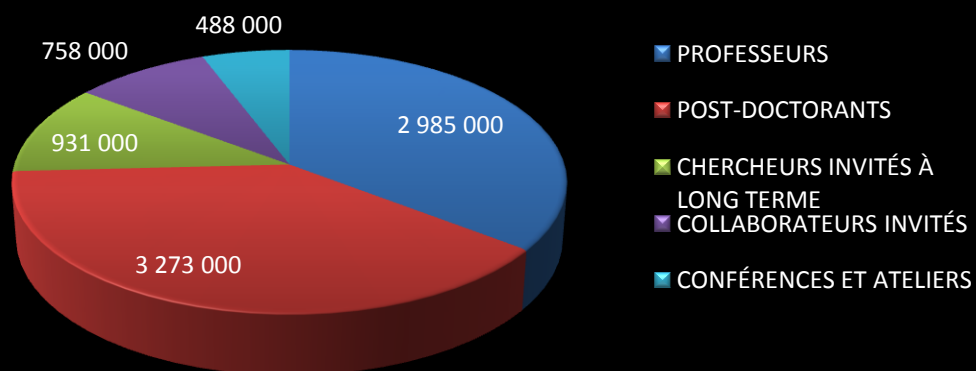
Charges par activité

Utilisation de la subvention d'Industrie Canada pour l'exercice allant du 1^{er} août 2009 au 31 juillet 2010



Total des fonds de la subvention utilisés 12 989 000 \$

Charges de recherche par poste pour l'exercice allant du 1^{er} août 2009 au 31 juillet 2010



Total des charges de recherche 8 435 000 \$

Critères appliqués aux activités admissibles

L'Institut Perimeter 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 de l'impact sont présentés ci-dessous.

Suivi interne des résultats

- Rapports d'activité de recherche annuels remis au directeur général par tous les chercheurs pour évaluation
- Rapports d'activité de recherche annuels remis au directeur général par tous les groupes de recherche pour évaluation
- Suivi continu des publications et citations
- Comptes rendus et suivis mensuels des progrès de tous les programmes scientifiques
- Rapports et évaluations de fin de conférence
- Évaluation annuelle de tous les programmes scientifiques
- Évaluation du rendement des chercheurs à mi-parcours
- Programme de mentorat des post-doctorants et nouveaux enseignants
- Rapports d'activité de recherche des chercheurs invités et suivi continu de toute leur production
- Suivi des post-doctorants placés dans un autre établissement après leur départ de l'Institut Perimeter
- Suivi de la présence et de l'impact des chercheurs dans le monde à travers 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 résultats

- Rapport annuel soumis à un Comité consultatif scientifique international, qui fournit ensuite une évaluation des performances et des recommandations. Les membres de ce comité sont Gerard Milburn (président), Abhay Ashtekar, Sir Michael Berry, Matthew Fisher, Brian Greene, Gerard 't Hooft, Michael Peskin, John Preskill, David Spergel et, à compter de septembre 2010, Igor Klebanov, Renate Loll, Erik Verlinde et Birgitta Whaley.
- 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 conventions de subvention

- Examen et évaluation externes de tous les programmes et produits de diffusion des connaissances

Stratégie d'investissement

Partenariat public-privé

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

Les partenaires publics contribuent aux activités de recherche 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 et de l'impact de ces activités.

Les contributions privées, provenant d'une base de donateurs en croissance constante, sont placées 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 renforcer au maximum la santé financière à long terme de l'Institut.

L'Institut Perimeter reste un exemple innovant de partenariat public-privé unissant gouvernement et philanthropes dans le but commun d'ancrer fermement le potentiel transformateur de la recherche scientifique au Canada.

Gouvernance

L'Institut Perimeter 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 Annexe D).

La planification financière, les comptes rendus et la stratégie d'investissement sont à la charge du Comité de gestion des investissements et du Comité des finances et de la vérification, qui relèvent tous deux du Conseil d'administration. Ce dernier 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 des activités est chargé du fonctionnement au jour le jour de l'Institut et relève du directeur général. Il est soutenu dans sa tâche par une équipe de cadres et d'employés administratifs.

Les chercheurs résidents de l'Institut jouent un rôle actif dans la gestion opérationnelle des activités en participant à différents comités chargés des programmes scientifiques. Les présidents de comité rendent compte au 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 de l'Institut à assurer l'objectivité des décisions et un niveau élevé d'excellence scientifique. Ce comité se réunit annuellement 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 d'éminents scientifiques appartenant à la communauté scientifique internationale (voir annexe E).

Investissement et gestion des fonds

Le Conseil d'administration de l'Institut Perimeter 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 en la matière. Le Comité des finances et de la vérification est chargé de superviser les politiques, processus et activités de l'Institut Perimeter en matière de comptabilité, de contrôles internes, de gestion des risques, de vérification et d'information financière.

Objectifs pour 2010-2011

Les succès exposés dans les pages précédentes indiquent clairement que la planification stratégique de l'Institut est à la fois judicieuse et efficace, et qu'il est sur la bonne voie pour réaliser son objectif à long terme : créer et pérenniser un centre d'envergure mondiale pour la recherche fondamentale, la formation et la diffusion des connaissances en physique théorique, en vue de promouvoir l'excellence dans la recherche et favoriser les percées scientifiques.

Dans l'exercice à venir, l'Institut poursuivra sa trajectoire actuelle pour progresser dans la réalisation de sa mission essentielle et des objectifs stratégiques énumérés ci-dessous.

Énoncé des objectifs pour 2010-2011

- Objectif 1 : réaliser des découvertes de classe mondiale.
- Objectif 2 : devenir la résidence de recherche d'une masse critique de physiciens théoriciens de premier plan mondial.
- Objectif 3 : créer la meilleure infrastructure et le meilleur environnement au monde pour la recherche, la formation et la diffusion des connaissances en physique théorique avec l'achèvement du *Centre Stephen Hawking* à l'*Institut Perimeter*.
- Objectif 4 : devenir un incubateur des talents les plus prometteurs.
- Objectif 5 : devenir la seconde résidence de recherche d'un grand nombre de théoriciens du monde.
- Objectif 6 : servir de lieu de convergence à un réseau mondial de centres de physique théorique.
- Objectif 7 : renforcer le rôle de l'Institut comme centre de convergence de la recherche en physique fondamentale au Canada.
- Objectif 8 : organiser en temps opportun des conférences, ateliers, séminaires et cours ciblés.
- Objectif 9 : mener une action de diffusion des connaissances à fort impact.
- Objectif 10 : continuer à renforcer la réussite du partenariat de financement public-privé de l'Institut Perimeter.

Annexe A – Corps enseignant de l’Institut Perimeter

Professeurs

Neil Turok est professeur titulaire et directeur général de l’Institut Perimeter. Après avoir obtenu son doctorat à l’Imperial College de Londres, il a été post-doctorant à l’Université de Californie à Santa Barbara, puis chercheur associé au Fermilab, avant de se rendre à l’Université de Princeton, où il est devenu professeur de physique en 1994. En 1997, il s’est vu attribuer la Chaire de physique mathématique au département de mathématiques appliquées et de physique (DAMTP) de l’Université de Cambridge. En octobre 2008, il a été nommé à la direction de l’Institut Perimeter. Parmi ses nombreuses distinctions, le professeur Turok a été boursier des fondations Sloan et Packard et s’est vu remettre la médaille James Clerk Maxwell 1992 par l’Institute of Physics (Royaume-Uni). Il a travaillé dans plusieurs domaines de la physique théorique et de la cosmologie, en se concentrant sur la mise au point de théories fondamentales et de nouveaux tests d’observation. Au début des années 1990, son groupe a établi un modèle de la corrélation entre la polarisation et la température des anisotropies du rayonnement de fond cosmique, et les mesures de précision effectuées récemment ont confirmé en détail la validité de cette prédiction. Son équipe a également mis au point une expérience clé pour tester l’existence de la constante cosmologique, qui a aussi été récemment confirmée. Il a ensuite développé avec Stephen Hawking la théorie de l’instanton de Hawking-Turok, qui décrit la naissance des univers inflatoires. Plus récemment, il a mis au point avec le professeur Paul Steinhardt, de l’Université de Princeton, un modèle cosmologique cyclique dans lequel le Big Bang résulterait de la collision entre deux branes dans la théorie M. En 2006, les professeurs Steinhardt et Turok ont montré comment ce modèle permettait naturellement à la constante cosmologique de se réduire jusqu’à de très faibles valeurs, conformément aux observations actuelles. Ils sont également coauteurs de l’ouvrage grand public intitulé *Endless Universe: Beyond the Big Bang* [Un univers sans fin : au-delà du Big Bang]. En 2009, le professeur Turok a été nommé membre du programme Cosmologie et gravité de l’Institut canadien de recherches avancées (ICRA). Né en Afrique du Sud, il a fondé l’Institut africain des sciences mathématiques (AIMS), qui a ouvert ses portes en 2003. Basé au Cap, ce centre d’enseignement de second cycle universitaire œuvre au développement des mathématiques et des sciences sur l’ensemble du continent africain (voir www.aims.ac.za et www.nexteinstein.org). Pour ce travail et ses contributions à la physique théorique, il a reçu le prix TED (www.ted.com), ainsi que le prix des « personnes les plus innovantes » au World Summit on Innovation and Entrepreneurship (WSIE) de 2008.

Latham Boyle est devenu professeur adjoint à l’Institut Perimeter en 2010. Il a obtenu son doctorat en physique à l’Université de Princeton en 2006 sous la direction du professeur Paul Steinhardt. De 2006 à 2009, il a été post-doctorant à l’Institut canadien d’astrophysique théorique (ICAT), et 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 début de l’univers et, avec le professeur Paul Steinhardt, il a établi une série de « relations de bootstrap inflatoire » qui, si elles étaient confirmées par

l'observation, constitueraient un argument convaincant en faveur de l'inflation. Il est le cocréateur d'une technique algébrique simple pour appréhender les fusions de trous noirs, et il vient de mettre au point la théorie des « porcs-épics », qui sont des réseaux de détecteurs d'ondes gravitationnelles à basse fréquence fonctionnant ensemble pour constituer un télescope à ondes gravitationnelles.

Freddy Cachazo est professeur à l'Institut Perimeter depuis 2005. Il a obtenu son doctorat à l'Université Harvard en 2002. De 2002 à 2005, il a été membre de la School of Natural Sciences de l'Institute for Advanced Study à Princeton (New Jersey). Le professeur 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 super Yang-Mills $N = 4$ (Msym). En 2007, il a reçu une bourse de nouveau chercheur pour son projet intitulé *Taming the Strong Interactions: Perturbative and Non-Perturbative Methods* [Apprivoiser les interactions fortes : méthodes perturbatives et non perturbatives]. En 2009, il a reçu la Médaille Gribov de la Société européenne de physique « pour ses recherches en collaboration qui ont conduit à d'importantes simplifications du calcul des amplitudes de diffusion dans les théories de jauge et les théories de la gravitation ».

Laurent Freidel a obtenu son doctorat à l'École normale supérieure de Lyon en 1994. Il a apporté de nombreuses contributions importantes dans le domaine de la gravitation quantique et il est entré à l'Institut Perimeter en septembre 2006. Ce physicien mathématicien possède des connaissances remarquables dans un large éventail de domaines, notamment les systèmes intégrables, les théories des champs topologiques, les théories conformes bidimensionnelles et la chromodynamique quantique (QCD). Il est auteur ou coauteur de plus de 40 publications, dont beaucoup sont connues des autres chercheurs pour leurs argumentations particulièrement complètes et détaillées. Le professeur Freidel a également rédigé ou corédigé plusieurs articles importants sur les modèles de mousse de spin, des diagrammes à dimensions supplémentaires servant à modéliser la géométrie quantique de l'espace-temps en gravitation quantique à boucles. Il contribue également au progrès de la recherche sur la limite de basse énergie des modèles de mousse de spin, notamment en proposant de nouvelles formulations et un couplage à la matière. Le professeur Freidel a occupé des postes à l'Université d'État de Pennsylvanie et à l'École normale supérieure, et il est membre du CNRS (Centre national de la recherche scientifique) depuis 1995. Il a également remporté plusieurs prix, dont deux appels d'offres d'Action Concertée Incitative (ACI) « blanche » du ministère français de la Recherche.

Jaume Gomis a obtenu son doctorat à l'Université Rutgers en 1999, avant de travailler au California Institute of Technology (Caltech) comme post-doctorant et titulaire de la bourse de recherche Sherman Fairchild. En 2004, il s'est vu offrir un prix EURYI (European Young Investigator) par la Fondation européenne de la science, qu'il a décliné pour entrer à l'Institut Perimeter la même année. Ses principaux domaines d'expertise sont la théorie des cordes et la théorie quantique des champs. En 2009, le professeur Gomis s'est vu attribuer une bourse de nouveau chercheur par le ministère de la Recherche et de l'Innovation de l'Ontario (MRI) 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 pour décrire les phénomènes quantiques en physique nucléaire et physique des particules.

Daniel Gottesman a obtenu son doctorat en 1997 au California Institute of Technology, où il a été étudiant du professeur John Preskill. Il a ensuite été post-doctorant au Laboratoire national de Los Alamos, à la division recherche de Microsoft (Microsoft Research), puis à l'Université de Californie à Berkeley (comme *Research Fellow* à long terme de l'Institut de mathématiques Clay). Il a apporté des contributions majeures qui continuent de façonner la recherche sur la théorie de l'information quantique par son travail sur la correction d'erreur quantique et la cryptographie quantique. Ses 41 articles ont fait l'objet de bien plus de 3 500 citations à ce jour. Il est également membre du programme de traitement de l'information quantique de l'ICRA.

Lucien Hardy a obtenu son doctorat à l'Université de Durham en 1992, sous la direction du professeur Euan Squires. Avant son arrivée à l'Institut Perimeter, il a occupé des postes de chercheur et d'enseignant dans plusieurs universités européennes, dont l'Université d'Oxford (1997-2002), l'Université *La Sapienza* de Rome (1996-1997), l'Université de Durham (1994-1996), l'Université d'Innsbruck (1993-1994) et l'Université nationale d'Irlande (1992-1993). Pendant son séjour à Rome, il a participé à une expérimentation visant à démontrer la téléportation quantique. En 1992, il a trouvé une preuve très simple de la non-localité en théorie quantique, aujourd'hui appelée « théorème de Hardy ». Son travail actuel vise à caractériser la théorie quantique en termes de postulats opérationnels et à appliquer les éclairages obtenus au problème de la gravitation quantique.

Fotini Markopoulou a obtenu son doctorat à l'Imperial College en 1998 sous la direction du professeur Christopher Isham. Elle a fait partie de la première génération d'enseignants recrutée par l'Institut Perimeter en 2001, après avoir été post-doctorante à l'Institut Albert Einstein (2001-2002), à l'Imperial College de Londres (1999-2000) et à l'Université d'État de 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 au MIT (2008) et est actuellement titulaire d'une bourse pour chercheurs expérimentés de la fondation Alexander von Humboldt à l'Institut Albert Einstein (Allemagne).

Robert Myers est l'un des principaux physiciens théoriciens travaillant dans le domaine de la théorie des cordes au Canada. Il a obtenu son doctorat à l'Université de Princeton en 1986, puis a été post-doctorant à l'Institut Kavli de physique théorique (Université de Californie à Santa Barbara). En 1989, il s'est rendu à l'Université McGill, où il a été professeur de physique jusqu'à son arrivée à l'Institut Perimeter à l'été 2001. Actuellement, il occupe également un poste de professeur auxiliaire au département de physique et d'astronomie de l'Université de Waterloo. En 1999, il a reçu la Médaille Herzberg de l'Association canadienne des physiciens et physiciennes pour ses contributions majeures à notre compréhension de la microphysique des trous noirs et des D-branes. En 2005, il a remporté le prix de physique théorique et mathématique du Centre de recherches mathématiques de l'Association canadienne de physique (la plus haute distinction dans ce domaine au Canada). En 2006, il a été élu Membre de la Société royale du Canada. Le professeur Myers est également membre du programme Cosmologie et gravité de l'Institut canadien de recherches avancées. De 2001 à 2005, il a été membre fondateur du Conseil consultatif scientifique de la BIRS (Banff International Research Station). Le

professeur Myers est également membre du comité de rédaction de deux revues scientifiques : *Annals of Physics* et *Journal of High Energy Physics*.

Philip Schuster (qui prendra ses fonctions à l'Institut en septembre 2010) a obtenu son doctorat en 2007 à l'Université Harvard sous la direction du professeur Nima Arkani-Hamed, puis a été chercheur associé au Centre de l'accélérateur linéaire de Stanford (SLAC) de 2007 à 2010. Ce spécialiste de la physique des particules s'intéresse tout particulièrement aux avancées théoriques au-delà du modèle standard. Il entretient des liens étroits avec la physique expérimentale et a exploré un éventail de théories susceptibles de modéliser les phénomènes observés dans le cadre des nouvelles expérimentations au Grand collisionneur de hadrons (LHC) du CERN. En collaboration avec les membres de l'équipe du solénoïde compact à muons (CMS, pour *Compact Muon Solenoid*) du LHC, il a mis au point un ensemble de méthodes destinées à caractériser les nouveaux signaux éventuels d'une manière transparente sur le plan physique et conçues pour permettre de déterminer plus facilement la théorie sous-jacente expliquant ces signaux. C'est également l'un des porte-parole du programme APEX, qui prépare une expérimentation sur accélérateur d'électrons à cible fixe destinée à rechercher de nouvelles forces à l'échelle du giga-électron-volt (GeV) avec une sensibilité inégalée et qui vient de terminer un essai de fonctionnement avec succès au TJNAF (Thomas Jefferson National Accelerator Facility), en Virginie.

Lee Smolin est l'un des enseignants fondateurs de l'Institut Perimeter. Après avoir obtenu un baccalauréat en philosophie naturelle au Hampshire College d'Amherst (Massachusetts), il a obtenu son doctorat à l'Université Harvard en 1979, après quoi il a été post-doctorant à l'Institute for Advanced Study de Princeton, à l'Institut de physique théorique de l'Université de Californie à Santa Barbara et à l'Institut Enrico Fermi de l'Université de Chicago. Il a été professeur à l'Université Yale, à l'Université de Syracuse et à Université d'État de Pennsylvanie, et il a occupé plusieurs postes d'invité à l'Imperial College de Londres, à l'École internationale d'études avancées de Trieste (SISSA) et aux universités d'Oxford, Cambridge, Rome et Trente. Les recherches du professeur Smolin se concentrent sur le problème de la gravitation quantique, et il figure parmi les pionniers de deux programmes de recherche, l'un portant sur la gravitation quantique à boucles et l'autre sur la relativité doublement restreinte. Il a également contribué aux 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 publications ont fait l'objet de plus de 6 390 citations à ce jour. Ses trois ouvrages grand public (*The Life of the Cosmos* [La vie du Cosmos], *Three Roads to Quantum Gravity* [Trois routes vers la gravité quantique] et *Rien ne va plus en physique! L'échec de la théorie des cordes*) explorent les questions philosophiques soulevées par les développements de la physique moderne et de la cosmologie. Ils ont été lus par un large public et traduits en plus de 20 langues. Le professeur Smolin s'est vu décerner le prix Majorana en 2007, puis le prix Klopsteg de l'American Association of Physics Teachers en 2009 pour ses « réalisations extraordinaires dans la communication des joies de la physique au grand public ». Il a été élu Fellow de l'American Physical Society puis, en 2010, Membre de la Société royale du Canada.

Robert Spekkens a obtenu son doctorat à l'Université de Toronto en 2001, avant d'être post-doctorant de l'Institut Perimeter, puis de la Royal Society à l'Université de Cambridge. Il est devenu professeur à l'Institut Perimeter en 2008. Ses recherches se concentrent 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. Il a été lauréat du prix Birkhoff-von Neumann de l'International Quantum Structures Association.

Natalia Toro (qui prendra ses fonctions à l'Institut en septembre 2010) a obtenu son doctorat à l'Université Harvard en 2007 sous la direction du professeur Nima Arkani-Hamed (titulaire d'une chaire de chercheur distingué de l'Institut Perimeter), puis a été post-doctorante au Stanford Institute for Theoretical Physics. Elle a mis au point un cadre permettant d'établir des modèles à petit nombre de paramètres pour les signaux susceptibles d'être découverts en nouvelle physique et a joué un rôle majeur dans l'intégration de nouvelles techniques, appelées « théories effectives sur couche de masse », dans l'expérimentation du solénoïde compact à muons au Grand collisionneur de hadrons (LHC) du CERN. C'est une experte de l'étude des « forces obscures » qui se couplent très faiblement à la matière ordinaire, ainsi que l'une des porte-parole du programme APEX, une expérimentation destinée à rechercher de telles forces en utilisant l'accélérateur d'électrons du TJNAF (Thomas Jefferson National Accelerator Facility).

Pedro Vieira est professeur à l'Institut Perimeter depuis 2009, après avoir été chercheur associé à l'Institut Max-Planck de physique gravitationnelle (Institut Albert Einstein) de Potsdam (Allemagne) de 2008 à 2009. Il a obtenu son doctorat auprès de l'École normale supérieure de Paris et du CFP (Centro de Fisica do Porto) de l'Université de Porto, sous la direction des professeurs Vladimir Kazakov et Miguel Sousa Costa. Ses recherches portent sur le développement de nouvelles techniques mathématiques pour les théories de jauge et la théorie des cordes, destinées à avancer vers la solution d'une théorie de jauge quadridimensionnelle réaliste. En utilisant des techniques d'intégration, ses collaborateurs et lui-même viennent de réaliser des progrès considérables en calculant, pour la première fois, le spectre (planaire) exact d'une dualité holographique remarquable entre une théorie de la gravité et une théorie des champs, appelée « correspondance AdS-CFT ». Ce travail pourrait apporter de nouveaux éclairages sur les théories de jauge et sur la gravité quantique, ainsi que pour les calculs théoriques des amplitudes de diffusion en physique des particules.

Professeurs associés

Niyesh Afshordi (nommé conjointement à l'Université de Waterloo) a obtenu son doctorat en 2004 à l'Université de Princeton sous la direction du professeur David Spergel. Il a été post-doctorant de l'Institute for Theory and Computation au Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics de 2004 à 2007, puis post-doctorant distingué à l'Institut Perimeter de 2008 à 2009. En 2010, il est devenu professeur associé de l'Institut Perimeter dans le cadre d'une nomination conjointe avec le département de physique et d'astronomie de l'Université de Waterloo. Le professeur Afshordi se spécialise dans les problèmes interdisciplinaires de la physique fondamentale, de l'astrophysique et de la cosmologie, en se concentrant tout particulièrement sur les résultats d'observation pouvant aider à résoudre certains

problèmes fondamentaux. 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 dans des revues à comité de lecture ont fait l'objet de plus de 900 citations à ce jour.

Alex Buchel (nommé conjointement à l'Université Western Ontario) a obtenu son doctorat à l'Université Cornell en 1999. Il a été post-doctorant à l'Institut de physique théorique de l'Université de Californie à Santa Barbara de 1999 à 2002, puis au Centre de physique théorique de l'Université du Michigan de 2002 à 2003. Il est devenu professeur à l'Institut Perimeter en 2003. Ses recherches se concentrent sur la compréhension des propriétés quantiques des trous noirs et de l'origine de l'univers dans le cadre de la théorie des cordes. Il participe en outre à la mise au point en théorie des cordes d'outils analytiques qui pourraient apporter un éclairage nouveau sur les interactions fortes des particules subatomiques. En 2007, le professeur Buchel a reçu une bourse de nouveau chercheur du ministère de la Recherche et de l'Innovation de l'Ontario.

Cliff Burgess (nommé conjointement à l'Université McMaster) a obtenu son doctorat à l'Université du Texas à Austin en 1985, sous la direction du professeur Steven Weinberg. De 1985 à 1987, il a été membre de la School of Natural Sciences de l'Institute for Advanced Study à Princeton (New Jersey) puis, de 1987 à 2005, il a enseigné à l'Université McGill, où il a été nommé à la chaire James McGill en 2003. En 2004, il est devenu professeur associé de l'Institut Perimeter dans le cadre d'une nomination conjointe avec l'Université McMaster à compter de 2005. Pendant deux décennies, il 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 primordial et à la physique de la matière condensée. Avec ses collaborateurs, il a mis au point les modèles d'inflation qui constituent le cadre le plus prometteur pour la vérification expérimentale de la théorie des cordes. Il est l'auteur de plusieurs examens systématiques des théories effectives des champs qui font autorité, ainsi que de nombreux chapitres de livres et d'encyclopédies, et il est coauteur d'un manuel sur le modèle standard destiné aux étudiants de maîtrise et doctorat. De 2005 à 2007, le professeur Burgess a été titulaire d'une bourse Killam. Il a été élu Membre de la Société royale du Canada en 2008, puis il a remporté le prix de physique théorique et mathématique 2010 du Centre de recherches mathématiques de l'Association canadienne de physique (la plus haute distinction attribuée dans ce domaine au Canada).

Richard Cleve (nommé conjointement à l'Université de Waterloo) a obtenu son doctorat à l'Université de Toronto en 1989, comme spécialiste en complexité algorithmique et cryptographie. De 1988 à 1990, il a ensuite été post-doctorant à l'ICSI (International Computer Science Institute) de Berkeley, avant de devenir enseignant au département d'informatique de l'Université de Calgary en 1990. En 2004, il est devenu professeur associé de l'Institut Perimeter dans le cadre d'une nomination conjointe avec le département d'informatique de l'Université de Waterloo, où il occupe une chaire de l'Institut d'informatique quantique (IQC). Le professeur Cleve a fait de nombreuses contributions importantes en algorithmique quantique et en théorie de l'information quantique. Il est membre fondateur du programme Traitement de l'information quantique de l'Institut canadien de recherches avancées (ICRA), et il anime une équipe de QuantumWorks, le consortium national canadien de recherche en information

quantique. Il est également fondateur et directeur de la rédaction de la revue *Quantum Information & Computation*. Le professeur Cleve a reçu le prix de physique théorique et mathématique 2008 du Centre de recherches mathématiques de l'Association canadienne de physique pour « ses contributions majeures en sciences de l'information quantique », et il a été élu membre de la Société royale du Canada en 2010.

David Cory (nommé conjointement à l'Institut d'informatique quantique et au département de chimie de l'Université de Waterloo) a obtenu son doctorat en chimie physique à l'Université Case Western Reserve de Cleveland (Ohio). Il a été post-doctorant à l'Université de Nimègue (Pays-Bas) et au National Research Council du Naval Research Laboratory à Washington (États-Unis). Il a également été chercheur principal chez Bruker Instruments, dont il a dirigé les activités de recherche et développement en résonance magnétique nucléaire. En 1992, il est entré au département de sciences et génie nucléaires du MIT. Depuis 1996, il explore les défis expérimentaux de la construction de petits processeurs quantiques basés sur les spins nucléaires, les spins électroniques, les neutrons, les dispositifs supraconducteurs à courants persistants et l'optique. De 2009 à 2010, il a été chercheur invité à l'Institut Perimeter et, en 2010, il s'est vu attribuer la Chaire d'excellence en recherche du Canada sur le traitement de l'information quantique. Le professeur Cory préside le comité consultatif du programme Traitement de l'information quantique de l'ICRA.

Adrian Kent (nommé conjointement à l'Université de Cambridge) a obtenu son doctorat à l'Université de Cambridge en 1996. Avant de devenir professeur associé de l'Institut Perimeter, il a été boursier Enrico Fermi à l'Université de Chicago, membre de l'Institute for Advanced Study à Princeton (New Jersey) et post-doctorant de la Royal Society à l'Université de Cambridge. Les recherches du professeur Kent se concentrent sur les fondements de la physique, la cryptographie quantique et la théorie de l'information quantique, et plus particulièrement sur la physique de la décohérence et ses implications en physique fondamentale, sur les tests novateurs de la théorie quantique et des théories alternatives, et sur les nouvelles applications de l'information quantique en cryptographie et en sciences. Il est coéditeur de l'ouvrage collectif *Many Worlds? Everett, Quantum Theory and Reality* [Des mondes multiples? Everett, la théorie quantique et la réalité], publié en 2010 par Oxford University Press.

Raymond Laflamme (nommé conjointement à l'Institut d'informatique quantique de l'Université de Waterloo) est l'un des enseignants fondateurs de l'Institut Perimeter. Après avoir obtenu son doctorat à l'Université de Cambridge sous la direction du professeur Stephen Hawking, il a été post-doctorant titulaire d'une bourse Killam à l'Université de la Colombie-Britannique de 1988 à 1990, puis post-doctorant au Peterhouse College de l'Université de Cambridge. De 1992 à 2001, il a travaillé comme chercheur au Laboratoire national de Los Alamos, où son principal centre d'intérêt est passé de la cosmologie à l'informatique quantique. Depuis le milieu des années 1990, il a élucidé des approches théoriques de la correction d'erreur quantique. En collaboration avec le professeur Emmanuel Knill, il a donné des conditions pour les codes correcteurs d'erreurs quantiques et a établi le seuil de tolérance aux pannes des systèmes de calcul quantique, montrant ainsi qu'ils pourraient être utiles même en présence de bruit. Il a ensuite poursuivi en exécutant les premières étapes expérimentales d'une

démonstration de la correction d'erreur quantique. Avec ses collègues, il a établi le plan d'un processeur d'information quantique utilisant l'optique linéaire, puis conçu et mis en œuvre de nouvelles méthodes pour rendre l'information quantique plus robuste et résistante à la corruption dans les applications de cryptographie et de calcul. En 2001, le professeur Laflamme est revenu au Canada pour devenir membre fondateur de l'Institut Perimeter et directeur fondateur de l'Institut d'informatique quantique (IQC). Il est le directeur de QuantumWorks, le consortium national canadien de recherche en information quantique. Depuis 2003, il est directeur du programme Information quantique de l'Institut canadien de recherches avancées (ICRA), dont il est membre depuis 2001. 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.

Luis Lehner (nommé conjointement à l'Université de Guelph) a obtenu son doctorat à l'Université de Pittsburgh en 1998 sous la direction du professeur Jeffrey Winicour. Il a été post-doctorant à l'Université du Texas à Austin (de 1998 à 2000) et à l'Université de la Colombie-Britannique (de 2000 à 2002), puis professeur adjoint de physique à l'Université d'État de Louisiane (de 2002 à 2006), où il est ensuite devenu professeur agrégé (de 2006 à 2009); il est actuellement professeur auxiliaire dans cette université. Le professeur Lehner a reçu le prix d'honneur de l'Université nationale de Cordoba (Argentine) en 1993, une bourse de doctorat de la Fondation Mellon en 1997, puis les prix de thèse CGS/UMI et Nicholas Metropolis en 1999. Il a été post-doctorant du Pacific Institute for Mathematical Sciences (PIM) de 2000 à 2002 et de l'Institut canadien d'astrophysique théorique (ICAT) de 2001 à 2002. Il a été boursier de la Fondation Alfred P. Sloan de 2003 à 2005, et il est actuellement membre associé de l'ICRA, membre de l'Institute of Physics, membre du comité de rédaction de la revue *Classical and Quantum Gravity*, et membre du Comité consultatif des utilisateurs de la cyberinfrastructure de la National Science Foundation (NSF).

Michele Mosca (nommé conjointement à l'Université de Waterloo) a obtenu son doctorat en 1999 à l'Université d'Oxford. Il est un membre fondateur de l'Institut Perimeter, ainsi que cofondateur et directeur adjoint de l'Institut d'informatique quantique. Il a apporté des contributions majeures à la théorie et à la pratique du traitement de l'information quantique, notamment dans le domaine des algorithmes quantiques, des techniques d'étude des limites des ordinateurs quantiques, des autotests quantiques et des canaux quantiques privés. Avec ses collaborateurs d'Oxford, il a réalisé plusieurs des premières mises en œuvre d'algorithmes quantiques utilisant la résonance magnétique nucléaire. Il a apporté des contributions majeures dans le domaine des algorithmes d'estimation de phase quantiques, notamment pour les problèmes de sous-groupe caché, et des algorithmes quantiques de recherche et de dénombrement. Dans le domaine de la sécurité quantique, il a aidé à définir la notion de canaux quantiques privés et à mettre au point des méthodes optimales pour le chiffrement d'information quantique au moyen de clés classiques. Ses travaux plus récents se concentrent sur les méthodes de test des dispositifs quantiques non sécurisés. Le professeur Mosca a remporté de nombreux prix et distinctions, notamment la bourse du Commonwealth, le Prix d'excellence en recherche du premier ministre (2000 à 2005) et une Chaire de recherche du Canada en informatique quantique (2002 à 2012).

Il est chercheur de l'Institut canadien de recherches avancées (ICRA) depuis septembre 2003 et membre du Centre de recherche cryptographique appliquée (CACR) de l'Université de Waterloo.

Ashwin Nayak (nommé conjointement à l'Université de Waterloo) a obtenu son doctorat en informatique en 1999 à l'Université de Californie à Berkeley. Il a ensuite occupé des postes au Centre DIMACS de l'Université Rutgers, aux laboratoires AT&T, au California Institute of Technology et au Mathematical Sciences Research Institute de Berkeley. Il est actuellement professeur agrégé au département d'analyse combinatoire et d'optimisation, et 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 (nommé conjointement à l'Université de Victoria) a obtenu son doctorat à l'Institut Budker de physique nucléaire (Russie) en 1994. Il a été boursier scientifique de l'OTAN à l'Université du Québec à Montréal (1996-1998), chercheur associé à l'Université du Minnesota (1998-2001), chercheur invité à l'Université McGill (2001-2002) et chercheur avancé du PPARC (Particle Physics and Astronomy Research Council) à l'Université du Sussex (2002). Il est entré au département de physique et d'astronomie de l'Université de Victoria en 2002 et a été nommé conjointement à l'Institut Perimeter en 2004. Le professeur Pospelov travaille dans le domaine de la physique des particules, et il a réalisé récemment des études détaillées sur la nucléosynthèse primordiale catalysée, une idée novatrice qu'il a proposée afin de réduire la divergence persistante entre prédictions théoriques et observations expérimentales en ce qui concerne l'abondance de lithium dans l'univers.

Thomas Thiemann (nommé conjointement à l'Institut Max Planck de physique gravitationnelle (Allemagne) a obtenu son doctorat à l'Université technique de Rhénanie-Westphalie à Aix-la-Chapelle en 1993. Ses recherches se concentrent 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 sa relation avec la mécanique statistique), la théorie quantique des champs semi-classique et les méthodes d'approximation non perturbatives. Il est l'auteur du livre intitulé *Modern Canonical Quantum General Relativity* [La relativité générale quantique canonique moderne].

Annexe B – Titulaires de chaires de chercheur distingué de l'Institut Perimeter

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 calculateurs quantiques, la détermination d'une transition du quantique au classique dans les calculateurs quantiques tolérants aux pannes, la mise au point de nouveaux outils et méthodes de conception des algorithmes quantiques, et l'étude des états fondamentaux des hamiltoniens de système quantique 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. La professeure Aharonov fait partie du corps enseignant du cycle PSI (Perimeter Scholars International).

Yakir Aharonov est professeur de physique théorique de la matière condensée à Université Chapman et professeur émérite à l'Université de Tel-Aviv, ainsi que conseiller du cycle 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 son rôle dans la co-découverte de l'effet Aharonov-Bohm en 1959. En 2010, le président américain Barack Obama lui a remis la National Medal of Science, la plus haute distinction scientifique décernée par le gouvernement des États-Unis.

Nima Arkani-Hamed, de l'Institute for Advanced Study, est un physicien des particules de premier plan mondial. Ancien invité à long terme de l'Institut Perimeter, il est membre du corps enseignant du programme PSI. Le professeur 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 de hadrons (LHC) du CERN.

Neta Bahcall est professeure titulaire de la chaire 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 questions fondamentales comme celles de la structure à grande échelle, de la masse et du destin de l'univers, de la formation des galaxies, de la nature des quasars et de la matière noire.

Juan Ignacio Cirac, directeur de la division théorie de l'Institut Max Planck d'optique quantique (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 (Suisse). Ses recherches portent sur des questions fondamentales à l'intersection entre la physique des particules et la cosmologie, notamment celles des grandes dimensions supplémentaires, de la gravité quantique et de l'univers primordial.

Stephen Hawking est titulaire émérite de la chaire de professeur lucasien de mathématiques au département de mathématiques appliquées et de physique théorique de l'Université de Cambridge. Ses travaux visent à mieux comprendre les lois fondamentales qui régissent l'univers. Avec le professeur 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 grand public, notamment *Une brève histoire du temps*, le livre scientifique le plus vendu de tous les temps, qui a été diffusé à plus de 30 millions d'exemplaires dans le monde. Titulaire de 12 doctorats *honoris causa*, 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 Fellow de la Royal Society et membre de la National Academy of 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 fidèlement 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. Le professeur Hayden possède entre autres distinctions celles d'avoir été boursier de la fondation Alfred P. Sloan et boursier Rhodes.

Christopher Isham est chercheur principal et professeur émérite de physique théorique à l'Imperial College de Londres, établissement dont il a été premier doyen. 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 théorie quantique appelée formalisme HPO (History Projection Operator), ou formalisme des projecteurs d'histoire, qui permet d'étendre la théorie au 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 90, le professeur Isham développe une approche tout à fait inédite de la formulation des 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 théorie quantique, ainsi qu'un cadre mathématique pour la mise au point de nouvelles théories qui n'auraient pas pu être envisagées dans le cadre habituel. De 2001 à 2005, le professeur Isham a été membre du Comité consultatif scientifique de l'Institut Perimeter et, en 2005, il a présidé ce comité.

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 fluide. Il possède entre autres distinctions celles d'avoir reçu la National Medal of Science (États-Unis), la Grande Médaille 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, et la Médaille du Centenaire de l'Université Harvard. Il a également été président de l'American Physical Society. Il fait partie du corps enseignant du programme PSI (Perimeter Scholars International).

Renate Loll est professeure de physique théorique à l'Institut de physique théorique de l'université d'Utrecht (Faculté de physique et d'astronomie). 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. Elle 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 est également membre du corps professoral du cycle PSI (Perimeter Scholars International).

Malcolm Perry est professeur de physique théorique au département de mathématiques appliquées et de physique théorique de l'Université de Cambridge, et fellow du Trinity College de Cambridge. Ses recherches portent principalement sur les théories de la relativité générale, de la supergravité et des cordes. Le professeur 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, un autre enseignant de l'Institut Perimeter, il a développé la métrique de Myers-Perry, qui montre comment construire des trous noirs dans les dimensions supplémentaires à l'espace-temps de la théorie des cordes. Entre autres distinctions, le professeur Perry est docteur ès sciences de l'Université de Cambridge. Il fait également partie du corps enseignant du programme PSI (Perimeter Scholars International).

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 théorie quantique, qui vont du très fondamental 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, qui se penchent 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 Royal Society (Royaume-Uni).

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 livre de 1999, *Quantum Phase Transitions* [Transitions de phase quantiques], a été qualifié de « lecture obligatoire pour tout théoricien en herbe ».

Ashoke Sen, de l'Institut de recherche Harish-Chandra d'Allahabad (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.

Leonard Susskind est professeur titulaire de la chaire Felix Bloch de physique théorique à l'Université Stanford. Considéré comme l'un des pères de la théorie des cordes, le professeur Susskind 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.

Xiao-Gang Wen est professeur titulaire de la chaire Cecil et Ida Green au département de physique du MIT, ainsi que membre du corps enseignant du programme PSI (Perimeter Scholars International). Il a proposé des théories novatrices sur la physique de la matière condensée, la nature de l'espace-temps et la supraconductivité. Son dernier livre, *Quantum Field Theory of Many-Body Systems* [Théorie quantique des champs des systèmes à plusieurs 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 en espace courbe et 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 sur le calcul. Le professeur 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, fellow de l'American Physical Society, fellow de la Royal Society de Londres et membre honoraire étranger de l'Académie américaine des arts et sciences.

Guifre Vidal est professeur à Faculté de sciences physiques de l'Université du Queensland et a apporté d'importantes contributions au développement de la théorie de l'information quantique, avec notamment des applications à la théorie de la matière condensée. Ses recherches portent sur le phénomène de l'intrication, sur le groupe de renormalisation et sur le développement d'algorithmes à réseau de tenseurs pour simuler les systèmes quantiques. Le professeur Vidal a reçu entre autres distinctions une bourse Marie Curie, décernée par l'Union européenne, et une bourse de la fondation Sherman Fairchild. Il est également *Federation Fellow* de l'Australian Research Council.

Mark Wise est professeur titulaire de la chaire de physique des hautes énergies John Alexander McCone au California Institute of Technology. Il a conduit des recherches en physique des particules élémentaires et en cosmologie, et il est colauréat du prix Sakurai de physique théorique des particules 2001 pour le développement de la théorie effective des quarks lourds, un 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. Le professeur Wise a été boursier de la fondation Alfred P. Sloan, et il est actuellement fellow de l'American Physical Society et membre de l'Académie américaine des arts et sciences et de la National Academy of Sciences.

Annexe C – Membres affiliés de l’Institut Perimeter

| Nom | Établissement | Domaine de recherche |
|----------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|
| Ian Affleck | Université de la Colombie-Britannique | Matière condensée |
| Leslie Ballentine | Université Simon Fraser | Fondements de la physique quantique |
| Richard Bond | Université de Toronto, ICAT | Cosmologie |
| Ivan Booth | Université Memorial de Terre-Neuve | Relativité générale |
| Vincent Bouchard | Université de l’Alberta | Théorie des cordes |
| Robert Brandenberger | Université McGill | Cosmologie |
| Gilles Brassard | Université de Montréal | Information quantique |
| Anton Burkov | Université de Waterloo | Matière condensée |
| Bruce Campbell | Université Carleton | Physique des particules |
| Hilary Carteret | Université de Calgary | Information quantique |
| Jeffrey Chen | Université de Waterloo | Matière condensée |
| Andrew Childs | Université de Waterloo | Information quantique |
| Matthew Choptuik | Université de la Colombie-Britannique | Relativité générale numérique |
| Dan Christensen | (Université Western Ontario) | Gravité quantique |
| Jim 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 |

| Nom | Établissement | Domaine de recherche |
|-------------------|---|--|
| Keshav Dasgupta | Université McGill | Théorie des cordes |
| Rainer Dick | Université de la Saskatchewan | Physique des particules |
| Joseph Emerson | Université de Waterloo, Institut d'informatique quantique (IQC) | Information quantique |
| James Forrest | Université de Waterloo | Physique des polymères |
| Doreen Fraser | Université de Waterloo | Philosophie |
| Valeri Frolov | Université de l'Alberta | Gravité quantique, physique gravitationnelle |
| Andrei Frolov | Université Simon Fraser | Cosmologie |
| Jack Gegenberg | Université du Nouveau-Brunswick | Gravité quantique |
| Stephen Godfrey | Université Carleton | Physique des particules |
| Thomas Grégoire | Université Carleton | Physique des particules |
| John Harnad | Université Concordia | Physique mathématique |
| Jeremy Heyl | Université de la Colombie-Britannique | Astrophysique |
| Bob Holdom | Université de Toronto | Physique des particules |
| Mike Hudson | Université de Waterloo | Cosmologie |
| Viqar Husain | Université du Nouveau-Brunswick | Gravité quantique |
| Catherine Kallin | Université McMaster | Matière condensée |
| Joanna Karczmarek | Université de la Colombie-Britannique | Théorie des cordes |
| Gabriel Karl | Université de Guelph | Physique des particules |
| Achim Kempf | Université de Waterloo | Information quantique |
| Pavel Kovtun | Université de Victoria | Théorie des cordes |

| Nom | Établissement | Domaine de recherche |
|--------------------|--|---|
| David Kribs | Université de Guelph | Information quantique |
| Gabor Kunstatter | Université de Winnipeg | Gravité quantique, physique des particules |
| Sung-Sik Lee | Université McMaster | Matière condensée |
| Debbie Leung | Université de Waterloo | Information quantique |
| Randy Lewis | Université d'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, Institut d'informatique quantique (IQC) | Information quantique |
| Alexander Maloney | Université McGill | Théorie des cordes |
| Robert Mann | Université de Waterloo | Gravité quantique, physique des particules |
| 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) | Physique des particules |
| Guy Moore | Université McGill | Physique des particules |
| David Morrissey | TRIUMF Canada | Physique des particules |
| Norman Murray | Université de Toronto, ICAT | Astrophysique |
| Wayne Myrvold | (Université Western Ontario) | Philosophie |
| Julio Navarro | Université de Victoria | Cosmologie, astrophysique |
| Elisabeth Nicol | Université de Guelph | Matière condensée |
| Garnet Ord | Université Ryerson | Fondements de la physique quantique |

| Nom | Établissement | Domaine de recherche |
|--------------------|---|--|
| Maya Paczusi | Université de Calgary | Information quantique |
| Don Page | Université de l'Alberta | Gravité quantique, physique gravitationnelle |
| Prakash Panangaden | Université McGill | Fondements de la physique quantique |
| Manu Paranjape | Université de Montréal | Physique des particules |
| Amanda Peet | Université de Toronto | Théorie des cordes |
| Ue-Li Pen | Université de Toronto, ICAT | Cosmologie, astrophysique |
| Harald Pfeiffer | Université de Toronto, ICAT | Relativité générale numérique |
| Levon Pogosian | Université Simon Fraser | Cosmologie |
| Éric Poisson | Université de Guelph | Physique gravitationnelle |
| Erich Poppitz | Université de Toronto | Physique des particules |
| 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, Institut d'informatique quantique (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 |
| Kristin Schleich | Université de la Colombie-Britannique | Relativité générale |

| Nom | Établissement | Domaine de recherche |
|--------------------|---------------------------------------|---|
| Achim Schwenk | TRIUMF Canada | Physique des particules |
| Douglas Scott | Université de la Colombie-Britannique | Cosmologie |
| Gordon Semenoff | Université de la Colombie-Britannique | Théorie des cordes, physique des particules |
| Kris Sigurdson | Université de la Colombie-Britannique | Cosmologie, physique des particules |
| John Sipe | Université de Toronto | Fondements quantiques, matière condensée |
| Philip Stamp | Université de la Colombie-Britannique | Matière condensée |
| Aephraim Steinberg | Université de Toronto | Optique quantique |
| Alain Tapp | Université de Montréal | Information quantique |
| James Taylor | Université de Waterloo | Cosmologie |
| Mark Van Raamsdonk | Université de la Colombie-Britannique | Théorie des cordes |
| Mark Walton | Université de Lethbridge | Théorie des cordes |
| John Watrous | Université de Waterloo | Information quantique |
| Steve Weinstein | Université de Waterloo | Fondements quantiques, philosophie |
| Lawrence Widrow | Université Queen's | Astrophysique |
| Frank Wilhelm | Université de Waterloo | Information quantique, matière condensée |
| Don Witt | Université de la Colombie-Britannique | Physique des particules, théorie des cordes |

Annexe D – Conseil d’administration de l’Institut Perimeter

Mike Lazaridis, O.C. (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 promu officier de l’Ordre du Canada. Chez RIM, M. Lazaridis dirige la recherche et le développement, la stratégie des produits et la fabrication du fameux BlackBerry^{MD}.

Donald W. Campbell est le conseiller stratégique principal de 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 directeur des affaires juridiques de l’Infinite Potential Group. Il siège également au conseil d’administration de plusieurs organisations sans but lucratif et caritatives publiques et privées auxquelles il participe très activement. M. Fiorenza est membre du Barreau du Haut-Canada, de l’Association du Barreau canadien et de l’Association canadienne d’études fiscales.

Peter Godsoe, O.C., est membre du Conseil d’administration de Rogers Communications Inc. depuis octobre 2003 et administrateur principal de cette société depuis mars 2006. Il a été président du Conseil d’administration (1995), directeur général (1993), président-directeur général (1992) et vice-président du Conseil d’administration (1982) de La Banque de Nouvelle-Écosse. M. Godsoe est titulaire d’un baccalauréat en sciences (mathématiques et sciences physiques) de l’Université de Toronto et d’un MBA de la Harvard Business School.

L’hon. Kevin Lynch est un ancien fonctionnaire éminent qui était jusqu’à tout récemment greffier du Conseil privé, secrétaire du Cabinet et chef de la fonction publique du Canada. Avant cela, il a notamment été sous-ministre des Finances, vice-ministre de l’Industrie et directeur exécutif (Canada, Irlande, Caraïbes) du Fonds monétaire international. Il est actuellement vice-président du Conseil d’administration de BMO Groupe financier.

Steve MacLean est président de l’Agence spatiale canadienne (ASC) depuis 2008. En 1983, il a été sélectionné pour être l’un des six premiers astronautes canadiens, après quoi il a effectué une mission sur la navette spatiale Columbia (1992), puis une autre sur Atlantis (2006), au cours de laquelle il est devenu le premier Canadien à manœuvrer le système Canadarm2 sur la Station spatiale internationale. En plus de la vaste expérience qu’il a acquise auprès de l’ASC et de la NASA, ainsi que dans le cadre des activités consacrées à la Station spatiale internationale, c’est un ardent promoteur de la culture scientifique et de l’enseignement des sciences.

John Reid est associé principal chargé de la région de l'Ontario chez KPMG. Il se concentre principalement sur les fusions et acquisitions dans les secteurs des hautes technologies et des soins de santé. M. Reid est président du Conseil d'administration de l'hôpital Grand River et membre du Conseil des gouverneurs du Collège Conestoga d'arts appliqués et de technologie.

Annexe E – Membres du Comité consultatif scientifique de l’Institut Perimeter

Gerard Milburn (président), Université du Queensland (président du comité, membre depuis 2009)

Les centres d’intérêt 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 plus de 200 communications dans des revues internationales, et celles-ci ont fait l’objet de plus de 6 000 citations. Il est également auteur ou coauteur de plusieurs ouvrages, dont deux destinés à expliquer les phénomènes quantiques et leur potentiel au grand public.

Abhay Ashtekar, Université d’État de Pennsylvanie (membre depuis 2008)

Le professeur Ashtekar occupe la chaire Eberly de sciences physiques et dirige l’institut de physique et géométrie gravitationnelles à l’Université d’État de Pennsylvanie. En tant que créateur des variables d’Ashtekar, c’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)

Le professeur Berry est un physicien mathématicien de l’Université de Bristol. Il est connu pour la découverte de la phase de Berry, un phénomène observé en mécanique et optique quantiques. C’est un spécialiste en physique semi-classique (physique asymptotique et chaos quantique) appliquée aux phénomènes ondulatoires en mécanique quantique et à d’autres domaines comme l’optique. Il a été élu Fellow de la Royal Society de Londres en 1982 et fait chevalier en 1996. Il a remporté de nombreux prix, notamment le prix Wolf en 1998 et le prix Polya de la London Mathematical Society en 2005.

Matthew Fisher, California Institute of Technology (membre depuis 2009)

Le professeur Fisher est un théoricien de la matière condensée dont les recherches ont porté sur les systèmes fortement corrélés, en particulier les systèmes à dimensionnalité réduite, les isolateurs de Mott, le magnétisme quantique et l’effet Hall quantique. Il a reçu le prix Alan T. Waterman de la National Science Foundation en 1995, puis le prix des initiatives de recherche de la National Academy of Sciences en 1997. En 2003, il a été élu membre de l’Académie américaine des arts et des sciences. Le professeur Fisher a publié plus de 150 communications.

Brian Greene, Université Columbia (entré en fonction en septembre 2010)

Le professeur Greene est un théoricien des cordes bien connu, notamment pour sa contribution à la compréhension des différentes formes prises par les dimensions enroulées de la théorie. Il a travaillé sur la symétrie miroir, qui met en relation deux variétés de Calabi-Yau différentes (concrètement, le conifold avec l’un de ses orbifolds). Il a également décrit la transition de flop, une légère modification topologique, qui montre qu’en théorie des cordes, la topologie peut changer au point de conifold. Il s’est aussi fait largement connaître par ses ouvrages destinés au grand public (*L’univers élégant*, *La magie du Cosmos* et *Icarus at the Edge of Time* [Icare au bord du temps]), ainsi que par une émission connexe sur la chaîne de télévision américaine PBS.

Gerard 't Hooft, Université d'Utrecht (membre depuis 2008)

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

Igor R. Klebanov, Université de Princeton (membre depuis 2007)

Les recherches du professeur Klebanov ont touché 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 occupe actuellement la chaire 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 (entrée en fonction en septembre 2010)

Les recherches de la professeure Loll 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. Elle 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 occupe une chaire de chercheur distingué à l'Institut Perimeter et enseigne dans le cadre du programme PSI.

Michael Peskin, Stanford Linear Accelerator Center (membre depuis 2008)

Les centres d'intérêt 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 junior fellow 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 ouvrage usuel sur la théorie quantique des champs.

John Preskill, California Institute of Technology (membre depuis 2009)

Le professeur Preskill occupe la chaire John MacArthur de physique théorique au California Institute of Technology et dirige l'Institute for Quantum Information de ce même établissement. Ses travaux se concentrent sur des problèmes mathématiques liés au calcul quantique et à la théorie quantique de l'information. Parmi ses nombreuses distinctions, il a été élu Fellow de l'American Physical Society en 1991 et s'est vu attribuer la chaire Morris Loeb de l'Université Harvard en 2006.

David Spergel, Université de Princeton (membre depuis 2009)

Le professeur Spergel occupe la chaire Charles Young d'astronomie à l'Université de Princeton, dont il dirige le département d'astrophysique. Il est connu pour ses travaux sur la sonde d'étude de l'anisotropie du fond diffus cosmologique WMAP (Wilkinson Microwave Anisotropy Probe). Le professeur Spergel est lauréat du prix MacArthur et membre de la National Academy of Sciences des États-Unis. Il préside actuellement le sous-comité d'astrophysique du conseil consultatif de la NASA.

Erik Peter Verlinde, Université d'Amsterdam (entré en fonction en septembre 2010)

Le professeur Verlinde est un physicien théoricien de renommée mondiale, spécialiste de la théorie des cordes, dont les nombreuses contributions comprennent 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.

Birgitta Whaley, Université de Californie à Berkeley (entrée en fonction en septembre 2010)

La professeure Whaley enseigne au département de chimie de l'Université de Californie à Berkeley, dont elle dirige le centre d'informatique quantique. Ses recherches portent sur la compréhension et la manipulation de la dynamique quantique des atomes, molécules et nanomatériaux dans les environnements complexes, l'objectif étant d'explorer les problèmes fondamentaux du comportement quantique.