



**PERIMETER INSTITUTE
FOR THEORETICAL PHYSICS**

Rapport annuel à l'intention d'Industrie Canada
Traitant des objectifs, des activités et des finances pour la période du 1^{er} août 2008 au 31 juillet
2009 et présentant l'Énoncé des objectifs pour l'année prochaine et l'avenir

Institut Perimeter pour la physique théorique
31, rue Caroline Nord
Waterloo (Ontario)
N2L 2Y5

Table des matières

	Pages
Période A. 1 ^{er} août 2008 au 31 juillet 2009	
Objectifs, activités et finances	2 - 60
Énoncé des objectifs, Introduction	
Objectifs 1 à 12 avec activités et réalisations apparentées	
États financiers, dépenses, critères et stratégie de placement	
Période B. 1 ^{er} août 2008 et au-delà	
Énoncé des objectifs pour l'année prochaine et l'avenir	60-61

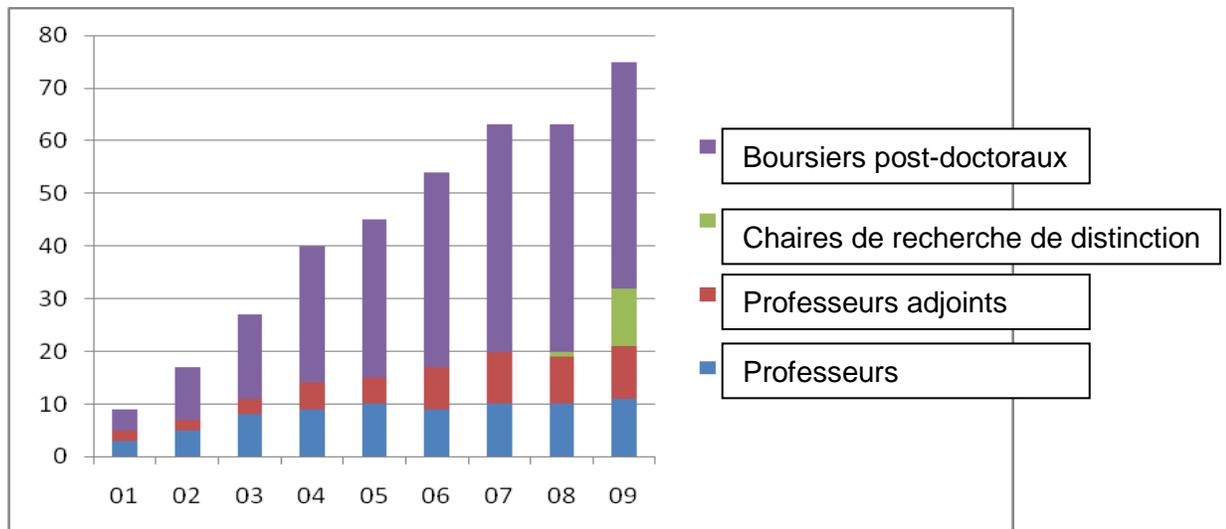
Énoncé des objectifs

Introduction

En 2008-2009, l'Institut a atteint plusieurs des importants objectifs de son mandat, voire motiver l'avancement de la recherche fondamentale dans certains domaines particuliers de la physique théorique et offrir des programmes de vulgarisation de qualité supérieure qui éduquent et inspirent le public canadien, notamment les jeunes, sur l'importance de la recherche fondamentale, la découverte et l'innovation.

Vous trouverez tous les détails dans le corps du rapport ci-dessous, mais il convient de mettre en évidence plusieurs de nos principaux jalons. En voici quelques-uns :

- En octobre 2008, le professeur Neil Turok est devenu officiellement le directeur de l'Institut Perimeter. Le Dr Turok compte plusieurs réussites et acquis à titre de scientifique et de leader visionnaire, et il possède l'aptitude et l'ambition de positionner l'IP parmi l'élite des instituts de recherche mondiaux en physique théorique.
- Tout au long de l'exercice financier précédent, la réputation croissante et les activités de recrutement ciblées de l'Institut Perimeter ont permis d'augmenter le nombre d'invités scientifiques et d'entraîner une croissance rapide de notre communauté de recherche.



Graphique 1. Croissance du personnel scientifique et des chercheurs adjoints de l'IP depuis sa fondation, 2001 à 2009.

- À l'été 2009, le financement provenant de sources fédérales, provinciales et privées a été obtenu pour l'expansion des installations de l'Institut, qui sera nommée le Centre Stephen Hawking à l'Institut Perimeter, lequel nous donnera beaucoup plus de place pour recevoir la communauté de recherche croissante de l'IP.

En plus des jalons ci-dessus, l'Institut Perimeter est en mesure de déclarer qu'elle a réussi à atteindre sa douzaine d'objectifs pour cet exercice financier et pour l'avenir, lesquels avaient été

décrits à Industrie Canada dans des rapports précédents (couvrant avril 2007 à juillet 2008). Dans le présent rapport couvrant l'exercice financier 2008-2009, nous verrons en détail chacun de ces objectifs, dans l'ordre suivant :

- Objectif 1 :** Élargir son équipe de chercheurs dans le but de promouvoir l'avancement fondamental dans l'ensemble des domaines de la physique
- Objectif 2 :** Agrandir les installations afin d'offrir le meilleur environnement et la meilleure infrastructure au monde pour la recherche en physique théorique
- Objectif 3 :** Étendre le nombre de scientifiques-résidents de premier plan jusqu'à l'atteinte de la masse critique
- Objectif 4 :** Établir pleinement son programme de chaires de recherche de distinction
- Objectif 5 :** Recruter les étudiants diplômés les plus prometteurs et les préparer pour la recherche de pointe à l'aide du programme Boursiers Perimeter International (BPI)
- Objectif 6 :** Créer des liens avec les centres d'essai et d'observation
- Objectif 7 :** Accueillir des conférences, des ateliers, des séminaires et des cours ciblés opportuns
- Objectif 8 :** Améliorer son rôle à titre de point de mire canadien en recherche sur la physique fondamentale
- Objectif 9 :** Conclure des accords de collaboration et des partenariats
- Objectif 10 :** Soutenir l'émergence de centres d'excellence novateurs favorisant les mathématiques et la physique de haut niveau dans l'ensemble du monde en développement
- Objectif 11 :** Poursuivre le développement de son programme de vulgarisation réputé
- Objectif 12 :** Présenter le Canada comme un pays qui reconnaît clairement que presque tous les aspects de notre société technologique moderne ont historiquement pris racine dans les idées émanant de la physique théorique

Les pages suivantes présentent chacun de ces objectifs avec plus de précisions, y compris la mesure dans laquelle ils furent réalisés et des exemples des activités entreprises. Ces objectifs sont décrits dans le contexte de l'exercice financier de l'Institut couvrant la période du 1^{er} août 2008 au 31 juillet 2009.

Objectif 1 : Élargir son équipe de chercheurs dans le but de promouvoir l'avancement fondamental dans l'ensemble des domaines de la physique

Depuis sa fondation, l'Institut a réuni des chercheurs poursuivant diverses approches aux plus grands défis auxquels fait face la physique théorique fondamentale au 21^e siècle, notamment la découverte d'une compréhension plus profonde des lois quantiques et de l'arène espace-temps dans lequel elles opèrent. Le choix stratégique de la combinaison d'orientations de recherche par l'IP est unique au monde et son approche interdisciplinaire crée une atmosphère collaborative qui maximise le foisonnement d'idées et augmente la probabilité de découvertes.

Tout en maintenant sa focalisation jumelée, l'IP élargit sa gamme de recherches afin de combiner les aperçus qu'elle gagne de la physique sur toutes les échelles de longueur : de la physique subatomique, aux systèmes de matière condensée mésoscopique, à la cosmologie et aux systèmes complexes, lesquelles comportent plusieurs échelles de temps et de longueur. Grâce à l'offre d'un environnement dynamique et multidisciplinaire et d'une liberté de recherche et d'occasions de collaboration de tout premier plan, l'IP a réussi à bâtir son équipe de recherche et à étendre ses programmes de recherche en cosmologie et en physique des particules. L'Institut poursuivra son expansion afin d'inclure la matière condensée et les systèmes complexes en 2009-2010.

Les renseignements suivants décrivent les progrès scientifiques et les réalisations, ainsi que les étapes prises pour élargir la recherche de l'IP dans des secteurs ciblés pour le développement futur.

Sommaire des réalisations

Six groupes de recherche actifs affichant les résultats de recherche prolifiques suivants au cours de l'exercice financier précédent :

- 196 publications¹
- 1 273 citations pour le travail de l'exercice financier en cours²
- Depuis sa fondation, les chercheurs de l'IP ont produit 1 052 publications dans 50 revues différentes, attirant 20 453 citations en date de novembre 2009.
- 94 chercheurs-résidents, comprenant 11 professeurs, 10 professeurs adjoints, 45 boursiers post-doctoraux et 28 étudiants diplômés
- 18 conférences, 172 séminaires, 27 colloques ont eu lieu sur les lieux
- Nomination de Neil Turok, cosmologiste de réputation mondiale, à titre de Directeur de l'Institut, travaillant aussi comme professeur de cosmologie
- Nomination de Robert W. Spekkens à titre de professeur junior en structures quantiques (août 2008)
- D'autres activités de recrutement dans des domaines existants et en expansion ont permis d'ajouter les professeurs juniors Latham Boyle (cosmologie) et Pedro Vieira (théorie des cordes/quantique des champs); et le co-recrutement des professeurs Niayesh Afshordi (cosmologie) et Luis Lehner (relativité générale/numérique) sous forme

¹ Remarque : en date du 31 juillet 2009. Chaque publication a été comptée une seule fois, peu importe le nombre de chercheurs de l'Institut Perimeter qui y ont collaboré.

² En date du 30 novembre 2009, selon Google Scholar and Spirens.

de co-nominations avec l'Université de Waterloo et l'Université de Guelph, respectivement

- Nomination de 11 chaires de recherche de distinction éminentes dans des domaines de recherche existants et en expansion

1.1 Progrès en recherche

La section suivante décrit les progrès dans les domaines de recherche de base de l'Institut. Il est à noter qu'une grande partie de cette recherche est hautement interdisciplinaire et beaucoup de ces résultats sont applicables à d'autres sous-domaines de la physique.

Structures quantiques

Le groupe des structures quantiques de l'IP est le groupe le plus important et le plus diversifié de son genre au monde. Le domaine des structures quantiques explore les structures conceptuelles et mathématiques de la théorie quantique et s'emboîte parfaitement avec la science émergente de l'information quantique. La plus grande partie du travail dans ce domaine porte sur les trois domaines de recherche suivants :

- La recherche d'effets nouveaux en théorie quantique;
- L'exploration des questions conceptuelles en théorie quantique (telles que le problème de mesure, la non-localité et la non-contextualité) et des interprétations de la théorie quantique (telles que l'interprétation de Copenhague ou l'interprétation des mondes multiples);
- Développer une compréhension plus profonde de la structure de la théorie (tant sur le plan mathématique que conceptuel) afin de reconstruire la théorie à partir d'axiomes plus fondamentaux et afin d'aller au-delà de la théorie quantique (par exemple, pour en arriver à une théorie de la gravité quantique).

Sommaire des réalisations

- 18 articles produits
- 24 séminaires; 3 conférences/ateliers ont eu lieu
- L'article publié par le professeur Robert Spekkens *et al* a été sélectionné afin de paraître dans le numéro « Palmarès de 2008 » du *New Journal of Physics*.
- Chris Fuchs a obtenu un financement de 512 000 USD sous forme de bourse sur quatre ans de la part du *U.S. Office of Naval Research* pour un projet intitulé « SIC Representations for Quantum States and Quantum Channels: Pinpointing the Essence of Quantum Information Processing. »
- Chris Fuchs a été élu vice-président du conseil d'administration du groupe thématique sur l'information quantique de l'*American Physical Society's* (APS) (il deviendra président désigné et par la suite président au cours de son mandat de quatre ans).

Faits saillants

Les chercheurs en structures quantiques de l'IP ont approfondi plusieurs directions de recherche efficaces au cours de l'exercice financier. Voici quelques exemples :

- Lucien Hardy a travaillé à bâtir des structures opérationnelles plus profondes pour la théorie quantique dans l'espoir d'appliquer ces idées à la relativité générale et, possiblement, à la gravité quantique.
- Ward Struyve et Samuel Colin ont étudié des sujets du modèle d'onde pilote pour la théorie quantique, en particulier une étude de non-équilibre où la distribution de la position des particules n'est pas cohérente avec la fonction d'onde.
- Chris Fuchs a travaillé à solidifier, en termes techniques, la notion que l'état quantique ne représente rien de plus qu'un degré de croyance bayésien. À cette fin, il a approfondi un type de mesure appelé SIC (*symmetric, informationally-complete measurements* ou mesures symétriques et informationnellement complètes) qui promet d'avoir la structure appropriée à cette fin.
- Robert Spekkens a exploré les cadres de référence quantiques à titre de source et a également étudié les définitions opérationnelles de la contextualité.
- Philip Goyal a approfondi une reconstruction de géométrie de l'information de la théorie quantique qui se fonde, dans une certaine mesure, sur des idées antérieures de Wootters.
- Adrian Kent a effectué une analyse critique de tentatives récentes (de la part de l'*Oxford school*, notamment) afin de définir et de confirmer la théorie quantique d'Everett (l'interprétation des mondes multiples). Il a également proposé un nouveau formalisme réaliste pour la covariante de Lorentz en utilisant un minimum de structure supplémentaire pour définir une solution au problème de mesure.
- Hans Westman a exploré la viabilité de l'interprétation épistémique en développant une proposition concrète par laquelle la fonction d'onde ne représenterait qu'une distribution de probabilité.
- Rafael Sorkin a continué à développer et à raffiner son approche logique anhomomorphique de la théorie quantique en collaboration avec Joe Henson, David Rideout et Cohl Furey, et à l'appliquer à de nouvelles situations. Il a également collaboré avec Raymond Laflamme, un adjoint à l'IP, et d'autres collègues à l'*Institute for Quantum Computing* afin de tester la théorie quantique dans une expérience à trois fentes (cette expérience concerne la proposition faite par Sorkin en 1994 que la théorie quantique est la deuxième dans une hiérarchie de théories caractérisées par leur comportement dans des expériences d'interférence à plusieurs fentes).

Gravité quantique

La gravité quantique se préoccupe de l'unification de la relativité générale, la théorie de la gravité d'Einstein, et de la théorie quantique. Les chercheurs de l'Institut Perimeter poursuivent activement de nombreuses approches différentes à ce problème, dont la gravitation quantique à boucles, les modèles en mousse de spin et la théorie des ensembles causaux. L'objectif principal du groupe de gravité quantique de l'Institut Perimeter continue d'être les diverses approches à la gravité quantique, dans un contexte non-perturbateur.

Sommaire des réalisations

- 58 articles publiés
- Le professeur Lee Smolin a reçu le prix *Klopsteg Memorial Award* pour 2009 de l'*American Association of Physics Teachers* (AAPT) pour ses « réalisations extraordinaires en partageant l'intérêt particulier de la physique contemporaine au grand public. »

- La professeure Fotini Markopoulou a remporté un prix de l'institut *Foundational Questions Research Institute* (FQXi) pour sa dissertation « Space does not exist, so time can. » Steve Weinstein, un adjoint de l'IP, et les anciens boursiers post-doctoraux Olaf Dreyer et Florian Girelli ont également reçu des honneurs.

Faits saillants

Il y a eu trois directions dans lesquelles des progrès importants sur cette question ont été dirigés par le corps enseignant de l'Institut Perimeter, et plusieurs autres où de nouvelles frontières ont été franchies.

Voici quelques faits saillants pour l'exercice financier précédent :

- Florian Conrady et Laurent Freidel ont publié des résultats importants montrant l'existence d'une approximation semiclassique dans les modèles en mousse de spin, une étape importante dans l'effort continu visant à unifier les théories einsteinienne et quantique, l'un des principaux défis de la physique. Dans leur article, « On the semiclassical limit of 4d spin foam models, »³ la limite semiclassique d'amplitudes en mousse de spin quantique d'une nouvelle classe de modèles à quatre dimensions récemment définie est étudiée. Ils ont démontré que les amplitudes en mousse de spin sont, dans une certaine limite, approximées par l'exponentielle d'une discrétisation de l'action d'Einstein. Cela démontre pour la première fois que les amplitudes de mousse de spin restreintes à des états de réseaux de spin aux frontières définies possèdent la limite semiclassique appropriée.
- Fotini Markopoulou et ses collaborateurs ont obtenu une limite supérieure sur la vitesse de propagation de l'information dans un modèle de spin avec un ordre topologique dont la théorie effective décrit la lumière⁴. Dans « Lieb-Robinson bounds and the speed of light from topological order, »⁵ ils ont démontré que la limite supérieure de la vitesse maximale des interactions est de $\sqrt{2}c$ fois la vitesse de la lumière émergente, ce qui représente un indice très fort que la lumière est en fait la vitesse maximale des interactions dans les condensats de cordes-filets. Ce résultat est une percée importante, car il démontre comment les champs jauge peuvent survenir sous forme de degrés émergents de libertés dans des modèles de gravité quantique indépendants de fond. Ils ont également conclu que la vitesse de la lumière dépend de la dimension espace-temps du modèle. Markopoulou et ses collaborateurs ont continué leur travail sur une classe de ces types de modèles, appelée modèles de graphes quantiques.⁶
- Lee Smolin a proposé une nouvelle solution au problème de constante cosmologique dans le contexte d'une quantification intégrale de parcours d'une classe de théories de la gravité appelée gravité unimodulaire.⁷ Dans cette théorie, d'abord étudiée par Einstein en 1919, les termes dans le tenseur d'impulsion d'énergie proportionnels aux mesures ne sont pas des sources de courbure espace-temps. Smolin a démontré que ce résultat est également vrai dans la pleine action effective quantique pleine, construite

³ F. Conrady, L. Freidel. « On the semiclassical limit of 4d spin foam models. » *Phys. Rev. D* 78, 104023 (2008). arXiv:0809.2280 [gr-qc].

⁴ Voir Xiao-Gang Wen, « Artificial light and quantum order in systems of screened dipoles. » *Phys. Rev. B* 68 (2003) 115413, arXiv:0210040.

⁵ Alioscia Hamma, Fotini Markopoulou, Isabeau Premont-Schwarz, Simone Severini. « Lieb-Robinson bounds and the speed of light from topological order. » *Phys.Rev.Lett.* 102:017204, 2009. arXiv:0808.2495.

⁶ Tomasz Konopka, Fotini Markopoulou, Simone Severini. « Quantum Graphity: a model of emergent locality. » *Phys.Rev.D* 77:104029, 2008. arXiv:0801.0861.

⁷ L.Smolin. « The quantization of unimodular gravity and the cosmological constant problem. » arXiv:0904.4841.

de manière appropriée depuis l'intégrale trajectoire espace à phase contrainte. Cela implique que les corrections quantiques à cette constante cosmologique découplent de la géométrie espace-temps.

- Plusieurs boursiers post-doctoraux de l'IP ont fait des contributions à l'intérêt croissant pour la sécurité asymptotique et, en particulier, ont fourni des preuves qu'à de courtes distances, la dimension spectrale de l'espace-temps décroît de $3 + 1$ à $1 + 1$. Dario Benedetti a publié un nouvel argument pour la diminution de la dimension spectrale de l'espace-temps comme conséquence de la symétrie des groupes quantiques,⁸ alors que Leonardo Modesto a trouvé un argument pour la même conclusion dans les propriétés de l'opérateur de secteur dans la gravité quantique à boucles⁹. Ceux-ci suggèrent de nouveaux liens entre ces approches, les triangulations dynamiques causales et la sécurité asymptotique qui méritent d'être étudiés de plus près. Dans un ouvrage connexe, le boursier post-doctoral Razvan Gurau et le chercheur invité Oliver Rosten ont présenté une formulation du groupe de renormalisation wilsonienne à la théorie des champs sur les ensembles espace-temps non-commutatifs¹⁰.
- En collaboration avec la mathématicienne Simone Severini, une boursière post-doctorale à l'*Institute for Quantum Computing* (IQC), Fotini Markopoulou a démontré qu'un problème de comptage pour les trajectoires d'une certaine longueur sur un graphe peut être exprimé en termes de valeur attendue de certaines valeurs de mécanique quantique observables dans l'espace Hilbert de leur modèle de graphes quantiques proposé.^{11, 12}
- En collaboration avec Chanda Prescod-Weinstein (une diplômée de l'Université de Waterloo), Lee Smolin a développé une explication novatrice au sujet de l'énergie sombre, causée par Markopoulou,¹³ selon laquelle l'énergie sombre est un vestige d'une localité désordonnée découlant de la gravité quantique à boucles et de théories similaires sur la gravité quantique dans laquelle la localité est une propriété émergente.¹⁴

Information quantique

Les chercheurs du groupe de l'information quantique travaillent à comprendre les propriétés de l'information quantique et étudient quelles tâches du traitement de l'information sont réalisables et lesquelles ne le sont pas ou sont impossibles. Cela inclut la recherche en cryptographie quantique qui étudie le compromis entre l'extraction et la perturbation de l'information, et ses applications. Elle comprend également la recherche dans le domaine de la correction des erreurs quantiques, qui comprend l'étude de méthodes permettant de protéger l'information contre la décohérence.

Sommaire des réalisations

- 38 articles publiés

⁸ Dario Benedetti. « Fractal properties of quantum spacetime. » *Phys.Rev.Lett.*102:111303, 2009. arXiv:0811.1396

⁹ Leonardo Modesto. « Fractal Structure of Loop Quantum Gravity. » arXiv: 0812.2214.

¹⁰ R. Gurau, O. J. Rosten. « Wilsonian Renormalization of Noncommutative Scalar Field Theory. » arXiv:0902.4888.

¹¹ F. Markopoulou, S. Severini. « A note on observables for counting Trails and Paths in Graphs. » *Jl of Mathematical Modeling and Algorithms* (*Jl de modélisation et d'algorithmes mathématiques*); accepté avril 2009.

¹² Voir aussi : Tomasz Konopka, Fotini Markopoulou, Simone Severini, "Quantum Graphity: a model of emergent locality. » *Phys.Rev.D* 77:104029, 2008. arXiv:0801.0861.

¹³ F. Markopoulou. « New directions in Background Independent Quantum Gravity. » arXiv:gr-qc/0703097. Dans *Approaches to Quantum Gravity - Toward a New Understanding of Space, Time, and Matter*. Edité par D. Oriti. Publié par Cambridge University Press, 2009.

¹⁴ C. Prescod-Weinstein, L. Smolin. « Disordered Locality as an Explanation for the Dark Energy. » arXiv:0903.5303.

- Une conférence/un atelier a eu lieu
- Raymond Laflamme, professeur adjoint de l'IP, a été intronisé dans la Société royale du Canada, la plus prestigieuse distinction du milieu universitaire au Canada.
- La chaire de recherche canadienne (niveau 1) de Raymond Laflamme, professeur adjoint de l'IP, a été renouvelée.

Faits saillants

La recherche sur l'information quantique au cours de l'exercice financier précédent a couvert une vaste gamme de sujets. Voici quelques exemples :

- Dans un ouvrage publié dans le *New Journal of Physics*, Raymond Laflamme, professeur adjoint de l'IP, avec les étudiants diplômés de l'IQC Colm Ryan et Martin Laforest, a utilisé la résonance magnétique nucléaire pour effectuer, au niveau expérimental, un protocole d'étalonnage aléatoire permettant de mesurer le taux d'erreur dans leurs portes quantiques, avec un taux d'erreur tout juste au-dessus de 1 pour 10 000 portes¹⁵. Pour un ordinateur quantique de grande taille, il n'est pas pratique de mesurer chaque détail de l'état quantique créé dans l'expérience, mais en choisissant une séquence d'opérations aléatoire, il est possible d'obtenir une bonne estimation statistique des erreurs. Bâtir un ordinateur quantique de grande taille nécessite une bonne compréhension des erreurs expérimentales afin d'y remédier avec un meilleur équipement ou par la correction des erreurs.
- Les boursiers post-doctoraux de l'IP Steve Flammia et Nick Menicucci, ainsi que Oliver Pfister, ont écrit une série d'articles¹⁶ sur l'informatique quantique en utilisant de la lumière emprisonnée dans des cavités optiques. Ils proposent de créer un état quantique de lumière qui entremêle plusieurs fréquences différentes, qui fournirait alors la solution au calcul informatisé quantique grâce à une séquence appropriée de mesures. La plupart des approches à la construction d'un ordinateur quantique avec de la lumière utilisent de multiples faisceaux de lumière différents qui n'interagissent pas de manière importante les uns avec les autres. Utiliser différentes fréquences plutôt que différents faisceaux permettent d'éviter cette difficulté.
- La boursière post-doctorale Sarah Croke, avec David Menzies, a récemment étudié l'amplification linéaire sans bruit non déterministe. Leurs travaux s'inspirent de plusieurs idées différentes – valeurs faibles, concepts d'optiques quantiques et information quantique – et démontrent que des mesures faibles peuvent être utilisées pour produire des transformations pratiques.¹⁷
- Rolando Somma, boursier post-doctoral de l'IP, Richard Cleve et Michele Mosca, adjoints de l'IP et Daniel Gottesman, professeur à l'IP, avec David Yonge-Mallo, étudiant diplômé de l'IQC, ont démontré que les oracles à temps continu et à temps discret sont presque équivalents.¹⁸ En informatique, il est fréquemment pratique d'étudier la complexité informatique des tâches en résumant la spécification de la question en une question portant sur un « oracle », une boîte noire qui effectue des calculs informatisés. En mécanique quantique, il est tout aussi logique de considérer des oracles continus, où

¹⁵ C.A. Ryan, M. M. Laforest et R. Laflamme. "Randomized benchmarking of single and multi-qubit control in liquid-state NMR quantum information processing." *New J. Phys.* 11 (2009) 013034 arXiv:0808.3973v1.

¹⁶ À titre d'exemple, voir : Steven T. Flammia, Nicolas C. Menicucci, Oliver Pfister. « The Optical Frequency Comb as a One-Way Quantum Computer. » *J. Phys. B* 42, 114009 (2009). arXiv:0811.2799

¹⁷ S. Croke, David Menzies. « Noiseless linear amplification via weak measurements. » arXiv:0903.4181.

¹⁸ R. Cleve, D. Gottesman, M. Mosca, R. D. Somma, D. L. Yonge-Mallo. « Efficient discrete-time simulations of continuous-time quantum query algorithms. » Paraît dans *Proceedings of the 41st Annual ACM Symposium on Theory of Computing (STOC 2009)*. arXiv:quant-ph/0604141v2.

les calculs informatisés de la boîte noire sont effectués de manière continue sur une période de temps finie plutôt que tout d'un morceau. En principe, un oracle à temps continu peut être plus efficace qu'un oracle à temps discret, puisqu'il permet plus de flexibilité dans la façon dont l'oracle est utilisé. Cependant, cet article, présenté au *QIP 2009* (et apparaissant dans le compte-rendu du *STOC 2009*), a démontré qu'un algorithme utilisant des oracles à temps discret peut en simuler un qui utilise des oracles à temps continu avec seulement une petite augmentation de la quantité d'accès oracle utilisé.

Théorie des supercordes

La théorie des cordes est un domaine vaste et varié qui possède des liens puissants avec la gravité quantique, la physique des particules, la cosmologie et les mathématiques. Voici quelques exemples des sujets de recherche en cours : cosmologie des cordes, théorie de jauge supersymétrique, modèles de matrice, dualité jauge/gravité et twistors.

La production scientifique du groupe sur la théorie des cordes au cours du dernier exercice financier fut remarquable, non seulement par le nombre d'articles publiés, mais également par la visibilité de plusieurs d'entre eux, présentés dans le cadre de conférences et de séminaires internationaux.

Sommaire des réalisations

- 34 publications
- Un atelier/une conférence très réussi a eu lieu, « Black Holes and Quantum Physics » (janvier 2009)
- Le professeur Freddy Cachazo, professeur à l'IP, a reçu la médaille *Gribov* de la Société européenne de physique pour 2009
- Le professeur Jaume Gomis, professeur à l'IP, a reçu une bourse de nouveau chercheur du Ministère de la Recherche et de l'Innovation de l'Ontario

Faits saillants

Voici quelques-uns des faits saillants du groupe des cordes de l'IP pour l'exercice financier précédent :

- Dans deux de ses articles, « What is the Simplest Quantum Field Theory, »¹⁹ et « The S-matrix in Twistor Space, »²⁰ Freddy Cachazo et ses collaborateurs à l'*Institute for Advanced Study* (incluant Nima Arkani-Hamed, professeur de la chaire de recherche de distinction à l'IP) a trouvé une formulation « holographique » des amplitudes de diffusion dans laquelle la localité et donc l'espace-temps même sont émergents. Dans cette formulation, la théorie la plus contrainte et donc la plus simple dans 4 dimensions est

¹⁹ Nima Arkani-Hamed, Freddy Cachazo, Jared Kaplan. « What is the Simplest Quantum Field Theory? » Arxiv: 0808.1446[hep-th].

²⁰ Nima Arkani-Hamed, Freddy Cachazo, Clifford Cheung, Jared Kaplan. « The S-Matrix in Twistor Space. » ArXiv 0903.2110 [hep-th].

N=8 supergravité. Le Dr Cachazo a été invité à présenter les résultats du premier article à la conférence Strings2008 du CERN.

- Lors d'une récente collaboration, Alex Buchel, Rob Myers et Aninda Sinha (étudiante post-doctorale à l'IP) ont étudié des violations possibles de la célèbre conjecture d'un lien de viscosité : $\eta/s \geq 1/4\pi$. Dans « Beyond $\eta/s = 1/4\pi$ »²¹ ils ont indiqué que non seulement des violations peuvent-elles se produire dans un environnement contrôlable dans la théorie des cordes, elles sont en fait plutôt communes. Plusieurs membres de cette collaboration ont été invités à présenter ces résultats à plusieurs endroits, notamment *Harvard*, *Caltech*, *KITP* et *Washington University*, ainsi qu'à la conférence *Quark Matter 2009*.

Physique des particules

La physique des particules, un domaine de recherche en pleine croissance à l'IP, cherche à identifier les composantes et les interactions de la nature au niveau le plus fondamental, en mettant l'accent sur la comparaison d'idées théoriques à l'aide d'expériences terrestres et d'observations astrophysiques. À ce titre, elle recouvre une bonne partie du domaine de la cosmologie, puisque les observations cosmologiques fournissent les seules fenêtres d'observation dans les lois de la nature au niveau des très hautes énergies qui se trouvent au-delà du champ du modèle standard. Le domaine au complet retient actuellement son souffle en anticipation de la mise en service tant attendue du grand collisionneur hadronique au CERN qui devrait apporter de nouvelles connaissances sur la nature de la nouvelle physique qui se trouve à ces très hautes énergies.

Sommaire des réalisations

- 17 articles publiés
- Une conférence a eu lieu
- Cliff Burgess, professeur à l'IP, a été intronisé à titre de membre de la Société royale du Canada, la plus prestigieuse distinction du milieu universitaire au Canada.

Faits saillants

Les trois faits saillants de la recherche au cours de l'exercice financier précédent étaient les suivants :

- L'article « : Observable Gravity Waves from IIB String Compactifications, »²² de Cliff Burgess et ses collaborateurs à *Cambridge University*, a proposé un mécanisme pour obtenir des ondes gravitationnelles importantes et observables provenant de l'époque cosmologique la plus récente connue comme étant l'inflation à l'intérieur de la théorie des cordes, qui fournit un des deux seuls mécanismes contemporains connus à faire cela. Les télescopes nouvelle génération pouvant effectuer des mesures de polarisation précises du fond diffus cosmologique seront en mesure de vérifier cette théorie.
- L'article « Astrophysical Signatures of Secluded Dark Matter, »²³ de Maxim Pospelov et ses collaborateurs, décrit les signatures astrophysiques indirectes des modèles de

²¹ A. Buchel, R. C. Myers, A. Sinha. « Beyond $\eta/s = 1/4\pi$ » JHEP 0903:084, 2009. (arXiv:0812.2521 [hep-th]).

²² M. Cicoli, C.P. Burgess, F. Quevedo. « Fibre Inflation: Observable Gravity Waves from IIB String Compactifications. » JCAP 0903:013, 2009. arXiv:0808.0691.

²³ Maxim Pospelov, Adam Ritz. « Astrophysical Signatures of Secluded Dark Matter, » *Phys.Lett.B* 671:391-397, 2009. ArXiv: 0810.1502.

matière sombre WIMP, pour laquelle la matière sombre est « retirée » de la matière ordinaire. Cette classe de modèles, laquelle a été proposée plus tôt par Pospelov, a suscité un intérêt considérable lors de son utilisation par Pospelov, et d'autres, pour décrire des anomalies dans le flux de positrons de rayons cosmiques, comme mesurées par les expériences PAMELA, ATIC et FGST.

- L'article « Naturalness of CP Violation in the Standard Model, »²⁴ de Gary Gibbons, Steffen Gielen, Chris Pope et Neil Turok, qui ont découvert qu'une distribution uniforme, utilisant une mesure naturelle dans l'espace de matrices CKM (qui caractérise le mélange entre différents secteurs du modèle standard de la physique des particules), engendre un niveau de violation CP comparable à la valeur observée. La violation CP est ce qui distingue la matière de l'antimatière et est essentielle pour comprendre pourquoi la matière prédomine sur l'antimatière dans le monde naturel.

Cosmologie

Les cosmologistes de l'IP étudient et traitent certaines des énigmes les plus fondamentales dans notre compréhension de l'univers. Ils combinent les récents développements réalisés à l'interface de l'astrophysique et la physique fondamentale pour faire la lumière sur certaines des importantes énigmes dans le domaine : Qu'est-ce qui cause l'accélération cosmique observée? Quelle est la nature de la matière noire? Que pouvons-nous apprendre du rayonnement de fond de micro-ondes et les observations des structures à grande échelle sur les théories de la physique fondamentale? L'inflation est-elle le paradigme approprié pour la cosmologie de l'univers primordial?

Sommaire des réalisations

- 31 articles produits
- Sept conférences et ateliers ont eu lieu
- Recrutement de cinq chaires de recherche de distinction exceptionnelles en cosmologie
- Le Dr Neil Turok, cosmologiste de renommée mondiale, recruté au cours de l'exercice financier 2007-2008, est devenu officiellement professeur à l'Institut Perimeter en octobre 2008.
- Recrutement de deux nouveaux professeurs – Latham Boyle et Niayesh Afshordi (co-nominations avec l'Université de Waterloo)

Faits saillants

Voici deux exemples notables de recherches récentes :

- L'article « Primordial non-Gaussianity, statistics of collapsed objects, and the integrated Sachs-Wolfe effect, »²⁵ publié dans *Physical Review D*, de Niayesh Afshordi et de Andrew Tolley, a présenté une méthode novatrice de prédire l'effet des déviations depuis des conditions gaussiennes initiales sur les statistiques des galaxies et des amas, et comment cela permet d'obtenir des signatures uniques lors des observations de structures à grande échelle.

²⁴ Gibbons, Gielen, Pope, Turok. « Naturalness of CP Violation in the Standard Model, » (Naturalité de la violation CP dans le modèle standard,) 0810.4368.

²⁵ Niayesh Afshordi, Andrew J. Tolley. "Primordial non-Gaussianity, statistics of collapsed objects, and the integrated Sachs-Wolfe effect." (Non-gaussianité primordiale, statistiques des objets écrasés et l'effet Sachs-Wolfe intégré) *Phys.Rev.D* 78:123507, 2008. ArXiv: 0806.1046

- L'article « The Return of the Phoenix Universe », des professeurs Neil Turok, Paul J. Steinhardt et Jean-Luc Lehners, a reçu une mention honorable lors du 60^e concours annuel de dissertation de la *Gravity Research Foundation*

1.2 Élargir les domaines de recherche

De plus en plus, il tend à y avoir des chevauchements entre les différents domaines de la recherche de pointe : par exemple, de récentes découvertes connectent les systèmes de matière condensée à la gravité quantique; les transitions de phase quantique connectent la théorie quantique à la matière condensée et à la physique des particules; et la relativité générale numérique connecte la cosmologie, la gravité quantique, la théorie des cordes et même l'information quantique. Tout en maintenant sa focalisation jumelée sur la théorie quantique et l'espace-temps, l'IP élargit donc sa gamme de recherches afin d'y incorporer les aperçus complémentaires obtenus de la physique sur toutes les échelles de longueur : de la physique subatomique, aux systèmes de matière condensée mésoscopique, à la cosmologie et aux systèmes complexes, lesquelles comportent plusieurs échelles de temps et de longueur.

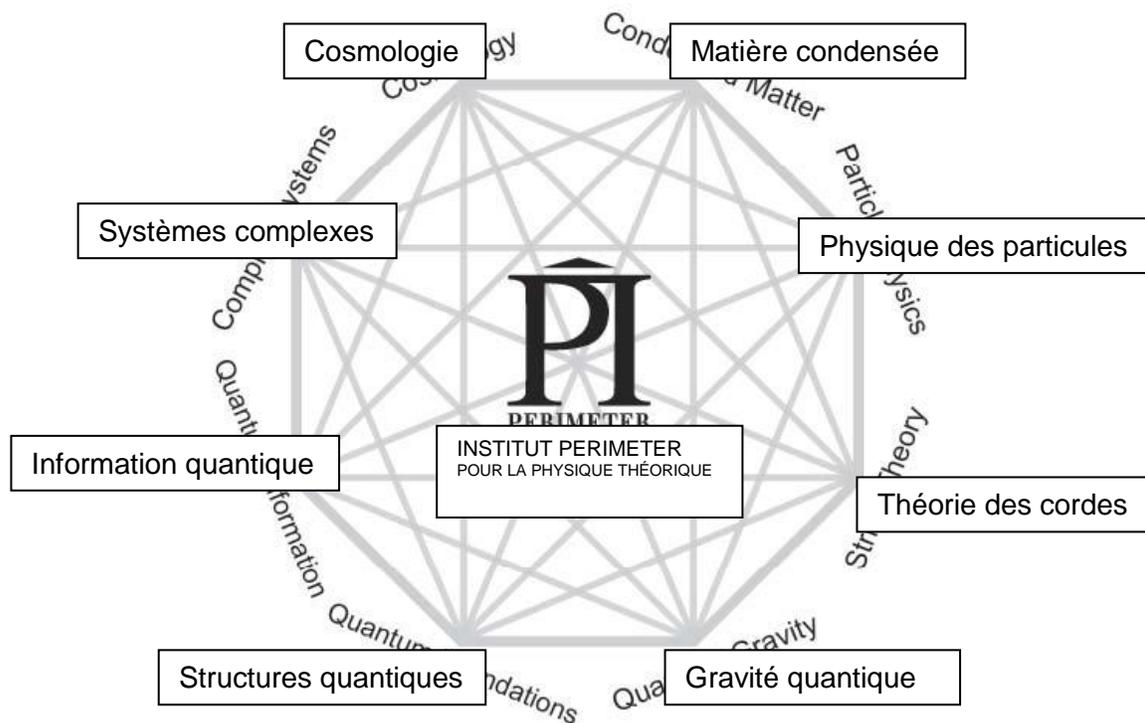


Fig. 1. Une communauté de recherche unique qui obtient des aperçus complémentaires de ses huit principaux domaines de recherche.

Les huit domaines ci-dessus ont été sélectionnés avec soin afin de permettre à l'IP d'atteindre la masse critique, en incorporant l'expertise dans l'ensemble de domaines de la physique. L'Institut pourrait également développer d'autres disciplines complémentaires, notamment à l'intersection de ces domaines. Les huit domaines établis et émergents à l'IP forment un tout beaucoup plus grand que la somme de ses parties, ce qui permet aux aperçus de chacun de ces domaines de promouvoir le progrès et l'innovation dans chacun d'eux. De plus, l'IP cherche à embaucher des professeurs dont la recherche couvre plus d'un domaine : par exemple, la

phénoménologie et la cosmologie de la physique des particules, ou la relativité générale numérique qui recouvrent la gravité quantique, la théorie des cordes, la cosmologie et la physique des particules ou la physique mathématique et statistique qui interagit avec les huit domaines. Cette stratégie agrandit de manière importante la force de la recherche à l'Institut Perimeter, un effet qui continuera de grandir au fur et à mesure que son personnel de recherche augmentera.

En élargissant sa gamme d'expertise, l'IP enrichira et renforcera sa recherche, ce qui lui permettra ensuite de devenir plus pertinent dans un plus vaste champ d'application. Cette vision à long terme permettra au Canada de jouer un rôle fondamental dans la recherche sur la physique fondamentale, et les technologies qui peuvent en découler, à long terme. Alors que la communauté de recherche approche de la masse critique, on ne peut que s'attendre à un foisonnement de travaux novateurs et interdisciplinaires, ce qui serait impossible avec un institut plus petit et spécialisé.

Sommaire des réalisations

- D'autres activités de recrutement dans des domaines existants et en expansion ont permis d'ajouter les professeurs juniors Latham Boyle (cosmologie) et Pedro Vieira (théorie des cordes/quantique des champs); et le co-recrutement des professeurs Niayesh Afshordi (cosmologie) et Luis Lehner (relativité générale/numérique) sous forme de co-nominations avec l'Université de Waterloo et l'Université de Guelph, respectivement
- Nomination de 11 chaires de recherche de distinction dans des domaines de recherche en expansion
- L'événement « 4 Corners–Southwest Ontario Condensed Matter Symposium » a eu lieu le 23 avril 2009

Faits saillants

Nouvelles nominations

Il y a eu plusieurs nominations de professeurs permanents et de chaires de recherche de distinction au cours de l'exercice financier 2008-2009 dans les domaines de recherche en expansion et en développement. (Veuillez noter que les renseignements complets sur le recrutement sont inclus dans l'objectif 3, alors que le programme de la chaire de recherche de distinction est inclus en détail dans l'objectif 4.)

Corps enseignant

Le Dr **Niayesh Afshordi** se joindra à l'Institut Perimeter à titre de professeur adjoint en cosmologie et sera titulaire d'une co-nomination avec l'Université de Waterloo. La recherche du Dr Afshordi porte sur l'astrophysique, la cosmologie et la physique de la gravité, avec un intérêt particulier sur les découvertes observationnelles qui peuvent aider à résoudre des problèmes en physique fondamentale. Il est également membre du corps enseignant du programme BPI (voir tous les détails à l'objectif 5).

Le Dr **Latham Boyle** a confirmé qu'il se joindra à l'Institut Perimeter à titre de professeur junior en cosmologie à compter de janvier 2010. Il a reçu son doctorat en physique en 2006 de

Princeton University, sous la direction de Paul Steinhardt. La recherche du Dr Boyle porte sur la cosmologie dans les débuts de l'univers – l'étude scientifique et mathématique du commencement de l'univers et de ce qui s'est produit lors des premiers moments du Big Bang.

Le Dr **Luis Lehner** s'est joint à l'Institut Perimeter à titre de professeur adjoint par co-nomination avec l'Université de Guelph. Le Dr Lehner est un expert en relativité générale numérique et son travail couvre plusieurs domaines de recherche à l'Institut Perimeter.

Le Dr **Robert Spekkens** s'est joint à l'Institut Perimeter à titre de professeur junior dans le programme de structures quantiques, et a commencé officiellement en novembre 2008. En plus de ses réalisations en structures quantiques, il a également réalisé des ouvrages importants en information quantique.

Le Dr **Pedro Vieira** s'est joint à l'Institut à titre de professeur junior dans le programme des cordes. La recherche du Dr Vieira porte sur le développement de nouvelles techniques mathématiques pour les théories de jauge et de cordes, dont le but ultime est de trouver une solution réaliste pour la théorie de jauge à quatre dimensions.

Chaires de recherche de distinction

Le professeur **Yakir Aharonov** (*Chapman University* et *Tel Aviv University*) a fait des contributions majeures en mécanique quantique, aux théories quantiques des champs relativistes et aux interprétations de la mécanique quantique. En 1998, il a reçu le prestigieux prix Wolf pour sa co-découverte en 1959 de l'effet Aharonov-Bohm.

Le professeur **Nima Arkani-Hamed** (*Institute for Advanced Study*), est l'un des meilleurs physiciens en particules qui a proposé de nouveaux modèles théoriques qui peuvent être vérifiés à l'aide du grand collisionneur hadronique au CERN. Il est également membre du corps enseignant du programme BPI (voir tous les détails à l'objectif 5).

La professeure **Neta Bahcall** (*Princeton University*) est une cosmologiste observationnelle qui a été la pionnière des approches quantitatives à la compréhension des données astronomiques, et renforcera la recherche en cosmologie à l'Institut Perimeter.

Le professeur **Juan Ignacio Cirac** (*Max Planck Institute of Quantum Optics*) est l'un des meilleurs théoriciens de l'information quantique dont les recherches visent à caractériser les phénomènes quantiques et à développer une nouvelle théorie de l'information basée sur la mécanique quantique, lequel travail pourrait un jour contribuer au développement d'ordinateurs quantiques.

Le professeur **Gia Dvali** (*New York University* et CERN) explore les questions fondamentales à l'intersection entre la physique des particules et la cosmologie, incluant la gravité quantique et l'univers primordial.

Le professeur **Stephen Hawking** (*Cambridge University*) est le professeur lucasien émérite en mathématiques au département des mathématiques appliquées et de la physique théorique à *Cambridge University*. Par son travail, le professeur Hawking cherche à mieux comprendre les lois de base qui gouvernent l'univers.

Le professeur **Leo Kadanoff** (*University of Chicago*) a fait d'importantes contributions à la physique théorique de la matière condensée et à la théorie des systèmes complexes (à titre de pionnier de la théorie du chaos), deux domaines en développement à l'IP. Il est également membre du corps enseignant du programme BPI (voir tous les détails à l'objectif 5).

Le professeur **Subir Sachdev** (*Harvard University*) a fait des contributions prolifiques à la physique de la matière condensée quantique, incluant la recherche sur les transitions de phase quantiques et leur application à la matière d'électrons corrélée comme les superconducteurs à haute température.

Le professeur **Ashoke Sen** (*Harish-Chandra Research Institute*) est un pionnier de la théorie des cordes dont les nombreuses contributions incluent la célèbre conjecture de Sen ainsi que de nombreux aperçus au sujet des dualités des cordes et de l'entropie dans les trous noirs.

Le professeur **Leonard Susskind** (*Stanford University*) est considéré comme l'un des pères de la théorie des cordes et il a également fait des contributions majeures à la physique des particules, la théorie des trous noirs et la cosmologie. Ses recherches actuelles portent sur des questions de la physique des particules théorique, la physique gravitationnelle et la cosmologie quantique.

Le professeur **Xiao-Gang Wen** (MIT) est un éminent physicien de la matière condensée théorique qui a proposé de nouvelles phases topologiques de la matière et a exploré leurs applications. Le Dr Wen est également membre du corps enseignant du programme BPI (voir l'objectif 5).

Objectif 2 : Agrandir les installations afin d'offrir le meilleur environnement et la meilleure infrastructure au monde pour la recherche en physique théorique

Afin de supporter son objectif de créer le meilleur environnement au monde pour la recherche en physique théorique et d'accueillir la croissance prévue du corps enseignant, du personnel de recherche et le programme de formation de recherche, l'Institut a entrepris l'expansion de ses installations. La Fondation canadienne pour l'innovation (FCI) a engagé 10 millions \$ en financement et le Ministère de la Recherche et de l'Innovation de l'Ontario a promis d'égaliser cette subvention. De plus, un investisseur privé s'est également engagé.

L'expansion de 55 000 pieds carrés permettra d'offrir plus du double de l'espace de recherche et de formation et sera conçue par Teeple Architects, un groupe ayant remporté un prix du Gouverneur général. Cet ajout inclura 81 espaces de recherche (pour un, deux ou plusieurs utilisateurs) avec des espaces de recherche individuels permettant d'accueillir 130 scientifiques supplémentaires; un grand espace de formation pouvant accueillir jusqu'à 50 nouveaux chercheurs du programme de formation des BPI de l'IP; quatre nouvelles zones d'interaction informelles; et quatre nouveaux espaces de présentation pour des séminaires et des ateliers de recherche. Cette expansion fournira l'infrastructure de TI nécessaire afin de soutenir la recherche et la formation de pointe, y compris la visualisation et l'analyse de calculs complexes et d'importants ensembles de données, et la collaboration à distance avec des collègues internationaux ce qui permettra de réduire le nombre de voyages ardues et ainsi l'empreinte carbone. Cette expansion sera intégrée complètement aux installations existantes.

Cette ambitieuse expansion, commencée en juillet 2009, est cruciale à la réalisation de la vision audacieuse de l'IP de devenir le plus important centre de recherche au monde en physique théorique et à faire avancer le rôle scientifique du Canada et contribuer de manière importante à l'économie internationale du savoir. L'un des principaux centres d'intérêt en 2009-2010 sera d'exécuter cet important projet de construction dans le but de supporter et de réaliser les nombreux objectifs décrits dans ce document.

Sommaire des réalisations

- Développement, raffinement et finalisation détaillée des plans architecturaux en fonction des projections sur les besoins futurs.
- Les pratiques d'excellence ont été suivies afin d'atteindre les normes LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*)
- Les services de *Ball Construction* ont été retenus à titre de gestionnaire principal des travaux après un processus d'appels d'offres ouvert
- Des investissements en infrastructure ont été obtenus de la FCI et du MIR à la suite du contrôle des propositions par des pairs indépendants. Un financement privé supplémentaire a également été obtenu pour l'expansion
- Les travaux d'expansion ont été inaugurés le 27 juillet 2009

Faits saillants

Économies réalisées grâce à la planification

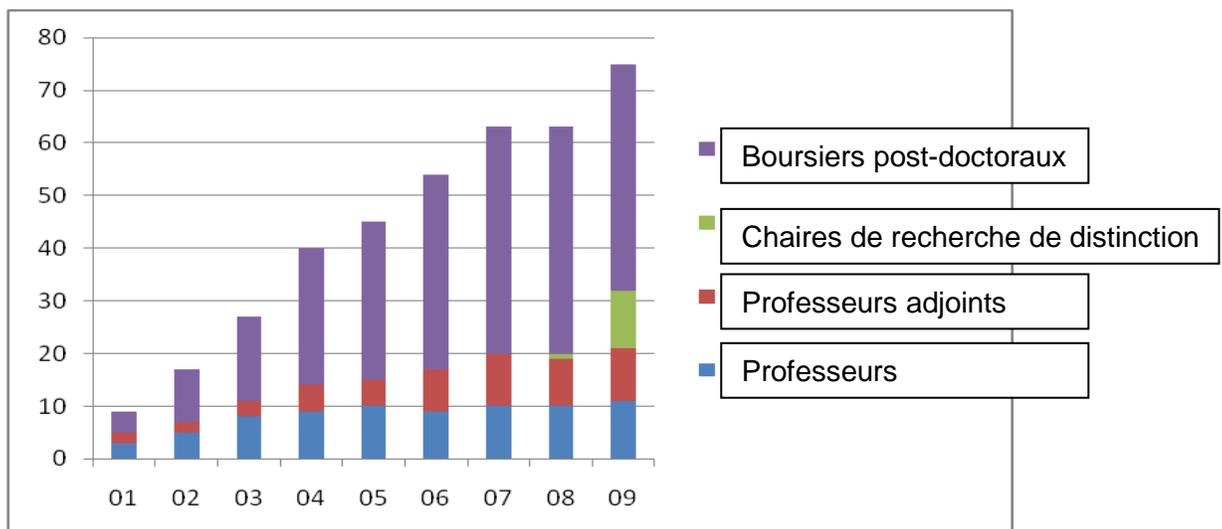
Comme décrit dans les rapports des exercices financiers précédents, l'un des éléments primordiaux de la stratégie de l'IP, comme centre de premier rang pour la recherche en physique théorique, est de fournir une variété de types d'espaces de recherche (individuels, de collaboration, de présentation) équipés d'outils à la fine pointe de la technologie qui permettent aux chercheurs une productivité de recherche maximale. Étant donné le besoin de réaliser ce projet de la façon la plus prudente et rentable possible, le personnel de l'IP a assemblé une équipe de design général lors de l'exercice financier 2008-2009. Cette équipe a effectué une évaluation détaillée des besoins et a travaillé en étroite collaboration avec les architectes afin d'obtenir une utilité maximale de la manière la plus rentable possible. L'installation résultante pourra accueillir jusqu'à trois fois le nombre de chercheurs et de stagiaires alors que la surface des bâtiments ne sera qu'environ doublée. En outre, l'équipe de design général a suivi les pratiques d'excellence de l'industrie afin d'obtenir une efficacité énergétique maximale et un design et une construction respectueuse de l'environnement. La conception du bâtiment intègre des technologies écoénergétiques et des matériaux de construction respectueux de l'environnement qui permettront de satisfaire, et même de dépasser, les paramètres de certification argent du LEED. Cela permettra à l'IP de réaliser d'importantes économies sur le plan financier et énergétique années après année.

Objectif 3 : Étendre le nombre de scientifiques-résidents de premier plan jusqu'à l'atteinte de la masse critique

L'Institut Perimeter continue son recrutement agressif de chercheurs du meilleur niveau international. L'Institut se positionne comme destination attrayante dans le milieu international de la physique théorique en offrant un environnement dynamique jumelé d'une liberté de recherche maximale, et des opportunités de collaboration de tout premier plan. Lorsque cela est possible, l'IP cherche de manière active à collaborer avec d'autres institutions afin de recruter des talents scientifiques exceptionnels, une approche qui permet aux universités régionales de partager les bienfaits d'attirer au Canada des « vedettes » de la recherche énergiques.

Sommaire des réalisations

- Diverses recherches de professeurs en structures quantiques et en cosmologie, aboutissant à la nomination du Dr Robert W. Spekkens (août 2008).
- Recrutement de Latham Boyle à titre de professeur junior en cosmologie et de Pedro Vieira à titre de professeur junior dans l'équipe de la théorie des cordes/quantique des champs.
- Co-nomination de Luis Lehner (relativité générale/numérique) à titre de professeur adjoint avec l'Université de Guelph et de Niayesh Afshordi (cosmologie) avec l'Université de Waterloo, et nous prévoyons embaucher un autre professeur adjoint avec l'Université de Waterloo.
- Discussions continues encouragées avec l'Université de Toronto, l'Université McMaster, l'Université de Guelph, l'Université de Waterloo et l'Université de Western Ontario sur la création de postes conjoints.
- Le Dr Neil Turok, cosmologiste de renommée mondiale, recruté au cours de l'exercice financier 2007-2008, est devenu officiellement le nouveau directeur de l'Institut Perimeter en octobre 2008.
- Recrutement de 18 nouveaux boursiers post-doctoraux
- Nous avons attiré 12 nouveaux étudiants au doctorat
- Recrutement de 28 étudiants à la maîtrise pour le programme BPI



Graphique 1. Croissance du personnel scientifique et des chercheurs adjoints de l'IP depuis sa fondation, de 2001 à 2009.

Faits saillants

Recrutement de professeurs

Après le recrutement de Robert W. Spekkens comme professeur (août 2008), l'Institut a entrepris deux recherches internationales pour des professeurs juniors en cosmologie et en structures quantiques.

La recherche dans le domaine de la cosmologie a permis de recruter Latham Boyle, actuellement boursier post-doctoral à l'Institut canadien d'astrophysique théorique (ICAT). Il est prévu que le Dr Boyle entre en poste au début de 2010. Le Dr Pedro Vieira a également été recruté à titre de professeur junior et se joindra à l'équipe de la théorie des cordes/quantique des champs. Le Dr Vieira a occupé le poste de scientifique junior au *Max Planck Institute* (à Potsdam) avant de rejoindre l'IP, et il entrera en fonction en octobre 2009.

Le nouveau directeur de l'Institut Perimeter, le professeur Neil Turok, a bien entendu également intégré le corps enseignant et, compte tenu de ses réalisations scientifiques, permettra de renforcer le groupe de cosmologie de l'Institut Perimeter. Le Dr Turok était auparavant chaire de la physique mathématique à *Cambridge University*, où il a également tenu le poste de directeur du *Centre for Theoretical Cosmology*. Il a fait de nombreuses contributions scientifiques à la physique théorique et à la cosmologie, mettant l'emphase sur les essais observationnels en physique fondamentale. Au début des années 90, son groupe a démontré comment la polarisation et l'anisotropie de la température du rayonnement cosmique fossile seraient corrélées, une prédiction qui a été confirmée en détail par des mesures de précision récentes. L'équipe a également développé un essai clé sur la présence de la constante cosmologique, elle aussi confirmée récemment. Avec Stephen Hawking, il a par la suite développé les solutions d'instanton Hawking-Turok décrivant la naissance des univers inflationnistes. Récemment, avec Paul Steinhardt à Princeton, il a travaillé sur l'élaboration d'un modèle cyclique pour la cosmologie, selon lequel le Big Bang est expliqué comme étant une collision entre deux « mondes branaires » dans la théorie M. En 2006, Steinhardt et Turok ont démontré comment le modèle a naturellement permis à la constante cosmologique de se simplifier en de très petites valeurs, ce qui concorde avec les observations actuelles. Steinhardt et Turok ont collaboré ensemble au très populaire livre de science *Endless Universe: Beyond the Big Bang*.

Recrutement de professeurs adjoints

Le programme de professeurs adjoints est conçu pour attirer des chercheurs de calibre mondial au Canada et à l'Institut Perimeter grâce à des nominations à temps partiel. Les résultats ont été excellents. Il a permis d'augmenter la diversité et la qualité des activités de recherche à l'Institut et a renforcé et haussé le calibre des corps enseignants de nos universités adjointes canadiennes.

Luis Lehner (relativité générale/numérique) a été embauché à titre de professeur adjoint dans un effort conjoint de recrutement avec l'Université de Guelph. Le Dr Lehner est un pionnier des efforts modernes afin d'extraire des prédictions précises sur le comportement des trous noirs et autres systèmes de grande force gravitationnelle dans les équations d'Einstein. Alors qu'on s'attend à des essais observationnels utilisant l'astronomie d'ondes gravitationnelles dans un

avenir proche, le recrutement du Dr Lehner place l'IP en excellente position afin de devenir un centre de premier rang dans ce domaine.

En octobre 2008, l'IP a conclu un accord avec l'Université de Waterloo afin d'embaucher deux nouveaux adjoints en cosmologie. Les recherches ont permis de faire des offres à deux excellents candidats. Niayesh Afshordi, ancien étudiant post-doctoral à l'IP, a accepté le premier poste et commencera officiellement dans son nouveau rôle le 1^{er} septembre 2009. Nous espérons pouvoir annoncer une deuxième nomination au cours des trois prochaines années.

Boursiers post-doctoraux

L'Institut Perimeter a connu une excellente saison en matière de recrutement chez les boursiers post-doctoraux, avec 18 des plus brillants jeunes chercheurs dans l'ensemble des domaines de recherche de l'IP choisis parmi plus de 400 postulants. Ces chercheurs juniors proviennent d'instituts de pointe mondiaux dont, entre autres, Oxford, Cambridge, l'ETH (Zurich), le *Kavli Institute of Theoretical Physics* (à Santa Barbara) et Caltech.

Le succès de l'IP est également caractérisé par le placement de boursiers post-doctoraux dans des postes permanents suivant leur résidence de trois ans à l'IP. À titre d'exemple, au cours de l'exercice financier précédent et dans le seul groupe de la gravité quantique, six des boursiers post-doctoraux de l'Institut se sont vus offrir un poste de professeur (Bianca Dittrich, Sabine Hossenfelder, Catherine Meusburger, Daniele Oriti, Parampreet Singh et Simone Speziale).

Étudiants diplômés

huit nouveaux étudiants au doctorat et deux nouveaux étudiants à la maîtrise sont arrivés au cours de l'exercice financier 2008-2009. Le programme pour étudiants diplômés de l'IP offre aux étudiants une formation en recherche avant-garde de haut calibre et des occasions inégalées d'interagir avec d'excellents physiciens résidents et invités de partout dans le monde tout en apprenant de ces derniers. Le corps enseignant et les professeurs adjoints de l'IP peuvent agir à titre de mentors et, dans certains cas, les étudiants diplômés ou les chercheurs invités peuvent également passer une partie importante de l'année à l'IP. Puisque l'IP n'est pas une institution octroyant des diplômes, les étudiants doivent également être inscrits à l'université. Dans plusieurs cas, l'université à laquelle les étudiants sont inscrits est près de Waterloo, mais certains étudiants sont venus à l'IP d'aussi loin que l'*University of Pisa*, *Princeton University*, du *Max Planck Institute* et de l'Université de Winnipeg, entre autres.

Il y a présentement 28 étudiants au doctorat et cinq étudiants à la maîtrise en résidence à l'IP, et nous prévoyons augmenter ce nombre de manière importante dans les années à venir, en tandem avec la croissance du corps enseignant. En plus de ces étudiants, le programme BPI a permis d'attirer 28 étudiants à la maîtrise. Le programme BPI a été stratégiquement conçu afin de favoriser un nouvel afflux d'étudiants diplômés de haut calibre à la maîtrise de partout dans le monde vers l'IP et au Canada (voir l'objectif 5). Certains de ces étudiants exceptionnels poursuivront sans doute une formation poussée à l'Institut Perimeter.

Notamment, les étudiants au doctorat de l'IP ont réussi à obtenir des postes post-doctoraux dans les meilleures institutions, dont *Kavli Institute* de l'UCSB (É.-U.), *Max Planck Institute* (Allemagne), *Kinki Institute* (Japon) et l'*Institute for Theoretical Physics* de l'*Utrecht University* (Pays-Bas) ainsi qu'aux meilleurs instituts canadiens comme l'Université de Waterloo et l'Université Carleton.

Objectif 4 : Établir pleinement son programme de chaires de recherche de distinction

L'expérience du passé nous a montré que lorsque des aperçus complémentaires sont utilisés et que la masse critique est atteinte, des progrès importants deviennent possibles. C'est pour cela que l'Institut Perimeter a mis sur pied un programme de chaires de recherche de distinction au cours de l'exercice financier 2008-2009, lequel vise à attirer des chercheurs de calibre mondial supplémentaires à l'Institut pour des séjours prolongés à l'IP, typiquement pour plus d'un mois chaque année. Ces nominations sont pour trois ans. Au fur et à mesure que l'IP s'agrandira, il est prévu qu'un nombre constant de 30 chaires de recherche de distinction sera atteint.

En novembre 2008, le professeur Stephen Hawking a été nommé le premier professeur de la chaire de recherche de distinction de l'IP, suivi de neuf autres chaires annoncées à peine 3 mois plus tard, suivi d'une de plus en juillet (voir la liste complète ci-dessous).

L'on s'attend à ce que ce programme rapporte des dividendes énormes sur le plan scientifique. La présence des chaires de recherche de distinction suscitera de nouvelles collaborations scientifiques et fournira un encadrement inestimable aux chercheurs résidents de l'Institut, ainsi qu'un mentorat aux étudiants.

Dans une perspective plus vaste, le programme permettra également d'hausser l'image du Canada à titre de chef de file dans les sciences capable de bâtir un « atout humain » composé des plus grandes étoiles de la scène scientifique internationale. À titre d'exemple, l'annonce selon laquelle le professeur Stephen Hawking viendrait au Canada pour des périodes de temps prolongées chaque année a fait la manchette au pays et à l'étranger, et a effectivement présenté le Canada comme l'une des meilleures destinations de recherche au monde.

Sommaire des réalisations

- A fait la manchette partout dans le monde avec l'annonce de la première chaire de recherche de distinction, celle du professeur Stephen Hawking, en novembre 2008
- Nomination de 10 autres chercheurs internationaux éminents au nouveau programme de la chaire de recherche de distinction, soit neuf en février 2009 et une de plus en juillet 2009 :
 - Yakir Aharonov, *Chapman University et Tel Aviv University*
 - Nima Arkani-Hamed, *Institute for Advanced Study*
 - Neta Bahcall, *Princeton University*
 - Juan Ignacio Cirac, *Max Planck Institute*
 - Gia Dvali, *New York University et CERN*
 - Leo Kadanoff, *University of Chicago*
 - Subir Sachdev, *Harvard University*
 - Ashoke Sen, *Harish-Chandra Research Institute*
 - Leonard Susskind, *Stanford University*
 - Xiao-Gang Wen, *Massachusetts Institute of Technology*

Faits saillants

Nomination du professeur Stephen Hawking comme premier professeur de la chaire de recherche de distinction à l'IP

« Je suis honoré d'accepter le premier poste au sein de la chaire de recherche de distinction à l'Institut Perimeter... »

- Professeur Stephen Hawking

En novembre 2008, l'IP a annoncé la nomination du professeur de grande renommée internationale Stephen Hawking au poste de la chaire de recherche de distinction à l'Institut Perimeter. Il a de plus démontré son engagement envers l'Institut Perimeter en acceptant d'être un patron du nouveau programme Boursiers Perimeter International (BPI) (voir l'objectif 5).

Stephen Hawking occupe le poste de professeur lucasien de mathématiques au département de mathématiques appliquées et de physique théorique à *Cambridge University* depuis 1979 et, indépendamment de son nouveau rôle à l'IP, a annoncé qu'il quitterait son poste, conformément à la politique de l'université.

Par son travail, le professeur Hawking cherche à mieux comprendre les lois de base qui gouvernent l'univers. Avec Roger Penrose, il a démontré que la théorie de la relativité générale d'Einstein donne à entendre que l'espace et le temps auraient leur commencement dans le Big Bang et leur fin dans les trous noirs. Ces résultats ont indiqué qu'il est nécessaire d'unifier la relativité générale avec la théorie quantique, l'autre développement scientifique important de la première moitié du 20^e siècle. L'une des conséquences découverte de cette unification a été que les trous noirs ne devraient pas être entièrement noirs, mais qu'ils devraient émettre un rayonnement et pourraient s'évaporer et disparaître. Une autre conjecture est que l'univers n'a pas de frontière ni de limite dans le temps imaginaire. Cela impliquerait que la façon dont l'univers a commencé a été complètement déterminée par les lois de la science.

Stephen Hawking a publié trois livres à succès : son plus grand succès *Une brève histoire du temps*, ainsi que *Trous noirs et bébés univers et autres essais* et plus récemment en 2001, *L'univers dans une coquille de noix*.

Le professeur Hawking détient douze grades honorifiques, a été nommé Commandant de l'Empire britannique en 1982 et a été fait Compagnon d'honneur en 1989. Il est le récipiendaire de plusieurs prix et médailles, est membre de la Société royale du Canada et membre de l'*US National Academy of Sciences*.

Objectif 5 : Recruter les étudiants diplômés les plus prometteurs et les préparer pour la recherche de fine pointe à l'aide du programme Boursiers Perimeter International (BPI)

En décembre 2008, l'Institut a commencé à développer le programme Boursiers Perimeter International (BPI), un nouveau cours de formation au niveau de la maîtrise de 10 mois conçu pour attirer à l'Institut Perimeter certains des meilleurs talents scientifiques au monde au stade le plus précoce de leur carrière de chercheur. Cette initiative d'envergure est un effort en collaboration avec des universités canadiennes. L'Université de Waterloo à proximité est le principal partenaire et décernera des diplômes de maîtrise aux étudiants une fois leur cours terminé, en plus d'un certificat du programme Boursiers Perimeter International de l'IP. Avec le temps, le programme BPI espère attirer et former une cinquantaine de personnes qualifiées par année, ce qui aidera à peupler la communauté de chercheurs de haut niveau au Canada. Ce programme créera un afflux d'étudiants aux talents exceptionnels à l'IP et au Canada, et les meilleurs étudiants recevant un diplôme de l'IP seront recrutés pour des études au doctorat à l'IP.

Le programme BPI est conçu de manière à amener rapidement les étudiants talentueux à la fine pointe de la physique théorique, afin de les transformer en de jeunes chercheurs. Le syllabus novateur exposera les étudiants à la gamme complète de la physique théorique grâce à des cours brefs qui seront enseignés, deux ou trois étudiants à la fois, sous forme de modules de trois semaines par des conférenciers invités. Plusieurs tuteurs professionnels dédiés serviront de guides et assureront la continuité tout au long du cours.

L'effort de recrutement initial du programme BPI a attiré plus de 220 demandes de partout dans le monde. Une classe pilote de 28 stagiaires chercheurs exceptionnels représentant 17 pays et comptant six femmes a été coordonnée et les sessions commenceront en août 2009.

Sommaire des réalisations

- Planification du programme Boursiers Perimeter International (BPI) visant à former la prochaine génération de jeunes chercheurs, y compris le recrutement pour le lancement du programme à l'été 2009.
- Le professeur John Berlinsky, un éminent physicien de la matière condensée de l'Université McMaster, a été recruté à titre de directeur académique du programme.
- Plusieurs des physiciens théoriques les plus distingués du monde ont accepté d'être les patrons de ce programme novateur, notamment Stephen Hawking, Yakir Aharonov, Philip Anderson, James Bjorken, James Peebles et sir Roger Penrose. Ils se sont engagés à visiter l'IP une fois par année afin d'interagir avec les étudiants du programme BPI.
- Recrutement d'une première classe de 28 candidats exceptionnels parmi plus de 220 postulants.

Faits saillants

Corps enseignant du programme BPI

L'un des aspects novateurs du programme BPI est que son syllabus sera enseigné par des scientifiques invités de haut calibre qui seront à l'Institut Perimeter pendant plusieurs semaines pour enseigner dans leurs principaux domaines d'expertise. Cela permet à l'Institut Perimeter d'offrir une formation exceptionnelle pour l'ensemble de ses domaines de la physique théorique grâce à une équipe de professeurs « de rêve » parmi lesquels l'on retrouve plusieurs des meilleurs physiciens au monde. Puisque plusieurs des scientifiques de pointe effectuent des collaborations de recherche par eux-mêmes à l'IP, leur participation au programme BPI peut se faire d'une façon extrêmement rentable.

Il est opportun de présenter ce groupe de scientifiques de pointe travaillant à l'IP et dans d'autres centres de renommée partout dans le monde qui ont accepté de contribuer leur savoir au programme BPI à titre de conférenciers.

Ce groupe comprend entre autres :

- Niayesh Afshordi (Institut Perimeter)
- Ben Allanach (*Cambridge University*)
- Philip Anderson (*Princeton University*)
- Nima Arkani-Hamed (*Institute for Advanced Study*)
- Katrin Becker (*Texas A&M University*)
- Melanie Becker (*Texas A&M University*)
- Carl Bender (*Washington University*)
- Freddy Cachazo (Institut Perimeter)
- Matt Choptuik (Université de la Colombie-Britannique)
- Sue Coppersmith (*University of Wisconsin à Madison*)
- David Cory (MIT)
- Kari Dalnoki-Veress (Université McMaster)
- François David (Institut de physique théorique, CEA-Saclay)
- Jaume Gomis (Institut Perimeter)
- Daniel Gottesman (Institut Perimeter)
- Ruth Gregory (*Durham University*)
- Leo Kadanoff (*University of Chicago*)
- Luis Lehner (Institut Perimeter, Université de Guelph)
- Renate Loll (*Utrecht University*)
- Rob Myers (Institut Perimeter)
- Hiranya Peiris (*Cambridge University*)
- Malcolm Perry (*Cambridge University*)
- Michael Peskin (*Stanford Linear Accelerator Center*)
- Frans Pretorius (*Princeton University*)
- Sid Redner (*Boston University*)
- Anders Sandvik (*Boston University*)
- Erik Sorensen (Université McMaster)
- Robert Spekkens (Institut Perimeter)
- Andrew Tolley (Institut Perimeter)
- David Tong (*Cambridge University*)
- Neil Turok (Institut Perimeter)
- Xiao-Gang Wen (MIT)

Le fait que l'Institut Perimeter ait pu recruter autant de conférenciers éminents pour un nouveau programme de maîtrise est une preuve concluante de l'excellente réputation internationale de l'Institut et de l'engouement que cette approche novatrice en formation de recherche a suscité dans l'ensemble de la communauté scientifique internationale.

Objectif 6 : Créer des liens avec les centres d'essais et d'observation

Les interconnexions entre la physique théorique, observationnelle et expérimentale sont aussi vitales que jamais. La découverte récente de l'énergie sombre par les données observationnelles, par exemple, a soulevé des questions profondes auxquelles doivent répondre les théoriciens. De la même manière, on s'attend à ce que les expériences avec le grand collisionneur hadronique du CERN donnent de nouveaux aperçus sur les modèles théoriques des composantes de base de la matière. (En effet, le professeur Freddy Cachazo de l'IP a récemment remporté la médaille Gribov de la Société européenne de physique pour ses contributions à la simplification des calculs théoriques essentiels à la conception et à l'interprétation du grand collisionneur hadronique et autres expériences en accélérateur - voir l'objectif 12).

L'Institut Perimeter est bien positionné pour profiter de ces développements. L'un des meilleurs exemples est la relation de longue date et synergique qu'entretient l'IP avec l'*Institute for Quantum Computing* (IQC) de l'Université de Waterloo, laquelle a aidé à propulser le Canada au rang de chef de file mondial dans la science émergente de l'information quantique. De la même façon, l'Institut Perimeter a également forgé des alliances solides avec l'Institut canadien d'astrophysique théorique (ICAT), le centre canadien d'astrophysique de calibre mondial, qui le mettent dans une excellente position pour les données clés qui arriveront prochainement des détecteurs d'ondes gravitationnelles et des télescopes spatiaux.

L'Institut étend son engagement avec les programmes appliqués et expérimentaux au niveau régional, national et international. L'Institut a entamé des discussions visant à établir des liens avec des centres d'essais et d'observation comme le grand collisionneur hadronique, le SNOLab et le satellite Planck; avec VISTA, VLT, le SKA et autres observatoires géants; et avec LIGO, LISA et autres détecteurs d'ondes gravitationnelles. En encourageant les boursiers post-doctoraux et autres chercheurs de l'IP à visiter ces installations et collaborer avec les observateurs et les expérimentalistes, l'IP peut aider à simuler de nouveaux essais expérimentaux et observationnels de la théorie fondamentale, rendant sa science plus pertinente et importante.

Sommaire des réalisations

- Progression dans l'engagement à la recherche avec l'*Institute for Quantum Computing* et l'Institut canadien d'astrophysique théorique (ICAT)
- Nomination de plusieurs scientifiques éminents jouant des rôles clés dans la recherche observationnelle/expérimentale aux postes de la chaire de recherche de distinction à l'IP.

Faits saillants

Engagement dans la recherche avec l'IQC

Les chercheurs de l'IP sont profondément engagés avec leurs collègues de l'*Institute for Quantum Computing* (IQC) de l'Université de Waterloo — effectivement, le professeur Raymond Laflamme, l'un des membres fondateurs de l'IP, est le directeur de l'IQC. Les nombreuses

interactions productives entre l'IP et l'IQC ont permis de faire du Canada un chef de file dans le domaine de la science émergente du traitement de l'information quantique.

Les activités de l'IP sur les questions fondamentales de l'information quantique sont tout à fait complémentaires à la recherche expérimentale et appliquée de l'IQC, et les progrès indiqués à l'objectif 1 fournissent de nombreux exemples de recherche en collaboration. L'engagement de collaboration de l'IP avec l'IQC accélère la recherche, permet aux jeunes chercheurs de recevoir une formation à la fois théorique et expérimentale, et amplifie les résultats de la recherche. À titre d'exemple récent, nous avons vu l'« essai à trois fentes » en mécanique quantique par Raymond Laflamme, professeur fondateur de l'IP et directeur de l'IQC, Rafael Sorkin, chercheur à l'IP, et leurs collaborateurs. L'expérience, qui est toujours en cours, vérifie la proposition faite par Sorkin en 1994 en matière de théorie en mécanique quantique concernant la possibilité d'une interférence à trois fentes. À titre d'autre exemple, nous avons vu les appareils cryptographiques quantiques expérimentaux qui rattachent littéralement les deux instituts, par lesquels une source de paires de photons intriqués située sur le toit d'un bâtiment du campus de l'Université de Waterloo envoie l'une des paires de photons intriqués à un récepteur situé à l'IP et une autre à un récepteur situé à l'IQC, permettant des essais d'intrication dépendants de la distance et autres principes fondamentaux en mécanique quantique. En dernier lieu, depuis juin 2009, l'IP a reçu à titre de scientifique invité le Dr David Cory, un chercheur mondial de premier plan dans le domaine de la résonance magnétique nucléaire, qui entame une collaboration étroite avec les chercheurs de l'IQC.

Liens entre les CRD et les expériences

L'on s'attend à ce que plusieurs des nominations des chaires de recherche de distinction faites lors de l'exercice financier 2008-2009 soient importantes dans les années à venir alors que l'IP s'engagera plus à fond avec les centres d'essais et d'observation. Le professeur Nima Arkani-Hamed, de l'*Institute for Advanced Study*, sera une figure clé dans l'analyse des données provenant du grand collisionneur hadronique. De la même façon, la professeure Neta Bahcall, professeure de la chaire de recherche de distinction de l'IP, est une cosmologiste observationnelle de premier rang ayant des liens de longue date avec les ressources d'observation clés de la NASA, y compris le télescope spatial Hubble et le télescope spatial James Webb, le prochain observatoire orbital de la NASA et le successeur du télescope spatial Hubble Space. Sa présence à l'IP renforcera les liens entre l'Institut Perimeter et la communauté cosmologique observationnelle.

Partenariat IP/ICAT

L'Institut Perimeter a continué à entretenir son partenariat avec l'Institut canadien d'astrophysique théorique (ICAT) à Toronto. Les forces en recherche de l'ICAT en cosmologie observationnelle, particulièrement l'analyse des données, complètent le travail de l'IP en matière de théorie cosmologique fondamentale et dans le développement de nouveaux essais observationnels. Cette complémentarité a permis des interactions de recherche qui ont porté fruit, comme les séries d'ateliers IP/ICAT qui ont lieu au moins deux fois par année.

Objectif 7 : Accueillir des conférences, des ateliers, des séminaires et des cours ciblés opportuns

L'Institut Perimeter reconnaît qu'un programme vivant comportant des conférences, des ateliers, des séminaires et des cours de haut niveau est essentiel afin de maintenir un centre de recherche dynamique qui stimule des résultats et une innovation dans la recherche.

7.1 Conférences et ateliers

La polyvalence de l'IP, jumelée à la bonne foi qu'il a créée au sein du milieu théorique global, le place en excellente position pour accueillir de passionnantes réunions dans les domaines de pointe. Cependant, l'IP n'est pas un centre de conférences. Plutôt, il choisit stratégiquement les sujets des ateliers et des conférences en identifiant de nouveaux secteurs exceptionnellement prometteurs pour lesquels un événement risque d'entraîner des résultats importants. Le point central est les ateliers, qui n'ont pas lieu ailleurs – des rencontres de gens de calibre élevé discutant de sujets les plus pointus.

Les conférences, les ateliers et les stages d'été n'ont pas tous lieu à l'IP. L'IP est également partenaire avec plusieurs organismes canadiens et internationaux, ou parraine des événements précis dans le cadre de son programme de conférences. Ces arrangements permettent aux organismes de partager leurs ressources, de cibler des groupes de recherche régionaux et de bâtir un progrès scientifique en créant des événements de coopération plutôt que de compétition.

Au cours de l'exercice financier précédent, 18 conférences, ateliers et stages d'été différents ont été tenus à l'IP, auxquels ont participé presque 900 personnes. De plus, neuf événements tenus hors site ont eu lieu grâce au soutien de commanditaires ou de partenaires.

Sommaire des réalisations

- 18 conférences et ateliers ont eu lieu, y compris cinq événements de recherche dans des domaines en développement à l'IP, ou dans des domaines multidisciplinaires
- Une conférence à l'intention des étudiants a eu lieu
- Participation de 881 scientifiques aux conférences et ateliers de l'IP
- Partenariats avec des universités environnantes pour quatre ateliers (décrits en détail à l'objectif 9)
- Parrainage ou partenariat pour neuf conférences et symposiums hors site
- Toutes les conférences et discussions qui ont eu lieu sur les lieux ont été enregistrées et mises en ligne à titre de ressources pour la communauté scientifique internationale.

Faits saillants

Estimation quantique : théorie et pratique (25 au 30 août 2008)

Les techniques d'estimation quantique (communément appelées « tomographie ») sont de plus en plus importantes pour la science de l'information quantique. Cet atelier a permis de rassembler les plus grands experts de la théorie quantique, y compris des expérimentalistes, des théoriciens, des mathématiciens et des statisticiens, pour établir les techniques de pointe

en matière d'état quantique et d'estimation de processus. Toutes les conférences peuvent être visionnées en ligne à l'adresse : www.pirsa.org/C08020 (en anglais) **(Translator's note, original link did not work. Should be corrected in English document).**

Trous noirs et physique quantique (23 au 25 janvier 2009)

Les récentes percées faites dans la description des trous noirs furent la raison de cette réunion de 24 experts dans plusieurs domaines, parmi lesquels la gravité quantique, l'information quantique et la théorie des cordes. Les faits saillants de cette réunion incluent des discussions avec Rafael Sorkin et une présentation à distance par Don Marolf de l'*University of California Santa Barbara* (UCSB) sur l'unitarité et l'holographie en physique gravitationnelle, qui ont été transmises par lien vidéo avec grand succès. Le lien a permis une interaction exceptionnelle entre le présentateur et les participants, et il est à espérer que cela servira de fondement à des activités de collaboration similaire avec l'UCSB et d'autres centres à l'avenir. Toutes les conférences peuvent être visionnées en ligne à l'adresse : www.pirsa.org/C09002 (en anglais).

Connexions en géométrie et en physique (8 au 10 mai 2009)

Cet atelier a réuni des chercheurs du Canada et du monde entier. Ils ont travaillé sur l'interface entre la géométrie et la physique dans le but d'augmenter la présence et la visibilité du Canada en géométrie et dans la plus grande communauté internationale des mathématiques, et également pour réunir les géomètres de la région partageant les mêmes intérêts. Avec 18 conférenciers invités et 64 participants, l'objectif secondaire de cette conférence qui était d'avoir une forte participation d'étudiants diplômés a également été atteint. Toutes les conférences peuvent être visionnées en ligne à l'adresse : www.pirsa.org/C09007 (en anglais).

Nouveaux regards sur la matière sombre (11 au 13 juin 2009)

Cet atelier portait sur de récents résultats expérimentaux et théoriques dans le domaine de la matière sombre. L'intérêt pour ce sujet est élevé puisque de récents signaux astrophysiques de rayonnement cosmique pourraient être en train de fournir la preuve directe des interactions non gravitationnelles des particules de matière sombre. Cet atelier a été un grand succès et a attiré plusieurs des plus grands théoriciens travaillant dans ce domaine, dont Dan Hooper (Fermilab), Alessandro Strumia (INFN-Pisa) et Maxim Pospelov (Institut Perimeter). Il y a également eu des présentations effectuées des représentants de plusieurs collaborations expérimentales, incluant PAMELA, qui ont présenté leurs résultats et leurs espoirs, et ont permis aux physiciens canadiens d'avoir accès à des expérimentalistes. Toutes les conférences peuvent être visionnées en ligne à l'adresse : www.pirsa.org/C09012 (en anglais).

Stages d'été : Exploration des frontières cosmologiques (24 juin au 1^{er} juillet 2009)

Plus de 50 étudiants diplômés de partout à travers le monde ont participé à la septième édition de ce stage d'été annuel canadien pour les physiciens théoriciens. Les étudiants ont participé à des cours sur la cosmologie de l'univers primordial, depuis la théorie (avec Paolo Creminelli et Jean-Luc Lehners) à l'observation (avec Olivier Doré), sur la matière sombre (avec Neil Weiner) et sur l'astronomie d'ondes gravitationnelles (avec Alessandra Buonanno). Organisé conjointement avec le *Asia Pacific Center for Theoretical Physics* et le *Centre for Quantum SpaceTime*, le thème cette année était « Explorer les frontières cosmologiques ». Les étudiants ont entendu des conférences prononcées par plusieurs professeurs invités, dont Neta Bahcall, professeure de la chaire de recherche de distinction, et Neil Turok, Directeur de l'IP. Plusieurs

étudiants ont également organisé des discussions sur leurs propres recherches, ce qui leur a permis d'acquérir une expérience utile pour effectuer des présentations. Toutes les conférences peuvent être visionnées en ligne à l'adresse : www.pirsa.org/C09013 (en anglais).

Cosmologie holographique (22 juin au 24 juillet 2009)

L'holographie est l'une des plus puissantes idées qui a émergé de la théorie des cordes et de la théorie M au cours des dernières années. Elle a permis une nouvelle approche radicale à la gravité quantique, combinée à un outil de calcul remarquablement puissant. Ce fut le premier atelier de ce nouveau domaine sensationnel et plusieurs scientifiques de pointe (comme Das, Craps, Lawrence, Creminelli, Nicholis, entre autres) sont venus à l'IP pour y assister pour des périodes allant de quelques jours à deux semaines. L'atelier de quatre semaines a permis de réunir des chercheurs de pointe en cosmologie, en théorie des cordes et en gravité quantique dans le but de comprendre et de développer l'inclusion de l'holographie dans la cosmologie de l'univers primordial. Toutes les présentations de cette conférence peuvent être visionnées en ligne à l'adresse : www.pirsa.org/C09015 (conférence, en anglais) et www.pirsa.org/C09014 (atelier, en anglais).

7.2 Séminaires et colloques

Les huit séries de séminaires hebdomadaires actifs de l'Institut Perimeter ont continué de favoriser des collaborations au Canada, et de faire connaître les connaissances de chercheurs de pointe de partout à travers le monde. Toutes les présentations peuvent être visionnées sur ASEIP (archive pour les colloques consignés de l'Institut Perimeter, en anglais).

Sommaire des réalisations

- Présentation de 199 discussions scientifiques (172 séminaires, 27 colloques) au cours de l'exercice financier 2008-2009.
- Poursuite du développement de l'ASEIP (archive pour les colloques consignés de l'Institut Perimeter) à titre de ressource d'archives scientifiques internationale de pointe pour les séminaires enregistrés.

Faits saillants

Conférenciers de distinction

Au cours de l'exercice financier précédent, les scientifiques éminents suivants comptaient parmi les conférenciers : sir Michael Berry (*University of Bristol*), Xiao-Gang Wen (MIT), Raphael Bousso (*University of California*), Ramesh Narayan (*Harvard*), Leo Kadanoff (*James Franck Institute*), Abhay Ashtekar (*Pennsylvania State University*), Pedro Vieira (*Max Planck Institute for Gravitational Physics*), et plusieurs autres.

ASEIP (archive pour les colloques consignés de l'Institut Perimeter)

Lancée en 2008 et en croissance constante depuis, l'ASEIP est une archive permanente, gratuite, interrogeable et qui peut être citée sur les séminaires, les conférences, les ateliers et les cours enregistrés sur vidéo. Elle a été créée par l'Institut Perimeter dans le but de favoriser

l'échange de connaissances et mettre les recherches les plus récentes à la disposition du milieu scientifique international.

L'ASEIP continue de croître à titre de ressource clé afin de bâtir l'avantage des connaissances canadiennes et d'interagir avec des scientifiques du monde entier en donnant aux étudiants et aux chercheurs la possibilité de visionner les événements scientifiques de l'IP sur demande. Au cours de l'exercice financier précédent, 33 359 visiteurs uniques de 136 pays ont eu accès à l'ASEIP 63 166 fois. Pendant les quatre premiers mois de 2009, le trafic a augmenté de presque 60 % par rapport à la même période l'année précédente, ce qui indique que l'ASEIP joue un rôle de plus en plus important, à titre de ressource numérique, pour la communauté scientifique internationale.

7.3 Cours

En collaboration avec les universités environnantes, l'Institut offre des cours avec crédit aux niveaux du premier cycle et supérieur, ainsi que des cours spécialisés animés par des scientifiques invités de distinction. Tous les cours sont enregistrés afin de pouvoir être visualisés dans les archives ASEIP.

Sommaire des réalisations

- Livraison de cinq cours de niveau supérieur en collaboration avec des universités environnantes
- Des stages d'été ont été donnés à cinq étudiants du premier cycle

Faits saillants

Cours avancés

Les faits saillants des cours offerts au cours de la dernière année incluent un bref cours de haut niveau donné par Pedro Vieira du *Max Planck Institute for Gravitational Physics* (Allemagne); un cours de haut niveau de deuxième cycle donné par Freddy Cachazo, professeur à l'IP et théoricien des cordes; et un cours sur la théorie des cordes donné par le professeur adjoint Alex Buchel (Université de Western Ontario et IP), lesquels ont tous été donnés à distance à l'aide d'AccessGrid à des étudiants de plusieurs universités dans la région.

Les cours ont été suivis par des étudiants de huit universités de la région, soit directement, ou à distance grâce à la technologie AccessGrid. En outre, des chercheurs post-doctoraux seniors de l'IP ont donné des cours de premier cycle et de deuxième cycle avancés sur certaines des idées de recherche les plus passionnantes. Niayesh Afshordi et Mark Wyman ont donné un cours sur l'astrophysique et la cosmologie, et Volodya Miransky (Université de Western Ontario) a donné un cours avancé sur la théorie quantique des champs.

Stages pour étudiants de premier cycle

Dans le cadre de ce programme continu qui connaît un grand succès, les boursiers post-doctoraux de l'Institut Perimeter ont développé des projets de recherche de 2 à 4 mois exigeant l'assistance d'un étudiant de premier cycle. Cinq projets accompagnés d'étudiants de premier

cycle internationaux de premier rang ont été sélectionnés en 2008, donnant à ces étudiants une formation inestimable en recherche scientifique.

Objectif 8 : Améliorer son rôle à titre de point de mire canadien en recherche sur la physique fondamentale

Contrairement à la plupart des pays développés, avant la création de l'Institut Perimeter le Canada ne possédait aucun point de mire visible établi pour la recherche en physique théorique fondamentale. L'Institut Perimeter a entrepris des démarches pour devenir ce centre en développant des partenariats avec les universités de recherche canadiennes afin d'attirer et de garder les meilleurs chercheurs établis et de développer les jeunes cerveaux qui deviendront les innovateurs de demain.

Les installations de l'IP sont accessibles à la communauté de la physique théorique canadienne grâce à une variété de programmes, dont la plupart ont déjà été décrits dans d'autres sections de ce document. Cela comprend le programme des membres adjoints (décrit ci-dessous), qui permet de faciliter les visites de corps enseignants de partout au Canada; le programme de conférence et d'atelier, qui permet non seulement aux chercheurs de l'extérieur d'utiliser les installations et le personnel pour organiser des réunions à l'IP, mais attire également des réunions internationales importantes au Canada pour la première fois; le programme des visiteurs à long terme (décrit à l'objectif 12), qui facilite les congés sabbatiques à l'IP et encourage les visiteurs internationaux à donner des mini-cours pour former les étudiants diplômés dans la région; l'ASEIP, qui rend toutes les activités de recherche de l'IP disponibles sous forme numérique; et le programme BPI, qui facilite un nouvel afflux d'étudiants diplômés de pointe de partout à travers le monde à l'IP et au Canada.

Sommaire des réalisations

- Recrutement de 25 nouveaux membres adjoints, ce qui forge des liens sur l'ensemble du pays en encourageant les membres à visiter et en augmentant les collaborations et les relations scientifiques avec les chercheurs de l'IP
- Des cours enseignés sur les lieux ont été diffusés grâce à AccessGrid à des étudiants de plusieurs universités de la région.
- Expansion des capacités Internet afin d'améliorer l'accès à la collaboration en ligne, et installation d'un nouvel équipement audio-visuel pour la transmission haute qualité des cours.
- Co-nomination de Luis Lehner (relativité générale/numérique) à titre de professeur adjoint avec l'Université de Guelph et de Niayesh Afshordi (cosmologie) avec l'Université de Waterloo, et nous prévoyons embaucher un autre professeur adjoint avec l'Université de Waterloo (voir l'objectif 4).
- Organisation de discussions toujours en cours avec l'Université McMaster, l'Université de Guelph, l'Université de Waterloo et l'Université de Western Ontario sur la création de postes conjoints.

Faits saillants

Recrutement de membres adjoints

25 nouveaux membres adjoints ont été ajoutés en 2008-2009, ce qui porte le total à 92 membres adjoints provenant d'universités à travers le Canada. Le programme d'adjoints de l'Institut Perimeter est devenu une ressource importante pour la communauté de physique nationale, ajoutant à la masse critique de chercheurs de première classe et augmentant les

activités de recherche et la productivité à l'échelle nationale. Les nominations, à travers le Canada, comprennent entre autres Andrzej Czarnecki (Université de l'Alberta), Keshab Dasgupta (Université McGill), Stephen Godfrey (Université Carleton), Sung-Sik Lee (Université McMaster), Randy Lewis (*York University*), Manu Paranjape (Université de Montréal), Ue-Li Pen (Université de Toronto-ICAT), David Poulin (Université de Sherbrooke), Veronica Sanz-Gonzalez (*York University*) et Achim Schwenk (TRIUMF).

Accès technologique

Plusieurs cours offerts à l'IP sont accessibles aux étudiants des universités régionales qui peuvent y participer en personne ou par AccessGrid. Plusieurs cours ont été donnés à distance au cours de l'exercice financier 2008-2009 par AccessGrid aux étudiants dans plusieurs universités de la région y compris un bref cours de haut niveau donné par Pedro Vieira du *Max Planck Institute for Gravitational Physics* (Allemagne) et un cours avancé de deuxième cycle donné par Freddy Cachazo, professeur à l'IP.

Au cours de la dernière année, le service des TI de l'IP a entrepris des recherches et une planification afin de s'assurer que l'Institut demeure à la fine pointe de la technologie dans les domaines de la collaboration à distance à l'aide des TI, de l'accès Internet et de la capture et de l'archivage haute qualité de conférences, de ressources et d'événements éducationnels. Les mesures précises qui ont été prises incluent l'expansion des capacités de la bande passante Internet de l'IP à une connexion de 100 Mb/s, et l'installation d'un équipement audio-visuel compatible pour capturer, en haute définition, les conférences et le contenu pour le nouveau programme BPI (voir l'objectif 5). Ce système est utilisé comme banc d'essai pour une expansion des capacités Web continu de l'IP simultanément sur Internet et sera lancé lors du festival *Quantum to Cosmos* (voir l'objectif 11). Les pratiques d'excellence résultantes guideront les décisions futures pour les approches de collaboration à distance, les améliorations à l'ASEIP et les achats d'équipement pour l'expansion de nos bâtiments.

Objectif 9 : Conclure des accords de collaboration et des partenariats

L'Institut Perimeter a développé un certain nombre de partenariats stratégiques à la fois au Canada et à l'étranger. Ces partenariats se manifestent par des accords officiels entre les institutions, des conférences et des ateliers scientifiques tenus conjointement, des visites scientifiques réciproques, des collaborations sur de la formation spécialisée, des chercheurs post-doctoraux recrutés conjointement, etc. Ces liens avec les groupes de recherche internationaux améliorent les activités de recherche à l'Institut et à l'étranger et ont haussé le calibre de la recherche dans le milieu canadien élargi, aidant le Canada à se positionner à la fine pointe de la science et de la technologie mondiales.

Sommaire des réalisations

- Développement d'un nouveau partenariat avec l'*Asia Pacific Center for Theoretical Physics*
- Finalisation d'un accord de collaboration avec le *University of Cambridge Centre for Theoretical Cosmology (CTC)*
- Progrès dans le développement de la collaboration en cours *Perimeter Institute – Australia Foundations (PIAF)* avec trois importantes universités australiennes
- Co-organisation, commandite ou partenariat de 15 conférences nationales et internationales
- Commandite de sept honneurs, prix et bourses d'études
- Partenariats avec des universités environnantes pour quatre ateliers

Faits saillants

Nouveau partenariat avec l'*Asia Pacific Center for Theoretical Physics*

En 2009, l'Institut Perimeter a signé un accord avec l'*Asia Pacific Center for Theoretical Physics* visant à encourager la recherche en collaboration entre les deux institutions. Cet accord permet aux professeurs et aux boursiers post-doctoraux d'effectuer des visites réciproques et de commanditer conjointement des ateliers annuels sur la physique théorique et mathématique.

Accord de collaboration avec *Cambridge University*

Cette année, l'Institut Perimeter a finalisé un accord de partenariat avec le *University of Cambridge Centre for Theoretical Cosmology (CTC)* visant à encourager la recherche en collaboration entre les deux institutions. Cet accord permet aux professeurs et aux boursiers post-doctoraux d'effectuer des visites réciproques régulièrement, pouvant aller jusqu'à quelques mois.

Collaboration *Perimeter Institute – Australia Foundations (PIAF)*

Le partenariat PIAF entre l'IP et les universités *Sydney University, Queensland University* et *Griffith University* est un effort stratégique visant à renforcer le domaine des structures quantiques. Il a permis la tenue de deux conférences et ateliers, créé un programme d'échange scientifique et commandité quatre nouveaux postes de formation post-doctoraux dans le cadre

desquels des boursiers de recherche ont passé une partie de leur temps en Australie et l'autre partie à l'IP. Le Canada et l'Australie sont tous deux devenus des points de mire de l'activité scientifique en structures quantiques et dans les domaines connexes de l'information quantique et de l'informatique quantique. En fournissant son soutien aux nouveaux chercheurs du domaine des structures quantiques, le partenariat PIAF catalysera de nouvelles découvertes dans ce domaine de grande importance stratégique.

Partenariat IP/C-QUEST/Asia Pacific Center for Theoretical Physics

Dans le cadre de ce partenariat continu avec le *Pacific Institute for the Mathematical Sciences* (PIMS) de l'Université de la Colombie-Britannique, l'Institut Perimeter organise un stage d'été annuel visant à présenter aux étudiants diplômés canadiens et internationaux les sujets de pointe dans la recherche en physique théorique. Le stage d'été 2009, « Explorer les frontières cosmologiques », le septième de cette série, portait sur la cosmologie de l'univers primordial et a été tenu à l'IP du 24 juin au 1^{er} juillet 2009 conjointement avec le *Asia-Pacific Center for Theoretical Physics* et le *Center for Quantum Spacetime* (C-QUEST).

Partenariat *Debates in Cosmology*

Debates in Cosmology est un partenariat entre l'Institut Perimeter, *Columbia University* et *University of North Carolina* pour l'organisation d'une série de conférences focalisées sur les questions non résolues de la cosmologie et de la physique fondamentale. La première de celles-ci, *Origins of Time's Arrow*, a eu lieu en octobre 2007 à la *New York Academy of Sciences*, à New York. La deuxième, *The Multiverse*, a eu lieu à l'Institut Perimeter en septembre 2008.

Partenariat IP/APC/Institut Solvay

Ce partenariat fut conclu avec le nouveau Laboratoire Astroparticule et Cosmologie (APC) et l'Institut Solvay (Bruxelles) dans le but d'organiser conjointement une série d'ateliers informels afin de discuter et partager des idées sur les récents développements à l'interface de la cosmologie moderne et de la physique fondamentale. Le troisième atelier *Cosmological Frontiers in Fundamental Physics* a eu lieu à l'Institut Solvay à Bruxelles en mai 2009 et le prochain atelier aura lieu à l'Institut Perimeter en 2010.

Partenariat IP/Université de Guelph/Université McMaster/Université de Toronto

Le *4-Corners Southwest Ontario Condensed Matter Symposium* (23 avril 2009) a eu lieu à l'Institut Perimeter dans le but de favoriser les échanges entre les physiciens de la matière condensée provenant de quatre importants groupes de recherche du sud de l'Ontario, à savoir, l'Université de Guelph, l'Université McMaster, l'Université de Toronto et l'Université de Waterloo. En plus de séminaires animés par des chercheurs locaux, deux séminaires principaux ont été animés par des chercheurs internationaux de pointe. L'événement faisait également partie de l'engagement de l'IP à faire avancer le développement de la matière condensée à l'IP, comme décrit dans l'objectif 1.

Co-commandite IP/AARMS/TPI-Alberta/WITP/CITA/IPP/CINP/INTRIQ

Theory Canada 5 (3 au 6 juin 2009; tenue hors site) a été la cinquième d'une série de conférences annuelles organisées par la Division de physique théorique de l'Association

canadienne des physiciens et physiciennes (ACP). Les conférences sont tenues annuellement, immédiatement avant le congrès de l'ACP et l'hôte de la conférence de 2009 fut l'Université du Nouveau-Brunswick. Cet événement a permis aux chercheurs de se réunir et d'interagir avec des collègues de partout au Canada provenant de l'ensemble des domaines de la physique théorique.

Objectif 10 : Soutenir l'émergence de centres d'excellence novateurs favorisant les mathématiques et la physique de haut niveau dans l'ensemble du monde en développement

L'Institut Perimeter est d'avis que l'investissement judicieux effectué par le gouvernement canadien dans l'Institut Perimeter peut et doit être mis à profit en partageant avec le monde en développement ce qu'il a accompli avec succès au pays – bâtir une prospérité en investissant dans des installations de recherche scientifique et de formation mondiales de premier plan comme l'Institut Perimeter. Neil Turok, le directeur de l'IP, détient une expertise cruciale dans ce domaine après avoir fondé l'Institut africain des sciences mathématiques (IASM), une initiative ayant connu un grand succès et applaudie de tous, qui lui a mérité un prix TED en 2008. Étant donné la position de chef de file de l'Institut Perimeter, de son expérience dans la mise sur pied d'institutions, de ses nombreux partenariats partout à travers le monde et du caractère international même de sa communauté de chercheurs, il est en bonne position pour mener un effort d'« aide intelligente » pour le Canada.

Sommaire des réalisations

- Développement d'un plan d'« aide intelligente »

Faits saillants

Proposition d'aide intelligente

L'institut a récemment soumis une proposition au gouvernement du Canada, qui décrit un plan afin d'aider à développer le potentiel de l'Afrique en apportant son soutien pour l'établissement de centres d'excellence en science et en mathématiques partout sur le continent. De tels centres peuvent jouer un rôle primordial dans l'expansion des capacités scientifiques et technologiques en favorisant l'émergence de personnes hautement qualifiées, tout en générant un flux bidirectionnel de talents scientifiques entre le Canada et les pays en développement. L'IP propose de coordonner la participation de partenaires académiques, tant dans les pays développés qu'en développement, et de partager son savoir et son expertise avec les organismes d'aide internationale canadiens appropriés, comme l'ACDI, le CRDI et d'autres, afin d'assurer un investissement solide et de grande portée et fournir des occasions de grande visibilité pour le Canada. Si elle est adoptée, cette initiative placera le Canada à l'avant-plan des efforts internationaux en aide intelligente et contribuera à faire reconnaître le Canada comme pays du savoir sur la scène internationale.

Objectif 11 : Poursuivre le développement de son programme de vulgarisation réputé

Le programme de vulgarisation est une composante essentielle de la mission de l'Institut Perimeter depuis sa fondation. La vulgarisation scientifique peut faire beaucoup pour stimuler la culture de l'innovation, depuis le tout début, en exprimant les principes scientifiques en termes compréhensibles, en aidant à développer le raisonnement et les aptitudes de résolution de problèmes, et en démontrant les liens entre la recherche de base et l'innovation. Les programmes de vulgarisation uniques et primés de l'Institut Perimeter sont devenus un modèle international afin de partager l'enthousiasme et l'importance de la recherche fondamentale et de la puissance de la physique théorique.

L'IP raffine continuellement ses activités de vulgarisation afin d'augmenter leur impact et d'adapter le contenu pour joindre le plus de personnes possible. La vaste gamme d'activités peut être catégorisée en fonction de trois publics cibles : les étudiants, les professeurs et le grand public. Plusieurs de ces activités ont pu profiter de partenariats nationaux et internationaux.

11.1 Programmes pour étudiants

Les initiatives plus ciblées pour les étudiants comprennent le développement et la distribution d'un contenu inspirant, qui permet de mieux partager l'importance générale de la physique théorique. Au même moment, des efforts d'adaptation du contenu ont été mis en place ce qui permettra à l'Institut Perimeter de rejoindre un plus grand nombre d'étudiants au cours des années à venir, particulièrement dans l'ensemble du Canada. Cela a été réalisé en grande partie grâce à des partenariats avec les meilleurs groupes d'enseignement provinciaux et nationaux. Le contenu pour les étudiants est présentement en cours de numérisation pour le Web, ce qui permettra de rejoindre de manière efficace un grand nombre de jeunes à travers le monde.

Sommaire des réalisations

- Un stage d'été international pour jeunes physiciens (SEIJP) à eu lieu, auquel ont participé 77 étudiants élités de niveau secondaire du Canada et de l'étranger.
- 2 065 étudiants à travers le Canada ont été rejoints par les présentations « Physica Phantastica ».
- Mise en œuvre de cinq nouvelles améliorations de contenu sur Internet afin de mieux servir les jeunes.

Faits saillants

Stage d'été international pour jeunes physiciens (SEIJP)

En raffinant son programme-phare pour étudiants élités, l'Institut Perimeter a attiré plusieurs centaines de demandes (comme prévu), et a choisi de mettre l'emphase sur les 77 meilleurs jeunes du Canada et du monde entier ayant exprimé une intention de poursuivre des études en physique après le secondaire. Il s'agissait d'un essai en termes de « qualité par rapport à la quantité »; sélectionner des étudiants ayant déjà démontré de fortes affinités et du talent pour les sciences à un haut niveau, permettant ainsi de mieux préparer ces étudiants à des études

post-secondaires et en leur présentant, à un stade précoce, un environnement de recherche d'élite auquel ils pourraient un jour vouloir se joindre. Cette année, le SEIJP a duré deux semaines et renfermait des leçons avancées en physique moderne, des séances de mentorat avec des chercheurs et une introduction à la physique expérimentale grâce à des visites de laboratoires à l'*Institute for Quantum Computing* et au SNOlab. Le progrès de ces jeunes personnes à l'esprit scientifique (âgés de 16 à 17 ans) sera suivi au cours des années.

Physica Phantastica

Des activités d'enrichissement pour les étudiants du niveau secondaire ont eu lieu en salles de cours et à de principales expo-sciences au Canada. Plus de 2 000 étudiants provenant de partout au Canada ont pu être rejoints dans des contextes face-à-face avec du personnel de vulgarisation de l'IP ayant reçu une formation spécialisée.

Au cours de la même période, un nouveau contenu inspirant a été testé et présenté à des étudiants de niveau intermédiaire. Notamment, la présentation « La physique de l'innovation » a été finalisée. Cette présentation PowerPoint, qui utilise des images et des animations afin de donner vie aux idées abstraites, a aidé des milliers d'étudiants à comprendre les connexions importantes entre le savoir fondamental et les innovations technologiques. À leur demande, l'IP a donné cette présentation à un grand nombre de jeunes lors du Festival canadien des tulipes à Ottawa et lors de l'Expo-sciences pancanadienne à Winnipeg, qui ont tous les deux eu lieu en mai 2009. À la demande générale, tous les éléments (y compris les images, les animations et les vidéos) ont également été mis à la disposition des éducateurs, accompagnés d'un guide pour les professeurs. Ainsi, cette leçon inspirante peut être diffusée à un plus grand nombre d'étudiants – laquelle fait partie de la série de modules en salle de classe *Perimeter Explorations* à l'usage des professeurs, et décrite en détail plus loin dans ce document.

Contenus améliorés sur Internet pour les jeunes

En 2008, le programme de vulgarisation de l'IP a commencé à offrir des ressources en ligne pour donner suite aux commentaires reçus afin de (a) fournir un contenu court et inspirant aux jeunes Canadiens, qui explique l'importance de la physique moderne et de (b) mieux utiliser le contenu actuel grâce à la technologie numérique au profit des auditoires internationaux.

Les améliorations (réalisées ou sur le point d'être réalisées) incluent :

- Des entrevues vidéos « Meet a Scientist » à l'intention des jeunes qui songent à poursuivre une carrière scientifique. Ces vidéos possèdent des liens vers des renseignements détaillés supplémentaires dans des domaines de recherche précis.
- Des séries scientifiques de 60 secondes, connues sous le nom de « Alice & Bob in Wonderland, » qui consiste en des animations conçues de manière à stimuler des questions chez les jeunes spectateurs et à les encourager à utiliser leurs capacités de raisonnement.
- Des ressources hautement interactives comprenant le jeu vidéo « Dark matter » et une section « Power of Ideas » expliquant comment les découvertes et les unifications en physique ont fait progresser la technologie. Celles-ci seront la base pour de futurs questionnaires et autres ressources de salle de classe pour les professeurs.
- Le tout nouvel outil « Black Hole Sessions. » Un nouveau format qui fournit des introductions de 20 minutes sur des sujets complexes, suivies de discussions interactives avec les meilleurs chercheurs. Parmi les nombreuses éditions testées, deux ont été mises en ligne et d'autres éditions sont prévues.

- Le « SEIJP virtuel, » qui offre les « meilleurs moments » des très populaires stages d'été étudiant SEIJP offert par l'IP. Cette édition en ligne vise à rejoindre les jeunes intéressés partout au Canada et dans le monde, ce qui augmente de manière importante l'accessibilité et l'impact du SEIJP.

11.2 Programmes et produits pour enseignants

Des initiatives pour les enseignants ont également été raffinées cette année afin de maximiser les efforts pour adapter le contenu. La création du contenu, les essais et la distribution ont beaucoup profité des nouvelles relations et des relations déjà établies avec les meilleurs groupes d'enseignement provinciaux, nationaux et internationaux. Sur le plan international, l'IP a conclu des partenariats avec des associations d'enseignement de la physique (y compris l'*American Association of Physics Teachers* et les *Physics Teaching Resource Agents*), ce qui lui a permis de recevoir des appuis importants et d'augmenter son influence à titre de chef de file dans le domaine de la vulgarisation de la physique moderne. Tout comme les initiatives destinées aux étudiants, tout le contenu destiné aux enseignants est également disponible sur Internet à travers le monde.

Sommaire des réalisations

- Interaction avec 82 enseignants hautement motivés à travers le Canada, et ailleurs, concernant des activités en lien avec les ateliers pour enseignants EinsteinPlus sur la physique moderne.
- Participation à des ateliers sur place pour les enseignants au Canada et ailleurs dans le monde, ce qui a permis de rejoindre 840 enseignants en physique. En outre, 15 ateliers à distance ont été testés auprès d'anciens élèves d'EinsteinPlus, ce qui a permis de rejoindre 385 enseignants de plus et ainsi d'augmenter la portée de l'IP.
- Distribution de la première ressource de classe *Perimeter Explorations* à plus de 3 000 enseignants au Canada et partout dans le monde, tout en développant d'autres modules partiels et complets pour un déploiement futur.

Faits saillants

Ateliers pour enseignants EinsteinPlus sur la physique moderne

Les ateliers pour enseignants EinsteinPlus sur la physique moderne (E+), tenus à l'été 2008, ont attiré bien au-delà de 100 demandes. Les meilleurs enseignants du groupe ont été invités à participer à un atelier intensif d'une semaine en résidence, pour les enseignants de niveau secondaire, traitant de la manière de mieux transmettre les concepts clés de la physique moderne. L'un des résultats importants de ces plus récents stages a été le lancement du nouveau « PI Teacher Network » composé d'enseignants ayant suivi le stage E+ qui sont retournés chez eux et donnent des ateliers aux autres enseignants du domaine de la physique. Quinze ateliers tests ont donné un effet d'augmentation important en rejoignant un plus grand nombre d'enseignants que le programme de vulgarisation de l'IP aurait pu le faire par lui-même. Puisque cette approche de « formation du formateur » a connu beaucoup de succès, elle sera élargie au cours des années à venir et visera les enseignants ayant l'intérêt et les moyens de donner des séances de formation aux enseignants à leur retour chez eux, ce qui augmentera

de manière importante l'impact d'EinsteinPlus en rejoignant des centaines d'enseignants annuellement.

Ateliers sur place pour enseignants

Des ateliers canadiens tenus sur place par le personnel de vulgarisation de l'IP et les membres du réseau d'enseignants ont eu lieu à Vancouver, Calgary, Edmonton, Winnipeg, Ottawa, Toronto, Kingston, la région de Waterloo, Montréal et Halifax. En plus d'inspirer un grand nombre d'enseignants en sciences du niveau secondaire avec des techniques permettant de transmettre l'importance de la physique moderne, ces présentations ont également servi de nœuds de distribution pour le contenu particulier de *Perimeter Explorations* (ci-dessous) et ont fourni des forums de grande valeur permettant de recevoir une rétroaction sur le nouveau matériel en développement à l'IP.

Le programme de vulgarisation de l'IP a également présenté certains ateliers sur la scène internationale aux membres des plus importants groupes d'enseignement de la physique en Amérique du Nord, y compris la présentation de trois ateliers portant sur « Le défi de la réalité quantique » et « Mises à jour sur le mystère de la matière sombre » lors de la réunion annuelle de l'*American Association of Physics Teachers* (AAPT) composée de 80 membres du groupe *Physics Teaching Resource Agents* (PTRA) au Michigan (É.-U.) en juillet 2009. En outre, l'IP a piloté un atelier « Mini-EinsteinPlus » sur place à Genève, en Suisse, afin de bâtir des liens avec les meilleurs enseignants européens lors de leur atelier pour enseignants du niveau secondaire au CERN, où étaient présents 40 enseignants de physique provenant de plus de 30 pays. Des activités similaires à Londres et à Surrey ont permis de rejoindre 60 enseignants de physique adjoints à l'*Institute of Physics* (IOP) du Royaume-Uni.

Ressources d'enseignement *Perimeter Explorations*

Perimeter Explorations a été conçu afin d'être un outil de transfert de connaissances efficace. Composé de ressources clés en main pour la salle de classe, il permet de transmettre les idées plus profondes de la physique moderne grâce à des moyens très visuels et pratiques. Cela permet aux éducateurs de livrer le contenu éprouvé de l'IP à un plus grand nombre d'étudiants que le personnel du programme de vulgarisation pourrait le faire à lui seul. Le premier module, *The Mystery of Dark Matter*, consiste d'une vidéo indexée de 20 minutes avec un objectif défini, accompagné d'un manuel de l'enseignant. Les cibles de distribution initiales ont été dépassées et, en date de la fin de l'année 2009, plus de 3 700 trousseaux ont été distribués aux enseignants partout au Canada (et dans 24 pays) et plus de 1 270 téléchargements supplémentaires ont été fournis à d'autres personnes intéressées par cette ressource de communication scientifique unique. Au même moment, un deuxième module intitulé *The Challenge of Quantum Reality*, lequel a nécessité des animations très sophistiquées, a été réalisé et lancé lors des événements AAPT/PTRA en juillet 2009. La distribution de 3 500 unités a commencé à ce moment-là. Un sondage effectué auprès des enseignants indique que les deux modules rejoindront plus de 100 000 étudiants, et cet impact continuera d'année en année alors que chaque module sera réutilisé.

11.3 Programmes et produits pour le grand public

En termes de programmation pour le grand public, l'Institut Perimeter a poursuivi sa tradition en prononçant des conférences publiques de l'IP dans des salles combles et optimisant ces

conférences sur le réseau télévisé et l'Internet pour que d'autres puissent en profiter. En outre, une planification détaillée a été faite en vue de célébrer le 10^e anniversaire qui sera connu sous le nom « Quantum to Cosmos: Ideas for the Future ». Ce festival public, qui a déjà attiré un nombre important de commandites et un partenaire de télédiffusion, se tiendra à l'IP et sera diffusé sur Internet et à la télévision en octobre 2009. Son but est de rejoindre des centaines de milliers de personnes de tous âges. Finalement, le documentaire à diffusion internationale intitulé « *The Quantum Tamers: Revealing Our Weird & Wired Future*, » est presque terminé. Des efforts de distribution ont déjà commencé et nous avons toutes les raisons de croire que ce documentaire sera vu par des millions de personnes à travers le monde au cours de sa vie de diffusion, ce qui permettra de susciter un intérêt important pour la théorie quantique et les communications quantiques.

Sommaire des réalisations

- Production d'un documentaire d'une heure à diffusion internationale intitulé « *The Quantum Tamers: Revealing Our Weird & Wired Future*, » qui sera distribué au Canada et ailleurs dans le monde.
- Présentation de la série de conférences publiques de l'IP
- Développement d'un festival scientifique, en direct et en ligne, présenté prochainement intitulé *Quantum to Cosmos: Ideas for the Future*.

Faits saillants

Documentaire diffusé « *The Quantum Tamers* »

Le documentaire diffusé en haute définition « *The Quantum Tamers: Revealing Our Weird & Wired Future*, » est presque terminé, après deux ans de recherche, d'entrevues et de production. Ce programme a été tourné dans 16 villes dans six pays partout dans le monde et est composé d'un mélange créatif de conversations, d'animations et même de séquences de danse ce qui permettra de présenter à un public non initié des idées sur la théorie quantique et le potentiel d'une nouvelle ère de technologies quantiques qui pourraient bien changer notre monde.

Dix-sept éminents chercheurs, dont le professeur Stephen Hawking, figureront dans cette présentation. Cet effort en coulisse fait appel aux professeurs de l'IP Raymond Laflamme et Joseph Emerson à titre de consultants scientifiques de pointe, à John Matlock de l'IP et à Frank Taylor de *Title Entertainment* à titre de co-producteurs délégués, ainsi qu'à la firme de distribution *Electric Sky* du Royaume-Uni pour le placement télévisé international. Ce programme sera télédiffusé au mois d'octobre 2009 au Canada, suivi du lancement international. Il sera également inscrit à plusieurs festivals de documentaires télévisés de haut niveau afin d'accroître sa visibilité et d'attirer l'attention vers son contenu scientifique.

Conférences publiques

Ce programme vedette de l'Institut a attiré plus de 600 personnes à chaque conférence scientifique prononcée à Waterloo. Ces conférences ont été entendues sur demande par un auditoire encore plus vaste sur le site Web de l'Institut Perimeter et grâce à une série d'accords de rediffusion télévisée, dont non seulement *Discovery Channel*, mais également TVO, Rogers et Rogers sur demande. Parmi les conférenciers cette année : Brian Schmidt (*Australian*

National University), Leonard Mlodinow (Caltech), Brian Greene (*Columbia University*), Frank Wilczek (MIT), Ben Schumacher (*Kenyon College*), Rob Cook (Pixar), Roger Penrose (*University of Oxford*) et Patrick Hayden (Université McGill). De plus, un coffret des meilleures conférences (22 DVD) a été produit et est maintenant offert aux télédiffuseurs internationaux ainsi qu'aux établissements scolaires et aux bibliothèques du monde entier par le biais de *Distribution Access*.

Quantum to Cosmos: Ideas for the Future (Q2C).

Beaucoup de planification a eu lieu pour le festival *Quantum to Cosmos: Ideas for the Future* qui aura lieu à Waterloo du 15 au 25 octobre 2009. En plus de souligner le 10^e anniversaire de l'IP, il permettra également d'amarrer la Semaine nationale des sciences et de la technologie canadienne et sera l'un des événements de vulgarisation les plus ambitieux en Amérique du Nord au cours de l'année internationale de l'astronomie en 2009.

Ce festival présentera la puissance de la compréhension et de l'ingénuité humaine – depuis nos connaissances scientifiques actuelles aux innovations auxquelles l'on s'attend dans les années à venir. Le vaste champ de présentations du festival Q2C couvrira des sujets qui comprennent la communication quantique, la visualisation scientifique, les technologies vertes et l'exploration spatiale. Le festival durera 10 jours, au cours duquel l'on s'attend à ce que les présentations, les expositions et les performances culturelles attirent jusqu'à 40 000 personnes sur les lieux. Toutes les activités seront également diffusées, en continu sur Internet et offertes par des services sur demande et de rediffusion, afin de rejoindre 400 000 spectateurs ou plus.

Plusieurs partenaires importants ont déjà confirmé leur participation. Entre autres, deux organismes gouvernementaux de la province de l'Ontario qui fourniront un financement important pour ce festival. En outre, TV Ontario (TVO) sera le télédiffuseur principal et assurera la transmission par télévision et par Web de la plupart des événements.

11.4 Partenariats et relations de vulgarisation nationaux et internationaux

Dans l'optique des objectifs de vulgarisation de l'IP visant à offrir une vulgarisation mondiale de la manière la plus efficace et rentable possible, plusieurs partenariats clés ont été développés. Les partenariats vont de l'appui officiel de produits de vulgarisation, à des événements de conférence où des produits peuvent être essayés ou présentés à un vaste nombre d'étudiants ou d'enseignants, à des séances de formation pour des groupes d'enseignants à l'esprit scientifique.

Sommaire des réalisations

- Partenariat « *Physica Phantastica* » avec l'Expo-sciences pan-canadienne à Winnipeg, au Manitoba, pour fournir des leçons aux étudiants et aux enseignants participants (mai 2009).
- Formation d'enseignants canadiens en partenariat avec la *Saskatchewan Science Teachers Society* (octobre 2008); le *Calgary Science Network* et le *Telus Science Centre* (mars 2009); et l'*Ontario Association of Physics Teachers* (mai 2009, à Kingston).
- Collaboration avec le CERN pour la formation de professeurs de sciences européens au programme de vulgarisation de l'IP (juillet 2009)

- Présentation de deux ateliers à l'*Institute of Physics* (IOP) à 75 membres du *Physics Teacher Network* composé de coordonnateurs régionaux de la région de Surrey et de la région de Londres, au Royaume-Uni.
- Présentation de trois ateliers portant sur « Le défi de la réalité quantique » et « Mises à jour sur le mystère de la matière sombre » lors de la réunion annuelle de l'*American Association of Physics Teachers* (AAPT) composée de 80 membres du groupe *Physics Teaching Resource Agents* (PTRA) au Michigan (É.-U.), en juillet 2009.
- Présentation de deux réunions d'experts et d'une assemblée plénière lors de la conférence de la *World Federation of Science Journalists* (juin et juillet 2009).

Faits saillants

Collaboration de *Physica Phantastica* avec l'Expo-sciences pan-canadienne à Winnipeg (mai 2009)

Les présentations populaires sur les lieux et en salle de classe de l'Institut Perimeter à l'intention des jeunes ont été personnalisées pour répondre aux besoins des auditoires plus vastes. En particulier, l'IP a été invité à faire une présentation principale à des centaines d'étudiants à l'esprit scientifique de partout au Canada réunis à Winnipeg pour le concours de l'expo-sciences nationale annuelle. Une version améliorée de « The Physics of Innovation » a été présentée professionnellement par un spécialiste de la vulgarisation de l'IP. La rétroaction a été excellente, à tel point qu'il y a eu une ovation et que la séance connexe à l'intention des enseignants donnée le lendemain a fait salle comble. La leçon a également été rendue disponible à titre de ressource à emporter avec soi et à partager avec d'autres enseignants au bénéfice de leurs étudiants. L'IP a déjà été invité pour effectuer des présentations lors des prochaines réunions de l'Expo-sciences pan-canadienne.

Réunions d'experts de la *World Federation of Science Journalists* (juin à juillet 2009)

En plus de la formation aux étudiants et aux professeurs à travers le Canada, l'Institut Perimeter se fait demander, à l'occasion, de donner des ateliers de développement professionnel à l'intention des journalistes. C'est ce qu'elle a fait encore une fois en donnant trois séances lors de la conférence du *World Federation of Science Journalists* qui s'est déroulée en juin et juillet 2009, à Londres, au Royaume-Uni. La conférence *World Federation of Science Journalists*, qui a lieu tous les deux ans, est le plus important rassemblement international des médias scientifiques au monde, et a attiré cette année quelque 700 journalistes scientifiques de partout à travers le monde. La participation sur invitation de l'Institut Perimeter est un témoignage de la réputation que l'IP s'est bâtie pour présenter, d'une façon accessible, des renseignements scientifiques de grande qualité. Les trois réunions d'experts ont couvert les sujets de l'information quantique, de la cosmologie et de la philanthropie en sciences.

Objectif 12 : Présenter le Canada comme un pays qui reconnaît clairement que presque tous les aspects de notre société technologique moderne ont historiquement pris racine dans les idées émanant de la physique théorique

La physique théorique est l'un des domaines scientifiques offrant la meilleure valeur au moindre coût. Ses découvertes, comme celles de Newton, Maxwell et Einstein, ont permis la création de nouvelles technologies qui ont littéralement transformé la société. En poursuivant les objectifs décrits dans ce rapport, l'Institut Perimeter a activement partagé la croyance des Canadiens de l'importance et des bienfaits futurs de la recherche fondamentale continue.

L'IP a mérité sa réputation d'excellence scientifique dans la communauté de recherche internationale grâce à la qualité de ses services, le calibre de ses recrues, le nombre de visites en recherche et de conférences productives, et les prix et honneurs que ses scientifiques ont reçus — lesquels font tous honneur au Canada. Au même moment, les efforts de vulgarisation en éducation de l'Institut Perimeter ont augmenté la visibilité du rôle de la science fondamentale parmi la communauté des non initiés, particulièrement chez les jeunes, grâce à un contenu clair qui relie les idées générées par les physiciens théoriques à notre société technologique moderne (décrit à l'objectif 11). En plus de ces exemples d'une grande visibilité qui présentent l'approche avant-gardiste du Canada pour les sciences, il y a eu plusieurs annonces positives au sujet de l'Institut Perimeter dans les médias partout dans le monde au cours de l'exercice financier 2008-2009 qui ont grandement aidé le Canada à être reconnu comme étant un pays dévoué à la recherche, la découverte et l'innovation.

Sommaire des réalisations

- Recrutement de quatre chercheurs de très haut calibre à titre de professeur permanent à l'IP, et de 11 physiciens parmi les plus éminents au monde, y compris Stephen Hawking, à titre de professeurs de la chaire de recherche de distinction, présentant le Canada sur la scène internationale comme une destination de choix pour les meilleurs talents scientifiques.
- Accueilli 335 chercheurs invités à court terme et 20 chercheurs invités à long terme, démontrant ainsi le rôle du Canada à titre de chef de file en recherche fondamentale et de plaque tournante de la recherche de pointe.
- A reçu la reconnaissance et l'appui international comme en témoignent les prix et les honneurs suivants :
 - Cliff Burgess et Raymond Laflamme, professeurs de l'IP, ont été intronisés à titre de membres de la Société royale du Canada, la plus prestigieuse distinction du milieu universitaire au Canada.
 - Le professeur Freddy Cachazo, qui enseigne à l'IP, a reçu la médaille Gribov en 2009 de la Société européenne de physique.
 - Le professeur Jaume Gomis, qui enseigne à l'IP, a reçu la bourse de nouveau chercheur du Ministère de la Recherche et de l'Innovation de l'Ontario.
 - Le professeur Lee Smolin a reçu le prix *Klopsteg Memorial Award* en 2009 de l'*American Association of Physics Teachers* (AAPT).
 - Chris Fuchs a été élu président du conseil d'administration du groupe thématique sur l'information quantique de l'*American Physical Society's* (APS).

- L'article publié par le professeur Robert Spekkens *et al* a été sélectionné pour paraître dans le numéro Palmarès de 2008 du *New Journal of Physics*.
- La professeure Fotini Markopoulou a remporté un prix du *Foundational Questions Research Institute* (FQXi) pour sa dissertation; Steve Weinstein, un adjoint de l'IP, et les anciens boursiers post-doctoraux Olaf Dreyer et Florian Girelli ont également reçu des honneurs.
- Plusieurs chercheurs de l'IP ont été honorés lors de la remise des prix du 60^e concours annuel de dissertation du *Gravity Research Foundation*. Le boursier post-doctoral adjoint Gonzalo Olmo et ses collègues ont obtenu le quatrième prix. Des mentions honorables ont été décernées à Neil Turok, directeur de l'IP, au boursier post-doctoral Federico Piazza et aux adjoints de l'IP Viqar Husain et Mark Van Raamsdonk.
- La boursière post-doctorale Sarah Croke a remporté le prix QEP pour la meilleure thèse de groupe en 2008, le prix *Fred Stern Memorial* de *Strathclyde University* en 2008 et une mention honorable pour le prix Vortuba en 2008 pour la meilleure thèse de doctorat en physique théorique du *Doppler Institute*.
- Dans son ensemble, l'Institut Perimeter a partagé le prix *Global City Award* en 2009 du *Canadian Urban Institute* (CUI)
- A réussi une évaluation scientifique et indépendante par ses pairs qui a réaffirmé le rôle important de l'IP pour la communauté scientifique canadienne et internationale grâce au processus de bourses de la FCI qui, en définitive, a permis d'obtenir le financement pour le *Centre Stephen Hawking* à l'*Institut Perimeter*.
- A généré un intérêt médiatique pour l'Institut Perimeter, attirant l'attention internationale de manière positive sur le Canada grâce à la couverture nationale et internationale.

Faits saillants

Professeurs invités de longue et de courte durée

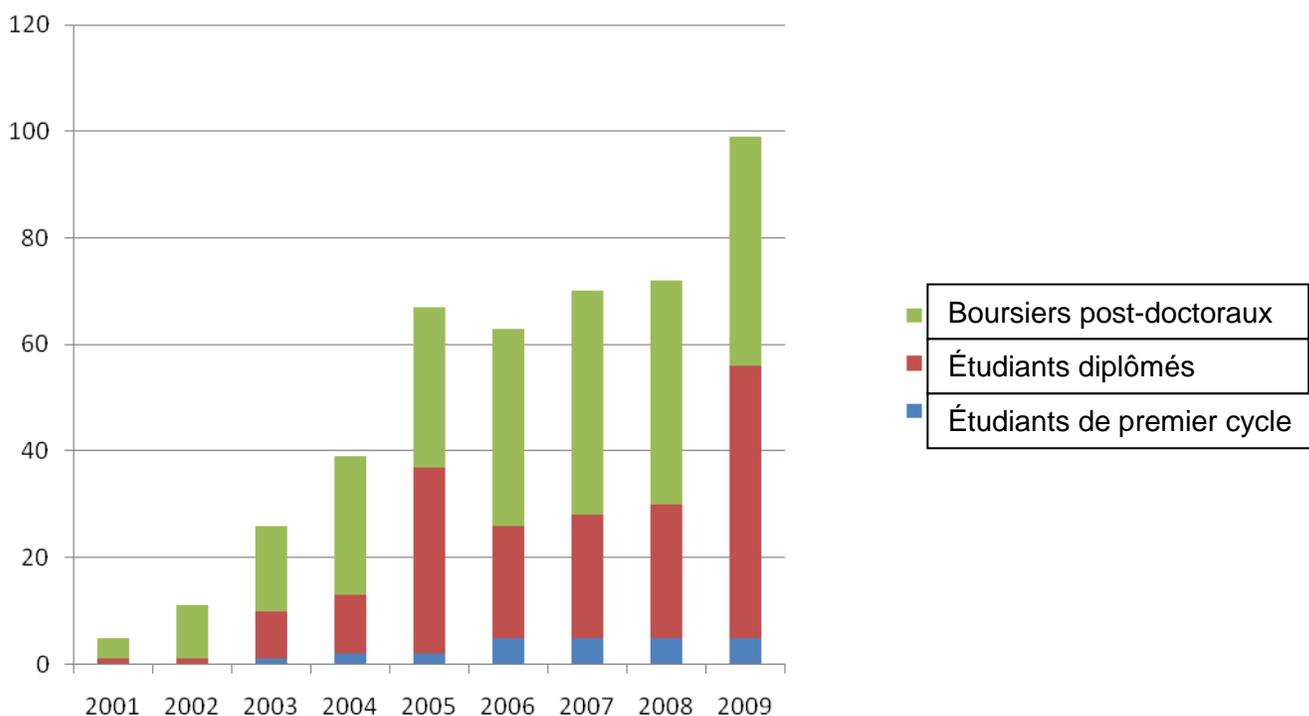
Au cours de l'exercice financier précédent, l'Institut Perimeter a accueilli 335 chercheurs invités à court terme et 20 chercheurs invités à long terme qui ont choisi l'Institut Perimeter comme destination durant leurs congés sans solde de leurs universités d'origine. L'Institut Perimeter reçoit des commentaires extrêmement positifs au sujet des soins et de l'attention qu'il porte aux chercheurs invités, en plus de l'ambiance scientifique stimulante qu'ils y trouvent. Ces chercheurs ramènent ces impressions positives avec eux dans leurs institutions, ce qui joue un rôle crucial dans la promotion de la réputation du Canada dans la communauté scientifique internationale d'élite. Voici quelques-uns des chercheurs invités de marque à l'Institut Perimeter au cours de l'exercice financier précédent : David Cory (MIT), Robert Brout (Université Libre de Bruxelles), Victor Novikov (ITEP, Moscou) et Herman Verlinde (Princeton).

Recrutement

Cinq chercheurs exceptionnels se sont joints au corps enseignant de l'Institut Perimeter au cours de l'exercice financier 2008-2009, ayant choisi l'IP et le Canada comme endroit le plus prometteur pour faire progresser leur carrière. Le programme de chaires de recherche de distinction a également permis de rehausser l'image du Canada à titre de chef de file dans les sciences et de bâtir un « atout humain » composé des plus grandes étoiles de la scène scientifique internationale. À titre d'exemple, l'annonce au sujet de l'arrivée du professeur Stephen Hawking au Canada pour des périodes de temps prolongées chaque année a fait la

manchette au pays et à l'étranger, et a effectivement présenté le Canada comme l'une des meilleures destinations de recherche au monde.

Formation



Graphique 2. Croissance des activités scientifiques de l'IP depuis sa fondation, 2001 à 2009.

L'Institut Perimeter accueille et forme le plus grand groupe de boursiers post-doctoraux en physique théorique au monde, ce qui représente une contribution importante pour la formation de compétences scientifiques avancées. Le domaine de la physique théorique attire naturellement de brillants jeunes femmes et jeunes hommes et les étudiants diplômés hautement qualifiés n'ont plus besoin de se tourner uniquement vers Cambridge, MIT ou Princeton pour poursuivre leurs carrières.

Prix

Freddy Cachazo, médaille Gribov de la Société européenne de physique

Le professeur Freddy Cachazo, qui enseigne à l'Institut Perimeter, a reçu la médaille Gribov de la Société européenne de physique. Elle est décernée une fois tous les deux ans à un physicien de moins de 35 ans pour son travail exceptionnel en physique des particules théorique ou en théorie quantique des champs. Cachazo et ses collaborateurs ont développé des techniques simplifiant grandement les calculs complexes essentiels à la conception et à l'interprétation des expériences avec les accélérateurs de particules, comme le grand collisionneur hadronique, étudiant en détail les constituantes fondamentales de la matière.

Lee Smolin, le prix Klopsteg Memorial Award de l'American Association of Physics Teachers (AAPT)

Le professeur Lee Smolin a été honoré par l'American Association of Physics Teachers (AAPT) pour ses « réalisations extraordinaires dans la communication de l'intérêt de la physique contemporaine au grand public. » L'AAPT est un organisme international pour les éducateurs en physique, les physiciens et les scientifiques industriels qui compte plus de 10 000 membres partout dans le monde. En plus de ses trois livres, le Dr Smolin a écrit plus de 140 articles scientifiques et a contribué de manière régulière aux programmes de vulgarisation de l'IP, y compris les ateliers pour enseignants EinsteinPlus et le stage d'été international pour les jeunes physiciens (décrit à l'objectif 11).

Jaume Gomis, bourse de nouveau chercheur du Ministère de la Recherche et de l'Innovation de l'Ontario

Le professeur Jaume Gomis a reçu une bourse de 100 000 \$ du Ministère de la Recherche et de l'Innovation de l'Ontario afin de supporter son travail sur les nouvelles phases de la matière et la théorie des cordes. Compte tenu de la réputation internationale du Dr Gomis, l'attribution de cette bourse démontre encore plus à quel point le Canada place de l'importance sur la recherche fondamentale tant au niveau provincial que national. Le Dr Gomis et son équipe développent de nouveaux outils théoriques permettant d'étudier les valeurs observables de la théorie des jauges dans le but de prédire des états de matière jusqu'ici inconnus, qui pourront ensuite être étudiés au niveau expérimental.

Institut Perimeter, Global City Award en 2009 de l'Institut urbain du Canada

En juin 2009, l'IP a partagé le prix *Global City Award* de l'Institut urbain du Canada à titre d'institution qui « cimente l'identité de la région de Waterloo par son excellence en recherche scientifique et en vulgarisation pédagogique. »

Couverture médiatique

Le leadership scientifique du Canada fait souvent la manchette dans les médias nationaux et internationaux grâce aux activités de l'IP. La nomination de Stephen Hawking à titre de professeur de la chaire de recherche de distinction a été couverte par les médias partout dans le monde et a représenté l'appui puissant de la part du plus célèbre physicien vivant au monde pour l'IP et le Canada. Voici deux autres exemples de couverture qui ont attiré l'attention sur la recherche canadienne :

- « I'm not looking, honest! » dans la publication du Royaume-Uni *The Economist* (5 mars 2009) parlait de la confirmation expérimentale du célèbre théorème de Lucien Hardy

(professeur à l'IP), lequel théorème est appelé le Paradoxe de Hardy, par deux équipes expérimentales internationales indépendantes.

- « Will the next Einstein come from Africa? » dans le populaire magazine américain *New Scientist* (22 novembre 2008) qui portait sur une entrevue avec le Directeur Neil Turok, et postulait que l'Institut Perimeter « ...*pourrait bien être la plus ambitieuse expérience intellectuelle sur Terre.* »

Aperçu des états financiers, dépenses, critères et stratégie de placement

Rapport du vérificateur (traduction suit à la page suivante)



AUDITORS' REPORT

To the Directors of
Perimeter Institute

The accompanying summarized statement of financial position and summarized statement of operations and changes in fund balances are derived from the complete financial statements of Perimeter Institute as at July 31, 2009 and for the year then ended on which we expressed an opinion without reservation in our report dated September 30, 2009. The fair summarization of the complete financial statements is the responsibility of management. Our responsibility, in accordance with the applicable Assurance Guideline of The Canadian Institute of Chartered Accountants, is to report on the summarized financial statements.

In our opinion, the accompanying financial statements fairly summarize, in all material respects, the related complete financial statements in accordance with the criteria described in the Guideline referred to above.

These summarized financial statements do not contain all the disclosures required by Canadian generally accepted accounting principles. Readers are cautioned that these statements may not be appropriate for their purposes. For more information on the entity's financial position, results of operations and cash flows, reference should be made to the related complete financial statements.

Toronto, Ontario
September 30, 2009

Zeifmans LLP
Chartered Accountants
Licensed Public Accountants

RAPPORT DU VÉRIFICATEUR

À l'attention des administrateurs de
l'Institut Perimeter

Le bilan de situation financière condensé et les bilans condensés d'exploitation et de changement des soldes de fonds ci-joints sont dérivés des bilans financiers complets de l'Institut Perimeter datés le 30 juillet 2009 et pour l'exercice se terminant à cette date, sur laquelle nous avons exprimé une opinion sans réserve dans notre rapport daté le 30 septembre 2009. La condensation juste de ces bilans financiers complets est la responsabilité de la direction. Notre responsabilité, conformément à la norme de certification de l'Institut canadien des comptables agréés, est de nous prononcer sur les bilans financiers condensés.

Selon nous, les bilans financiers ci-joints résument avec justesse, à tout point de vue important, les bilans financiers complets apparentés en conformité avec les critères décrits dans la norme à laquelle il est fait référence ci-dessus.

Ces états financiers condensés ne contiennent pas toutes les divulgations exigées par les principes comptables généralement reconnus du Canada. Nous avertissons les lecteurs que ces bilans peuvent ne pas être pertinents à leurs objectifs. Pour plus de renseignements sur la situation financière, les résultats financiers ou l'exploitation et les flux de trésorerie de l'entité, veuillez consulter les bilans financiers complets apparentés.

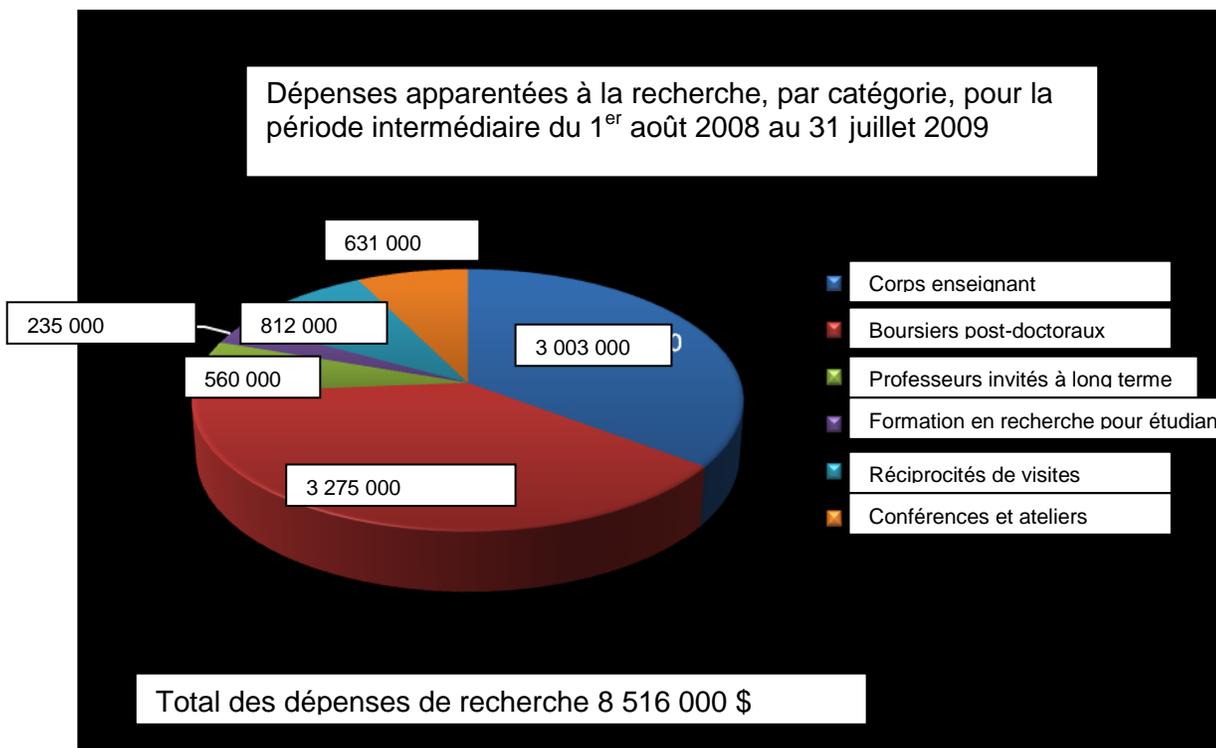
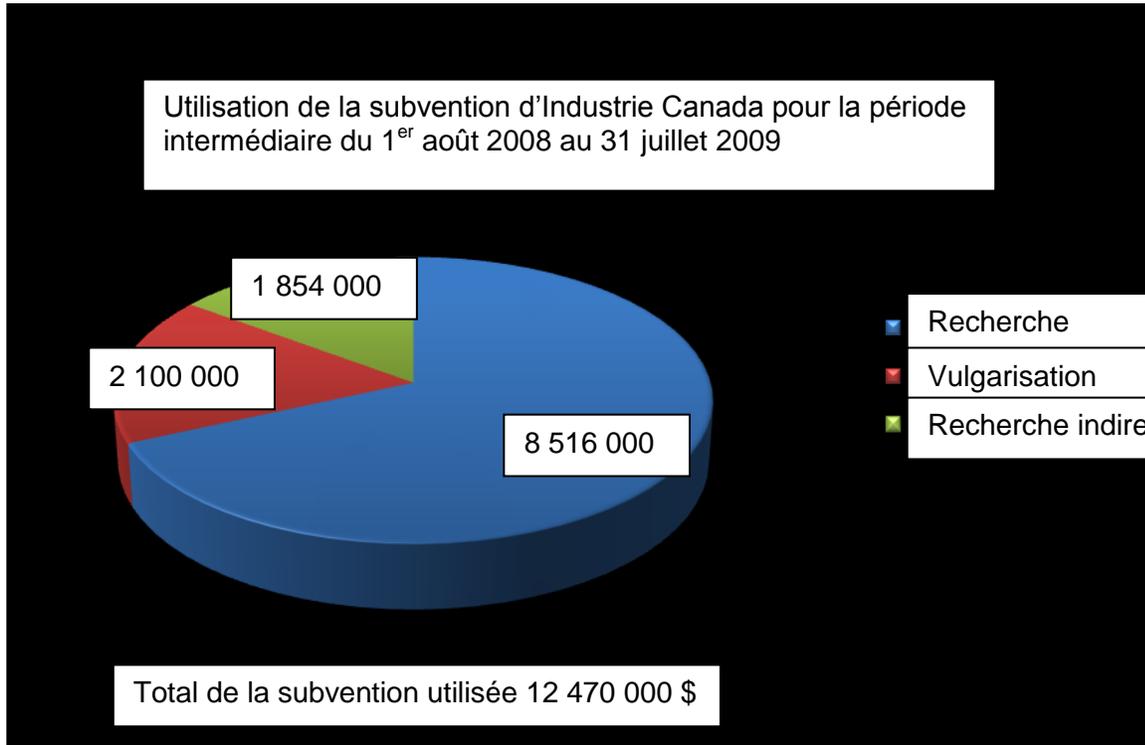
Toronto (Ontario)
30 septembre 2009

Comptables agréés
Experts-comptables autorisés

INSTITUT PERIMETER
BILAN D'EXPLOITATION DE CHANGEMENT DES SOLDES DE FONDS
POUR L'EXERCICE SE TERMINANT LE 31 JUILLET 2009

		2009	2008
		Total	Total
Recettes :			
Dons	\$	40 087 038	50 0005 164
Subventions		5 713 200	21 290 448
		45 800 238	71 295 612
Dépenses :			
Recherche		9 643 807	8 778 288
Vulgarisation		3 151 042	2 001 465
Recherche indirecte et exploitation		3 706 447	3 354 712
Total des dépenses d'exploitation		16 501 296	14 134 465
Recettes excédentaires aux dépenses (dépenses avant recettes) avant placements et amortissements		29 298 942	57 161 147
Amortissement		(1 763 308)	(1 728,000)
Revenu (perte) de placement		(49 432 440)	(2 036 427)
Recettes excédentaires aux dépenses (dépense avant recettes)		(21 896 806)	53 396 720
Solde de fonds, début d'exercice		264 074 178	210 677 458
Solde de fonds, fin d'exercice	\$	242 177 372	264 074 178

Dépenses par activité



Critères appliqués aux activités admissibles

L'Institut Perimeter utilise une importante gamme de politiques, de systèmes et de procédés de contrôle et d'évaluation du rendement (à la fois internes et externes) développés au fil des ans, et ceux-ci sont font l'objet de révisions et d'actualisations périodiques. Les outils utilisés pour mesurer les résultats et les incidences comprennent :

Contrôle de rendement – interne

- Soumission au directeur de rapports annuels sur les activités de recherche par l'ensemble des chercheurs, aux fins d'évaluation
- Soumission au directeur de rapports annuels sur les activités de recherche par l'ensemble des groupes de recherche, aux fins d'évaluation
- Contrôle continu des dossiers de publication et de citations
- Actualisation et contrôle mensuel de l'avancement de tous les programmes scientifiques
- Rapports et évaluations post-conférence
- Évaluation annuelle de tous les programmes scientifiques
- Évaluations à mi-mandat du rendement des chercheurs
- Programme de mentorat des boursiers post-doctoraux et des membres juniors du corps enseignant
- Rapports sur les activités de recherche des invités et suivi continu de l'ensemble des résultats
- Contrôle de la réussite du placement post-IP des boursiers post-doctoraux
- Contrôle de la présence et de l'incidence internationales des chercheurs par le biais de collaborations et d'invitations pour prononcer des conférences
- Processus interne d'étude et d'évaluation de tous les programmes et produits de vulgarisation

Contrôle de rendement – externe

- Présentation d'un rapport annuel au Comité consultatif scientifique international, suivi d'évaluations et de recommandations de rendement. Le Comité est composé des membres suivants : Gerard Milburn, président; Abhay Ashtekar; sir Michael Berry; Matthew Fisher; Gerard 't Hooft; Igor Klebanov; Michael Peskin; John Preskill; et David Spergel.
- Évaluation par le Comité consultatif scientifique de l'ensemble des embauches, des renouvellements de mandat et des promotions des professeurs et des professeurs adjoints
- Évaluation des publications par les pairs
- Audits de rendement en vertu des accords de subvention
- Processus externe d'étude et d'évaluation de tous les programmes et produits de vulgarisation

Stratégie de placement

Partenariat public-privé

L'Institut Perimeter existe grâce à une approche publique-privée coopérative et très fructueuse envers les placements, qui financent les activités quotidiennes tout en protégeant simultanément les opportunités futures.

Les partenaires publics financent les principales activités de recherche et de vulgarisation et, conformément aux exigences des accords de subvention individuels, reçoivent régulièrement des mises à jour, des rapports et des états financiers annuels vérifiés comme exigés afin de garantir l'optimisation des ressources tout en demeurant au fait de la productivité des recherches et de l'impact de la vulgarisation de l'Institut.

Les fonds privés, y compris les dons philanthropiques initiaux et ultérieurs remis à l'Institut par Mike Lazaridis, sont protégés au sein d'une fondation principalement conçue pour recueillir et faire fructifier les dons monétaires en maximisant la croissance et en minimisant les risques, de façon à contribuer à la meilleure santé financière possible à long terme de l'Institut.

Après la fondation de l'Institut en 2000 avec des engagements personnels de 120 millions \$ de la part de Mike Lazaridis (100 millions \$) et de directeurs amis du RIM (10 millions \$ chacun), des contributions totalisant plus de 57 millions \$ ont été reçues à ce jour de sources publiques multiples provenant de tous les niveaux de gouvernement. En plus des fonds ci-dessus, et illustrant la forte détermination de la part d'investisseurs publics envers le succès de l'Institut Perimeter, les gouvernements de l'Ontario et du Canada, en 2006 et 2007 respectivement, ont renouvelé et augmenté leur engagement envers l'Institut Perimeter en contribuant 50 millions \$ chacun pour l'expansion de la recherche et des opérations de vulgarisation au cours des cinq prochaines années. Ces plus récents engagements de la part des gouvernements ont été égalés par d'autres dons de la part de M. Lazaridis de 50 millions \$ en 2008 et de 20 millions \$ en 2009, portant ses contributions à 170 millions \$.

Cette stratégie public-privé gagnante permettra également d'agrandir les installations primées de l'Institut, avec de nouveaux engagements de la part du gouvernement du Canada et de la province de l'Ontario totalisant 20 millions \$, et un don équivalent de la part d'un donateur privé qui a maintenant été reçu.

L'Institut Perimeter continue d'être l'exemple novateur d'un partenariat public-privé, réunissant les gouvernements et les philanthropes dans une quête commune qui est d'assurer le potentiel du pouvoir de transformation de la recherche scientifique au Canada.

Gouvernance

L'Institut Perimeter est une société indépendante sans but lucratif dirigée par un conseil d'administration bénévole composé de membres provenant du secteur privé et du milieu de l'enseignement. Le conseil est l'arbitre final de toutes les questions se rapportant à la structure générale et au développement de l'Institut.

La planification financière, l'imputabilité et les stratégies de placement sont placées sous la gouverne du comité des placements, et du comité des finances et de la vérification du conseil. Selon les besoins, le conseil forme également d'autres comités pour l'aider à s'acquitter de ses

tâches. Relevant du conseil d'administration, le directeur exécutif est un scientifique de grande importance responsable du développement et de la mise en œuvre de l'orientation stratégique globale de l'Institut. Le directeur de l'exploitation relève du directeur exécutif et est responsable des activités quotidiennes de l'Institut. Les fonctions du directeur de l'exploitation sont soutenues par une équipe composée de cadres principaux et du personnel administratif. Les scientifiques-résidents de l'Institut jouent un rôle actif dans les questions opérationnelles scientifiques en siégeant sur divers comités responsables des programmes scientifiques. Les présidents des comités relèvent du directeur exécutif.

Le Comité consultatif scientifique (CCS) international est un organisme de surveillance intégral, sciemment créé dans le but d'aider le conseil d'administration et le directeur exécutif à assurer l'objectivité et une norme d'excellence supérieure en matière de recherche scientifique. Le CCS se réunit annuellement et soumet des rapports et des recommandations détaillés au conseil d'administration et au directeur exécutif au terme de chaque réunion. Le CCS se compose de scientifiques de distinction tirés du milieu scientifique international.

Finances – placement et gestion des fonds

Le conseil d'administration de l'Institut Perimeter s'acquitte de ses responsabilités fiduciaires à l'égard de la gestion financière à l'aide de deux comités. Le comité des placements est responsable de la surveillance des placements et de la gestion des fonds reçus conformément aux politiques de placement approuvées par le comité de l'Institut qui énoncent les directives, les normes et les procédures pour le placement et la gestion sûrs des fonds. Le comité des finances et de la vérification est responsable de la surveillance des politiques, des procédés et des activités de l'Institut Perimeter dans les secteurs de la comptabilité, des contrôles internes, de la gestion des risques, de la vérification et de la publication des informations financières.

Énoncé des objectifs pour l'année prochaine et l'avenir

Avec l'arrivée du Dr Trok en 2008, l'Institut a entrepris un processus de planification à long terme afin d'articuler un ensemble plus complet d'objectifs stratégiques et opérationnels pour l'avenir. Les objectifs résultants sont destinés à conceptualiser et ensuite réaliser le meilleur environnement de recherche pour la physique théorique fondamentale au monde, d'une manière bien planifiée et intégrée.

Les objectifs indiqués dans le plan quinquennal de l'IP sont les suivants :

- **Réaliser des percées importantes en recherche** – en continuant à mettre l'emphase sur l'avancement de la recherche fondamentale, en encourageant la complémentarité et les approches interdisciplinaires, et en créant une atmosphère collaborative qui maximise le foisonnement d'idées et augmente la probabilité des découvertes.
- **Devenir le bassin de recherche d'une masse critique des meilleurs physiciens théoriciens du monde** – en poursuivant les initiatives de recrutement de haut niveau, en offrant des opportunités de collaboration et d'interaction de tout premier plan et en favorisant des liens de coopération dans l'ensemble de la communauté de recherche canadienne et internationale.
- **Générer un débit constant des talents les plus prometteurs** – en poursuivant son engagement envers le recrutement des chercheurs post-doctoraux les plus prometteurs, en facilitant les échanges entre les chercheurs et les centres d'essais et d'observation, en attirant et en retenant de jeunes étudiants diplômés brillants grâce au programme BPI et en recrutant les meilleurs candidats pour une formation au doctorat ultérieure, et en fournissant des opportunités de formation en recherche aux étudiants prometteurs de premier cycle.
- **Fournir un deuxième « foyer de recherche » pour plusieurs des meilleurs physiciens théoriciens au monde** – en continuant de recruter des scientifiques de pointe grâce au programme de chaires de recherche de distinction, en attirant des chercheurs invités et par des accords qui encouragent des activités conjointes entre les chercheurs de l'IP et les centres de pointe dans le monde entier.
- **Agir à titre de plaque tournante pour un réseau de centres de physique théorique partout dans le monde** – en développant des occasions de partenariat et de collaboration avec des centres pour la physique théorique tant dans le monde développé que dans le monde en développement. L'IP est bien positionné pour aider à créer un réseau international pour ces centres, ce qui définirait par le fait même le Canada comme un chef de file dans la promotion de la science fondamentale, à l'échelle mondiale.
- **Augmenter le rôle de l'IP à titre de point de mire canadien en recherche sur la physique fondamentale** – en continuant à développer des relations nationales et internationales, en maximisant les technologies permettant une participation à distance et en favorisant les occasions d'interaction de recherche pour les professeurs de l'IP et les professeurs adjoints partout au pays.

- **Accueillir des conférences, des ateliers, des séminaires et des cours ciblés opportuns** – en mettant l’accent sur les ateliers qui n’ont pas lieu ailleurs, dans lesquels des scientifiques de pointe discutent des sujets les plus pointus et partagent les résultats de leurs recherches, ainsi que par un programme actif de séminaires et des cours de deuxième cycle avancés choisis avec soin donnant droit à des unités dans les universités avoisinantes.
- **Participer à des initiatives de vulgarisation à grande incidence** – en communiquant l’importance de la recherche fondamentale et de la puissance de la physique théorique au grand public, en développant de brillants jeunes Canadiens dans le domaine en appuyant un réseau d’éducateurs partout au pays et en leur offrant des occasions de développement professionnel et des ressources, et en guidant les meilleurs étudiants à l’esprit scientifique vers une carrière en physique théorique. L’IP servira également de ressource internationale en matière d’expertise, de produits et de programmes de vulgarisation pour les centres d’excellence émergents du monde en développement, en fournissant des ressources en ligne et en donnant des présentations sélectives lors de rassemblements éducatifs internationaux importants
- **Créer l’environnement et l’infrastructure ultimes permettant d’appuyer l’excellence dans la recherche en physique théorique** – en poursuivant la construction du Centre Stephen Hawking à l’Institut Perimeter, une installation agrandie offrant des espaces de recherche productifs et les technologies nécessaires afin de maximiser la probabilité des percées scientifiques.