

ENTREZ DANS LE PÉRIMÈTRE

SURVOL DE L'ANNÉE 2019-2020

INSTITUT **PI** PÉRIMÈTRE DE PHYSIQUE THÉORIQUE



La **mission** de l'Institut Périmètre consiste à réunir les meilleurs scientifiques au monde pour qu'ils s'attaquent aux problèmes les plus difficiles de la physique fondamentale. Nous formons de nouvelles générations de physiciens talentueux. Nous stimulons les gens par la diffusion de connaissances. Et nous formons des partenariats publics et privés pour que tout cela soit possible.

Notre **vision** est de constituer le principal centre mondial de recherche, de formation supérieure et de diffusion des connaissances en physique théorique, en conjuguant les initiatives de partenaires publics et privés ainsi qu'en favorisant une synergie entre les plus brillants esprits scientifiques du monde, pour permettre la réalisation de recherches aboutissant à des avancées qui transformeront notre avenir.



CE QUE NOUS SOMMES

L'Institut Péricimètre de physique théorique est une institution indépendante de recherche qui se consacre aux grandes questions de la physique : De quoi l'univers est-il fait? Comment a-t-il commencé? Comment fonctionne-t-il? Et comment peut-on exploiter ces connaissances pour créer de meilleures technologies, des liens plus étroits entre les gens et un avenir meilleur pour notre monde?

L'Institut Péricimètre n'est pas un lieu de routine où la science avance à petits pas. Nous nous faisons un point d'honneur de nous lancer dans des travaux ambitieux. Nous abordons sous plusieurs angles des problèmes difficiles, et lorsque les méthodes conventionnelles échouent, nous nous en rendons compte. Nous ouvrons de nouvelles avenues de recherche et nous les explorons. Nous nous mettons constamment au défi d'être interdisciplinaires, souples et entreprenants.

Cette année, le comité consultatif scientifique indépendant de l'Institut Péricimètre, formé d'éminents scientifiques de calibre international, a mené un examen des 5 dernières années de travaux de l'Institut. Voici, traduit de l'anglais, un extrait de ses conclusions :

« L'Institut Péricimètre est un cas unique dans le paysage scientifique, caractérisé par un climat avant-gardiste d'innovation, de collaboration et d'inclusion. Il rehausse grandement la réputation du Canada en physique théorique de haut niveau et s'est rapidement avéré un investissement très rentable pour le gouvernement.

« L'Institut Péricimètre est resté fidèle à son inspirante et ambitieuse mission fondatrice, tout en s'adaptant à de nouvelles possibilités et à une époque de changements. Les scientifiques de l'Institut ont fait un certain nombre de découvertes marquantes dans plusieurs domaines de recherche, et un nombre croissant de jeunes scientifiques très talentueux et diversifiés ont émergé de ses programmes de formation.

« L'Institut Péricimètre a des atouts importants pour faire de la recherche dans plusieurs branches passionnantes de la physique susceptibles de donner lieu à des avancées majeures, ainsi que dans certaines autres qui donneront naissance à de nouvelles technologies. L'Institut est bien placé pour croître dans ces domaines et, le cas échéant, apporter des contributions importantes et durables à la science et à la technologie. »

En faisant de manière indépendante un autre examen des recherches menées à l'Institut Péricimètre, Clarivate Analytics a constaté que ces recherches sont d'une qualité extrêmement élevée et qu'elles ont un fort impact à l'échelle mondiale. Cet examen a également montré que l'Institut Péricimètre compte pour beaucoup dans la première place qu'occupe le Canada parmi les pays du G7 en physique et en sciences de l'espace.

À l'approche de son 20^e anniversaire, l'Institut Péricimètre est un moteur de toute la physique canadienne, un pôle mondial de progrès scientifique et l'un des meilleurs centres de physique théorique au monde.



Sergueï Sibiryakov



Mairi Sakellariadou, Sylvie Paycha et Renate Loll lors de l'atelier Emmy-Noether sur la structure de l'espace-temps quantique, novembre 2019

QUELQUES STATISTIQUES SUR LA RECHERCHE

L'Institut Péricimètre a mis sur pied l'une des communautés les plus nombreuses et les plus solides de chercheurs en physique fondamentale.

COMMUNAUTÉ SCIENTIFIQUE

- 46 professeurs à plein temps et professeurs associés
- 42 titulaires de chaire de chercheur invité distingué
- 84 postdoctorants
- 25 boursières Simons-Emmy-Noether (8 nouvelles en 2019-2020)
- 55 adjoints invités
- 7 chercheurs invités
- 12 conférences et ateliers auxquels ont participé 995 scientifiques de premier plan

RÉSULTATS ET IMPACT

- 20 distinctions et prix majeurs en 2019-2020
- 6 282 articles publiés depuis la fondation de l'Institut
- 743 articles publiés en 2019-2020
- 290 360 citations depuis la fondation de l'Institut

« Le monde a besoin maintenant de solutions radicales. Non pas de batteries légèrement meilleures, mais de toutes nouvelles sources d'énergie. Non pas d'algorithmes un peu optimisés, mais de calculs d'un genre totalement nouveau. De telles solutions exigent une nouvelle vague de découvertes fondamentales réalisées par une nouvelle génération d'esprits brillants. L'Institut Péricimètre recrute et forme des scientifiques qui ont les aptitudes, la motivation et la vision nécessaires pour faire ce genre de découvertes marquantes. C'est ainsi que l'on construit un institut de recherche de premier plan. C'est ainsi que l'on change le monde. » [traduction]

– Robert Myers, directeur de l'Institut Péricimètre

LA RECHERCHE AU-DELÀ DES STATISTIQUES

POINTS SAILLANTS

Cette année, nous avons obtenu des résultats spectaculaires dans les domaines de la matière quantique, de la simulation quantique et de la théorie quantique des champs, ainsi que sur les fondements de la nature du temps lui-même. Des chercheurs de l'Institut Péricimètre et leurs collaborateurs ont publié la plus grande carte 3D de l'univers jamais produite, et ont participé à de nouveaux travaux majeurs des consortiums des télescopes EHT et CHIME.

Nous avons inauguré le **Centre Clay-Riddell de recherches sur la matière quantique**, qui se consacre à l'étude et à la création de nouveaux états de la matière. Ces états dotés de propriétés inédites continuent de repousser les limites du possible en science des matériaux. Les nouveaux matériaux quantiques vont révolutionner la technologie, la mise au point de médicaments et de nombreuses autres branches de la physique appliquée.

Le nouveau **Laboratoire de l'Institut Péricimètre sur l'inférence causale quantique** exploite des idées remarquables de la physique quantique fondamentale pour déterminer les relations de cause à effet dans des systèmes très complexes. Cela pourrait transformer l'épidémiologie, la finance et les assurances, la modélisation des risques et de nombreuses autres branches des sciences pures.

UN PÔLE MONDIAL DE LA PHYSIQUE

L'Institut Péricimètre contribue à accélérer la recherche avec ses conférences et ateliers incontournables. En 2019-2020, près de 1 000 scientifiques du monde entier ont participé à 12 conférences et ateliers organisés par l'Institut. Depuis le début de la pandémie, nous organisons en ligne toutes nos conférences et nous sommes rapidement devenus un modèle à l'échelle internationale de conférences virtuelles ayant un impact important, avec une participation en forte croissance.

De plus, à partir de nos archives numériques de plus de 13 000 conférences et exposés enregistrés, nous avons créé *SciTalks*, nouveau portail planétaire d'exposés et de présentations d'institutions de recherche du monde entier. Pour en savoir plus, consultez le site [SciTalks.ca](https://scitalks.ca).



Kendrick Smith, professeur à l'Institut Péricimètre, est l'un des auteurs des algorithmes qui font fonctionner le télescope innovateur canadien CHIME. Pendant la pandémie, il a utilisé ses compétences techniques pour aider des chercheurs de l'hôpital Sunnybrook et de l'Université McMaster à mettre au point des logiciels pour le séquençage génétique d'échantillons du virus responsable de la COVID-19. D'autres chercheurs de l'Institut Péricimètre ont élaboré des modèles mathématiques permettant de comprendre la propagation du virus dans la communauté, de mettre au point des schémas de test plus performants et d'orienter la distribution des vaccins. Ce sont des exemples spectaculaires des nombreuses applications possibles des compétences techniques des physiciens.

La carte 3D la plus grande de l'univers jamais produite montre 11 milliards d'années d'histoire de l'univers. Les galaxies les plus proches de la Terre sont en violet et en bleu, et les galaxies les plus éloignées en jaune et en rouge. (Image © EPFL)



Étudiants dans le programme PSI, octobre 2019

QUELQUES STATISTIQUES SUR LA FORMATION

Depuis 2006, l'Institut Périmètre a formé plus de 1 000 jeunes scientifiques.

LES SCIENTIFIQUES ACTUELLEMENT EN FORMATION

- 84 postdoctorants
- 77 doctorants de 33 pays
- 26 doctorants associés
- 19 adjoints diplômés invités
- 26 étudiants de 17 pays à la maîtrise dans le programme PSI, dont 13 femmes
- 54 participants de 21 pays à l'école d'été pour étudiants de 1^{er} cycle, dont 20 femmes



En mars 2020, nous avons mis en ligne presque du jour au lendemain nos programmes d'études supérieures. Nous sommes heureux que tous les étudiants inscrits à nos programmes aient terminé leurs cours avec succès. Notre programme d'été pour étudiants de 1^{er} cycle s'est également déroulé en ligne, et nous avons pu doubler le nombre de participants talentueux grâce aux économies réalisées sur les déplacements des étudiants vers Waterloo.

LA FORMATION AU-DELÀ DES STATISTIQUES

FORMER DE VÉRITABLES SCIENTIFIQUES

L'Institut Péricimètre forme la prochaine génération d'esprits brillants destinés à être des chefs de file non seulement en physique, mais partout où des problèmes complexes exigent des solutions audacieuses. Nos programmes innovateurs de formation à la recherche – notamment nos programmes renommés de doctorat et d'adjoints diplômés invités – attirent des scientifiques de premier ordre, augmentent leurs compétences, font progresser la recherche et produisent des chefs de file prêts à susciter l'avancement de la recherche et la croissance économique.

Fleur de nos programmes de formation, PSI (*Perimeter Scholars International* – Boursiers internationaux de l'Institut Péricimètre) est un programme de collaboration exigeant qui couvre en seulement 9 mois toute l'étendue de la physique théorique. Ce programme, auquel participent de 25 à 30 des étudiants à la maîtrise les plus talentueux au monde, est hautement compétitif : les 13 hommes et 13 femmes de la promotion 2019-2020 ont été choisis parmi 688 candidats.

UN MILIEU IDÉAL POUR LES POSTDOCTORANTS

L'Institut Péricimètre compte l'un des groupes les plus nombreux au monde de postdoctorants en physique théorique. Ces chercheurs en début de carrière, souvent au sommet de leur créativité, poursuivent des recherches ambitieuses en bénéficiant d'une liberté scientifique totale et du mentorat de chercheurs établis. Ces postes sont très convoités : les 25 nouveaux postdoctorants qui se sont joints à l'Institut Péricimètre en 2019-2020 ont été sélectionnés parmi quelque 700 candidats hautement qualifiés.

NOURRIR DES ENTREPRISES CANADIENNES

Beaucoup de nos anciens exploitent leurs compétences en résolution de problèmes, en mathématiques, etc., pour créer et innover dans des domaines tels que la finance, la cybersécurité, la science des données, l'intelligence artificielle, la biomédecine, les technologies quantiques et de nombreux autres secteurs de l'économie.



Ke Cai
Banque Scotia
Gestionnaire principale,
Tests de résistance des entreprises,
Toronto



Gunjan Lakhiani
Banque Royale du Canada
Apprentissage automatique,
Gestion des entreprises,
Toronto



Solomon Owerre
Loblaws
Spécialiste en chef principal,
Science des données,
Brampton



Chenfeng Bao
Desire2Learn
Réalisatrice de logiciels,
Kitchener



Kyle Tate
Shopify
Directeur, Science des données,
Ottawa



Pedro Ponte
BMO Marchés des capitaux
Scientifique associé,
Données de transactions,
Toronto



Alexandre Yale
Touchstone Intelligent Marketing
Cofondateur et
directeur des données,
Montréal



Shreya Kumar
Xanadu
Spécialiste de la science
des données,
Toronto



Jorge Escobado
Drop
Vice-président, Ingénierie,
Toronto



Kim-Tuyen Hoang
Oz Optics
Ingénieure en optique,
Ottawa

« *La physique n'a pas le monopole des problèmes difficiles et non résolus, mais de ses rangs sortent régulièrement des gens prêts à s'y attaquer. Le monde a besoin de physiciens.* » [traduction]

– Alexander Radovic, ancien de l'Institut Péricimètre, actuellement chercheur en apprentissage automatique chez Borealis AI



Atelier en ligne pour enseignants

STATISTIQUES SUR NOTRE RAYONNEMENT

Les ressources pédagogiques et les activités publiques de l'Institut Péricètre témoignent du fait que les merveilles de la science méritent d'être communiquées aux personnes dont elles transforment la vie – c'est-à-dire nous tous.

ÉLÈVES

- 59 018 050 interactions en classe depuis 2006
- 6 828 250 interactions en classe en 2019-2020
- 956 élèves ont assisté à des présentations en 2019-2020.
- 155 élèves du secondaire ont participé à la conférence *Inspiring Future Women in Science* (Inspirer les futures scientifiques) en 2020.
- 40 élèves exceptionnels du secondaire – 18 du Canada et 22 de l'étranger – ont participé à l'École internationale d'été 2020 de l'Institut Péricètre pour jeunes physiciens et physiciennes.

ENSEIGNANTS

- 35 688 enseignants rejoints dans le monde par le réseau des enseignants de l'Institut Péricètre
- 4 507 enseignants formés dans 200 ateliers en 2019-2020
- 67 participants au camp de formation *EinsteinPlus* pour enseignants en 2019-2020
- 118 pays dans lesquels les ressources pédagogiques de l'Institut Péricètre sont utilisées
- 110 trousseaux pédagogiques de sciences disponibles pour les enseignants partout au Canada et dans le monde
- 25 trousseaux pédagogiques traduites en français

SCIENCES POUR LE GRAND PUBLIC

- 6 conférences publiques qui ont fait l'objet de 745 752 visionnements en 2019-2020
- 2 819 007 visionnements dans YouTube en 2019-2020
- 10 578 792 visionnements dans YouTube depuis 2009

« Son programme remarquable de diffusion des connaissances met l'aventure de la découverte à la portée d'élèves d'âges variés et pourrait fort bien produire une nouvelle génération de Curie et d'Einstein. »

– Traduit du rapport final d'évaluation produit par le Comité consultatif scientifique de l'Institut Péricètre, octobre 2020

LE RAYONNEMENT AU-DELÀ DES STATISTIQUES

FORMATION POUR LES ENSEIGNANTS

Les programmes de diffusion des connaissances visent particulièrement les élèves – et cela commence en ciblant leurs enseignants. *EinsteinPlus* est le navire amiral de la formation offerte par l'Institut Péricône aux enseignants : une semaine de perfectionnement professionnel qui donne vie à la physique moderne en étant souvent animée par les auteurs mêmes de découvertes récentes dans le domaine.

Les techniques expérimentées dans *EinsteinPlus* sont adaptées aux autres ateliers pour enseignants. En 2019-2020, l'Institut Péricône a animé 200 ateliers pour enseignants, dont plusieurs en français, sur des sujets allant des ondes gravitationnelles aux trous noirs, en passant par les changements climatiques et la physique quantique.

RESSOURCES PÉDAGOGIQUES POUR LES ÉLÈVES

Pour amener la physique moderne dans des classes partout au Canada et dans le monde, l'Institut Péricône élabore des troupes pédagogiques multimédias gratuites. Chacune comprend des plans de cours, des activités pratiques, des démonstrations, un guide pour les enseignants et des vidéos originales produites par l'Institut. Les ressources pédagogiques de l'Institut Péricône sont utilisées partout au Canada et dans 117 autres pays.

Les ressources pédagogiques réalisées en 2019-2020 comprennent une nouvelle trousse sur les trous noirs et des activités à utiliser en classe. En outre, 3 troupes de plus ont été traduites en français et 6 en portugais.

ÉMERVEILLEMENT POUR TOUS

L'Institut Péricône est reconnu comme un chef de file mondial du rayonnement scientifique dans le grand public. Il s'efforce d'accroître la culture scientifique en faisant connaître le pouvoir transformateur de la physique aux gens curieux où qu'ils soient. Au cours de la dernière année, nous avons organisé 6 conférences publiques et produit du contenu scientifique de qualité, qu'il s'agisse de questionnaires ou de jeux pour les enfants, ou d'articles de fond sur des recherches en cours. Nous nous efforçons de faire en sorte que tous – que ce soit par intérêt occasionnel ou pour faire carrière en recherche – aient accès aux idées scientifiques.



L'Institut Péricône a agi rapidement pour faciliter l'adaptation à l'enseignement en ligne, en offrant aux enseignants des ateliers virtuels et en expliquant comment adapter chaque trousse pédagogique à l'enseignement en ligne. L'action de l'Institut a eu une portée sans précédent et lui a valu des remerciements d'enseignants de tout le pays.

« Les ressources et la formation offertes par l'Institut Péricône ont été indispensables pour que mes élèves continuent d'apprendre pendant la pandémie! » [traduction]

– Iain Braithwaite, enseignant de mathématiques et de sciences, Institut professionnel collégial John-F.-Ross, Guelph (Ontario)





La conférence Inspiring Future Women in Science (*Inspirer les futures scientifiques*), mars 2020

CHANGER LES VISAGES DE LA PHYSIQUE

L'Institut Péricimètre pose des gestes concrets pour accroître l'équité, la diversité, l'inclusion et l'accessibilité en physique. En voici quelques exemples.

INITIATIVES EMMY-NOETHER

Financé par la Fondation Simons, le programme de bourses Simons-Emmy-Noether s'adresse à des femmes en début ou en milieu de carrière exceptionnellement prometteuses. Les boursières passent jusqu'à un an à l'Institut Péricimètre, libérées de leurs tâches d'enseignement et d'administration, et immergées dans l'un des milieux de recherche les plus riches au monde.

Dans le cadre d'une autre initiative Emmy-Noether, 155 élèves du secondaire ont participé à la conférence *Inspiring Future Women in Science* (*Inspirer les futures scientifiques*) 2020. Elles ont eu la chance d'entendre une impressionnante brochette de conférencières, de panélistes et de mentores issues de divers domaines, qui ont fait part de leurs idées sur des carrières fructueuses en sciences, technologie, génie et mathématiques. La conférence a aussi été webdiffusée en direct dans 5 écoles secondaires ontariennes.

INCLUSION, DIVERSITÉ, ÉQUITÉ ET ACCESSIBILITÉ

Le Tremplin vers l'inclusion à l'IP est une initiative communautaire qui regroupe plus de 50 chercheurs, membres du personnel et étudiants de l'Institut Péricimètre. Le Tremplin vise à faire de l'Institut un lieu où les groupes qui ont été traditionnellement exclus de la physique – en particulier les femmes et les personnes racisées – seront bienvenus et auront les moyens d'agir.

LA PHYSIQUE CHEZ LES PREMIÈRES NATIONS ET DANS LE GRAND NORD

L'Institut Péricimètre est honoré d'être invité par des collectivités autochtones à participer au perfectionnement professionnel d'enseignants, à donner de l'information et à s'instruire davantage sur les manières dont les Autochtones acquièrent des connaissances. Depuis 2016, l'Institut a participé à plus de 25 ateliers de formation pour enseignants dans des collectivités autochtones et a travaillé auprès de plus de 450 enseignants.

« C'est une époque formidable pour les physiciens. C'est toujours une époque formidable pour les physiciens. Nous semons pour l'avenir. » [traduction]

– Donna Strickland, lauréate d'un prix Nobel et professeure à l'Université de Waterloo, dans son allocution lors de la remise des diplômes à la promotion 2020 du programme PSI

SOUTENIR L'INSTITUT PÉRIMÈTRE : UNE VISION COMMUNE

L'Institut Péricètre bénéficie de l'appui financier des gouvernements du Canada et de l'Ontario, ainsi que de nombreuses fondations, sociétés et personnes. Leur soutien nous a permis de devenir les meilleurs au monde dans notre domaine.

Nous collaborons avec nos bailleurs de fonds gouvernementaux afin que leurs composantes soient en mesure de profiter des nouvelles découvertes en science et technologie – comme la révolution quantique qui se déroule maintenant et transforme l'économie de la région de Waterloo, de l'Ontario et de tout le Canada.

Des philanthropes et des fondations appuient la stratégie globale de l'Institut, qui consiste à attirer les esprits les plus brillants au monde pour qu'ils travaillent sur les problèmes les plus difficiles de la physique théorique. Ces bailleurs de fonds financent de manière ciblée des projets de recherche guidée par la curiosité qui les passionnent. À titre d'exemple, la Fondation de bienfaisance de la famille Riddell s'est engagée cette année à verser 10 millions de dollars pour la création du Centre Clay-Riddell de recherches sur la matière quantique, en mémoire de cet entrepreneur et de son enthousiasme envers l'exploration scientifique.

Nous sommes très reconnaissants pour tout don ou subvention que nous recevons, et encore davantage envers notre communauté et tous ses membres créatifs et passionnés qui appuient notre vision de la manière dont la physique théorique peut transformer le monde.

« J'appuie l'Institut Péricètre parce que je crois que son travail entraînera des percées scientifiques majeures qui façonneront littéralement notre avenir. » [traduction]

– Linda Hasenfratz, PDG, Linamar Corporation

Pour en savoir plus sur les manières de soutenir l'Institut Péricètre et de l'accompagner dans ce parcours de découverte, consultez la page

www.perimeterinstitute.ca/fr/ways-give



L'UNIVERS EST GRAND.
HEUREUSEMENT, NOUS AVONS
DE GRANDES IDÉES.

\int Faites partie ^(de) l'Équation²



INSTITUT **PI** PÉRIMÈTRE DE PHYSIQUE THÉORIQUE



www.perimeterinstitute.ca

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