

PRÉFACE – L'ANNÉE INTERNATIONALE DE LA SCIENCE ET DE LA TECHNOLOGIE QUANTIQUES À TRAVERS LE CANADA

John Donohue, Ben Newling et Neil J. Ross, Rédacteurs invités, *La Physique au Canada*



L'Assemblée générale des Nations Unies a officiellement déclaré 2025 « L'Année internationale de la science et de la technologie quantiques » (IYQ, pour International Year of Quantum Science and Technology) [1]. La résolution, présentée par le Ghana et coparrainée par 73 pays, représente plus de 5 milliards de

personnes, ce qui témoigne sans aucun doute de l'ampleur de l'impact de tout ce qui touche au quantique dans la vie quotidienne. Plus important encore, cette résolution est un appel à la démocratisation de la science quantique :

« Alors que nous poursuivons nos efforts dans le domaine de l'informatique quantique, de la simulation quantique et d'autres applications des technologies quantiques afin de surmonter les contraintes actuelles et d'aller au-delà de ce qui est possible aujourd'hui, nous devons souligner à quel point il est important que les compétences en science et technologie quantiques soient diverses et universelles, y compris en Afrique et dans les pays en développement, et que l'inclusion des femmes soit généralisée. » [1]

Ce numéro spécial de *La Physique au Canada* espère contribuer à « sensibiliser davantage le public à l'importance de la science quantique et de ses applications » [1] et à « inspirer les jeunes du monde entier [...] à s'intéresser à ce domaine d'étude passionnant » [1].

En 1925, Walter Heisenberg inaugura la « nouvelle » mécanique quantique avec son article « Sur la réinterprétation quantique des relations cinématiques et mécaniques » [2], dans lequel il cherchait à établir une base pour la théorie quantique en utilisant uniquement des grandeurs physiques pouvant être directement observées à l'époque. Heisenberg rédigea son article en juillet 1925 et demanda à son collègue plus âgé, Max Born, de le relire avant de partir en vacances. Pendant l'absence de Heisenberg, Born se rendit compte que certaines des mathématiques suggéraient l'utilisation de matrices et il demanda à son assistant Pascual Jordan de rédiger une réinterprétation, qui fut également publiée en 1925 [3] et suivie d'une deuxième partie [4] dans laquelle les trois scientifiques établirent ensemble les

Le contenu de cette revue, ainsi que les opinions exprimées, ne représentent pas nécessairement les opinions ou les politiques de l'Association canadienne des physiciens et physiciennes.

Les commentaires des lecteurs sur cet éditorial sont toujours les bienvenus.

NOTE: Le genre masculin n'a été utilisé que pour alléger le texte.

éléments clés de la compréhension sur laquelle repose la mécanique quantique. Au même moment, Erwin Schrödinger, inspiré par une remarque désinvolte de Peter Debye selon laquelle les ondes de matière de Louis de Broglie devaient être régies par une sorte d'équation d'onde, développait sa célèbre formulation de la mécanique ondulatoire. Schrödinger élaborait son équation d'onde en 1925 et la publia en 1926 [6]. Quelque temps plus tard, Schrödinger réconcilia les deux approches en prouvant que les formulations ondulatoire et matricielle sont équivalentes.

Cent ans plus tard, nous dépendons de plus en plus d'une multitude de technologies quantiques, telles que les horloges atomiques qui sous-tendent le GPS, les composants électroniques à semi-conducteurs qui sont à la base de l'informatique moderne, l'imagerie par résonance magnétique dans les cliniques et les lasers omniprésents. Nous nous tournons également vers un « avenir quantique » au travers de la « Stratégie nationale sur les technologies quantiques » (SNTQ) du gouvernement du Canada [7]. L'investissement de 360 millions de dollars décrit dans la SNTQ confirme l'engagement stratégique du Canada en faveur de la science et de la technologie quantiques [8], qui semble de plus en plus nécessaire compte tenu des prévisions optimistes, par exemple, d'une industrie de 139 milliards de dollars soutenant 200 000 emplois canadiens d'ici 2045 [9].

Ce numéro comprend un hommage à feu Raymond Laflamme, pionnier de la science de l'information quantique au Canada et l'une des figures clés de la stratégie quantique du gouvernement canadien. Un article de fond rédigé par son groupe sur l'innovation responsable dans les technologies quantiques souligne la nécessité d'élaborer ces stratégies de manière réfléchie. Afin d'explorer la manière dont les besoins de l'industrie sont pris en compte dans la SNTQ, nous avons inclus une entrevue avec Stephanie Simmons, fondatrice de Photonic Inc. et coprésidente du Conseil consultatif canadien sur la technologie quantique.

L'exploration des fondements de la science quantique a mené à des domaines inattendus comme l'informatique quantique, et la poursuite de cette exploration constitue une part importante de la recherche en physique au Canada. Dans un article d'opinion, Gilles Brassard examine ce que les tests de Bell, récompensés par le prix Nobel, révèlent réellement sur la non-localité, remettant en question l'idée répandue selon laquelle les tests de Bell prouvent que la nature est non locale. Dans un autre article, Louis Marchildon partage ses deux grandes questions sans réponse concernant la science quantique.

Les technologies de l'information quantique sont généralement divisées en plusieurs catégories, qui varient d'un endroit à l'autre, mais qui comprennent presque toujours les capteurs, les communications et les ordinateurs. Dans ce numéro, nous sommes heureux de présenter un aperçu des travaux sur la détection quantique au Canada, y compris les systèmes physiques explorés et les secteurs concernés. Pour un capteur quantique spécifique, nous avons également inclus une analyse approfondie des gravimètres atomiques en cours de développement à l'Université du Nouveau-Brunswick. Dans le domaine des communications et des réseaux, des sources de photons quasi idéales sont essentielles, comme l'ont souligné les chercheurs de l'Université Dalhousie dans un article de fond sur ces qubits volants. En ce qui concerne le calcul, vous trouverez un article de fond sur l'histoire des développements en matière de correction d'erreurs quantiques au Canada.

Le paradigme quantique moderne explore non seulement les intersections entre la physique et l'informatique, la chimie, les mathématiques et l'ingénierie, mais il abolit également les frontières traditionnelles entre les domaines de la physique, dont le langage et les outils trouvent leur place dans de nouveaux domaines. L'information quantique relativiste, par exemple, explore l'intersection entre la relativité, la théorie de l'information et la mécanique quantique, et s'est développée rapidement grâce en grande partie aux contributions de physiciens canadiens, comme le détaille un article de fond rédigé par le groupe de Robert Mann. D'autres articles explorent comment l'informatique quantique pourrait trouver des applications dans le domaine de la santé en améliorant les techniques de radiothérapie, comment les phénomènes quantiques influencent la biologie et comment les nanomatériaux rendus possibles par la mécanique quantique pourraient ouvrir la voie à l'informatique neuromorphique. Vous trouverez également une analyse de la manière dont les capteurs, les calculs et les matériaux quantiques sont appliqués à la recherche en physique des particules au TRIUMF.

Pour concrétiser les promesses de la science et de la technologie de l'information quantique, une nouvelle génération de chercheurs passionnés est nécessaire. Ces futurs travailleurs seront formés dans des écoles, des collèges, des universités, des stages et des apprentissages au Canada et à l'étranger, dans des contextes d'apprentissage qui peuvent être très différents de ceux auxquels nous sommes habitués, afin de former une « main-d'œuvre (diversifiée) prête pour le quantique » [10]. Pour intéresser de nouvelles personnes à un sujet qui souffre d'un problème d'image auprès du grand public, comme la science quantique, il faut présenter cette science sous un jour nouveau et accessible. Nous avons inclus un article sur les efforts de sensibilisation menés à travers le Canada pour rendre la physique quantique accessible aux élèves du secondaire, ainsi qu'un article explorant différents modèles d'introduction de la physique quantique au niveau du premier cycle universitaire. Enfin, comme l'IYQ a fourni une plateforme pour promouvoir les réalisations et les merveilles de la mécanique quantique, nous avons inclus un album souvenir mettant en évidence les nombreuses célébrations qui ont rassemblé des gens à travers le Canada en 2025, ainsi que les résultats des concours d'art quantique et de logo de l'ACP-IYQ organisés par le groupe de travail ACP-IYQ avec le généreux soutien du CRSNG. Nous avons également inclus des mots croisés thématiques pour une célébration plus calme.

L'avenir est toujours incertain, mais nous pouvons être convaincus que les développements fructueux dans le domaine quantique nécessiteront une collaboration entre les gouvernements, les institutions universitaires, les organisations à but lucratif et non lucratif, ainsi qu'entre les physiciens quantiques de tous horizons [10]. Nous espérons que vous découvrirez une partie de cette diversité dans ce numéro spécial, non pas comme un répertoire exhaustif des activités menées à travers le pays, mais plutôt comme un échantillon de la diversité des contributions absolument nécessaires à des découvertes et innovations révolutionnaires.

La nécessité d'une collaboration transfrontalière entre les scientifiques et les technologues quantiques ne fait aucun doute. Une stratégie nationale est essentielle, et les collaborations provinciales sont cruciales pour tirer parti de l'infrastructure et de l'expertise quantiques que le Canada a développées grâce à des décennies d'investissement. Cependant, une perspective internationale a été essentielle au

cours des cent dernières années, marquées par le libre échange d'idées et la réalisation d'inventions quantiques remarquables. Il faut espérer que ces collaborations continueront à faire progresser la science et la technologie quantiques afin qu'elles « contribuent davantage à relever les défis actuels » [1].

John Donohue, University of Waterloo
 Ben Newling, University of New Brunswick
 Neil J. Ross, Dalhousie University
 Rédacteurs invités, *La Physique au Canada*

RÉFÉRENCES

- [1] Nations Unies, archives officielles, A/78/PV.88, General Assembly 88th Plenary Meeting, 7th June (2024).
- [2] W. Heisenberg, Über quantentheoretische Umdeutung kinematischer und mechanischer Beziehungen, *Z. Physik* **33** (1), 879–893 (1925).
- [3] M. Born et P. Jordan, Zur Quantenmechanik, *Z. Physik* **34**, 858–888, (1925).
- [4] M. Born, W. Heisenberg, et P. Jordan, Zur Quantenmechanik II, *Z. Physik* **35**, 557–615, (1925).
- [5] B. L. van der Waerden, éditeur, *Sources of Quantum Mechanics* (Dover Publications, 1968).
- [6] E. Schrödinger, An Undulatory Theory of the Mechanics of Atoms and Molecules, *Phys. Rev.* **28**(6), 1049-1070 (1926).
- [7] Innovation, Sciences, et Développement économique Canada, *Aperçu de la Stratégie quantique nationale du Canada*, Gouvernement du Canada, <https://ised-isde.canada.ca/site/strategie-quantique-nationale/fr> (2022).
- [8] B. Sussman, P. Corkum, A. Blais, D. Cory, et A. Damascelli, Quantum Canada, *Quantum Sci. Tech.* **4**, 020503 (2019).
- [9] Doyletech Corporation, *Socio-Economic Impact Assessment of Quantum Technologies in Canada*, (Doyletech Corporation, 2020).
- [10] Le comité d'experts sur l'adoption responsable des technologies quantiques, "Potentiel quantique", Le Conseil des académies canadiennes, <https://www.rapports-cac.ca/reports/technologies-quantiques/> (2023).