



Quantique Canada

Survol du sondage

Mars 2017



CIFAR
CANADIAN
INSTITUTE
FOR
ADVANCED
RESEARCH

ICRA
L'INSTITUT
CANADIEN
DE
RECHERCHES
AVANCÉES

TABLE DES MATIÈRES

APERÇU	4
Contexte	4
Objectifs du sondage	4
Répondants	5
RÉSULTATS	5
Priorités	5
Ressources	6
Recherche et développement de technologies dans les sciences quantiques	6
Possibilités du domaine quantique	7
L'ÉCOSYSTÈME QUANTIQUE CANADIEN – ANALYSE FFPM	8
THÈMES ÉMERGENTS	9
Personnel hautement qualifié	9
Nécessité d'une cohérence et d'une vision nationales	9
Financement	9
Collaboration en R-D	10
1. Collaboration en R-D dans le milieu universitaire canadien	10
2. Collaboration en R-D avec les utilisateurs précoces du secteur de la défense et du gouvernement	10
3. Collaboration en R-D avec l'industrie	10
4. Collaboration en R-D avec d'autres pays	10

APERÇU

Contexte

Quantique Canada est une initiative nationale qui a pour but d'accroître une cohérence à l'écosystème dynamique des sciences quantiques au Canada.

Notre pays a injecté plus d'un milliard de dollars dans la recherche et le développement (R-D) en science quantique au cours des dix dernières années et il fait présentement figure de chef de file mondial dans ce secteur émergent. Les technologies quantiques bouleversent de plus en plus les approches traditionnelles. Or, le Canada est bien placé pour exploiter ses forces dans la R-D quantique ainsi que sa base industrielle, donc prendre la tête de la recherche mondiale pour assurer un avenir long et prospère à son économie.

D'autres pays ont déjà mis à exécution leur stratégie nationale dans le domaine quantique, et l'urgence est perceptible : il faut saisir l'occasion maintenant. En effet, les technologies quantiques représentent sans doute l'innovation la plus révolutionnaire dont le Canada pourrait se rendre maître mondialement durant la décennie qui vient.

Quantique Canada rassemble les principaux intervenants canadiens dans ce domaine – des chercheurs de diverses disciplines aux grandes entreprises, notamment les organisations qui bénéficient de fonds publics – afin d'en broser une vision cohérente pour les intérêts nationaux dans le domaine quantique et de faire en sorte que le Canada conserve et élargisse l'avantage dont il bénéficie présentement dans ce secteur émergent.

Quantique Canada est soutenu par le Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie (CRSNG), important organisme d'investissement et de rassemblement du milieu universitaire et organe de subventionnement majeur des partenariats scientifiques entre les universités et l'industrie; par l'Institut canadien

de recherches avancées (ICRA), qui appuie les réseaux internationaux de sommités scientifiques poursuivant de la recherche pure dans un éventail de domaines et qui compte depuis longtemps deux programmes en sciences quantiques; et par le Conseil national de recherches du Canada (CNRC), principal organe de recherche et de l'État.

Première grande réalisation, Quantique Canada proposera des recommandations envers une stratégie nationale dans le domaine quantique, qu'il rendra publique en septembre 2017.

Objectifs du sondage

Quantique Canada a lancé son sondage en septembre 2016. L'exercice visait les objectifs que voici :

- › identifier la R-D, les activités de défense et les efforts de commercialisation dans le domaine quantique actuellement poursuivis au pays;
- › préciser les forces, les faiblesses, les possibilités et les menaces de l'écosystème quantique canadien (infrastructure, ressources humaines, projets de normalisation, activités de défense, partenariats, grappes, efforts de commercialisation et moyens de financement).

«En tant que chercheur, j'ai besoin de fonds fédéraux pour embaucher les étudiants avec qui je travaillerai et assister à des colloques scientifiques. Comme enseignant, j'aimerais inculquer à mes élèves des compétences qui leur seront utiles. En tant que citoyen, je voudrais contribuer à une économie vigoureuse. Pour y arriver, j'ai surtout besoin que l'État finance la recherche et que les provinces soutiennent les universités. Cependant, il faut aussi que la R-D industrielle soit vigoureuse au Canada et que je puisse rencontrer les membres de l'industrie pour en apprendre davantage sur ce qu'ils font et sur la manière dont je peux les aider, avec mes élèves.»

- Un professeur d'université

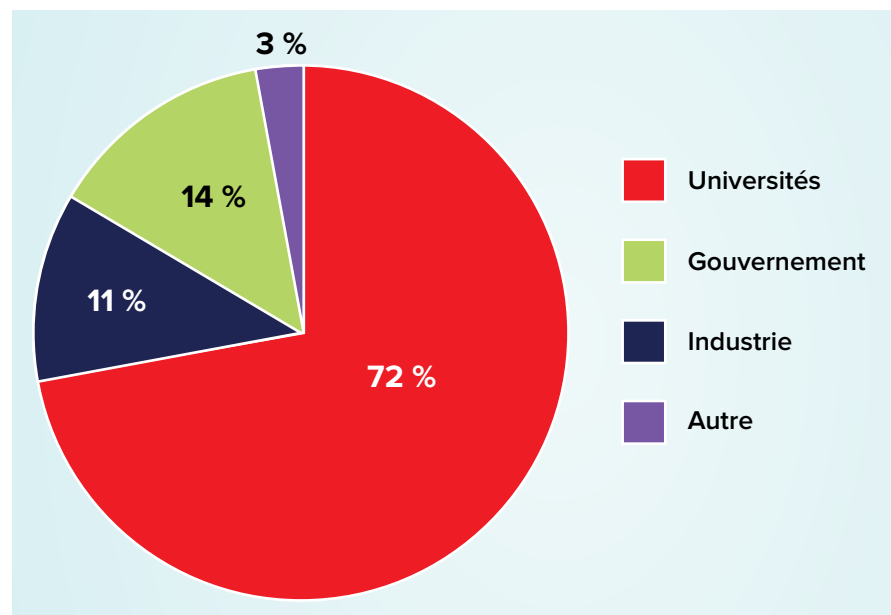


Figure 1 : Sondage de Quantique Canada – Type d'organisation à laquelle appartenait le répondant



Figure 2 : Sondage de Quantique Canada – Emplacement des répondants

Répondants

- › Les résultats du sondage présentés ci-dessous s'appuient sur les données recueillies auprès de plus de 350 personnes.
- › La majorité des participants étaient affiliés à une université. Venaient ensuite ceux appartenant à un ministère, puis les membres de l'industrie (figure 1), ce qui reflète sans doute la répartition actuelle de l'écosystème quantique.
- › Sur le plan géographique, les répondants étaient disséminés dans les principales agglomérations du Canada, signe que l'écosystème est dynamique et couvre le pays entier (figure 2).

RÉSULTATS

Priorités

Les participants ont été priés d'indiquer quels critères avaient la priorité lors du choix, de l'exécution ou du financement des activités en science quantique.

Ces priorités sont les suivantes :

- › Repousser les frontières de la science
- › Former du personnel hautement qualifié
- › Collaborer avec d'autres chercheurs
- › Publier dans des périodiques reconnus
- › S'aligner avec les sources de financement disponibles
- › Avoir un impact au Canada (innovation, création d'emplois)
- › Anticiper les futurs besoins technologiques
- › Commercialiser les technologies
- › Produire des revenus

Ressources

Les participants ont été priés d'indiquer la mesure dans laquelle ils dépendent de certaines sources de financement.

- › 82 % des répondants dépendent très fortement ou fortement de l'aide de l'État canadien.
- › 42 % dépendent très fortement ou fortement du financement des provinces.
- › 18 % dépendent très fortement ou fortement des subventions d'agences étrangères.
- › 7 % dépendent très fortement ou fortement du soutien des investisseurs.

Les participants ont été priés d'indiquer les principaux obstacles qui les empêchent d'atteindre leur but.

- › 59 % des répondants estiment qu'il est extrêmement difficile ou très difficile pour eux d'atteindre leurs buts dans le domaine quantique à cause du financement fédéral.
- › 60 % des répondants estiment qu'il est extrêmement difficile ou très difficile pour eux d'atteindre leurs buts dans le domaine quantique à cause du financement provincial.
- › 32 % des répondants estiment qu'il est extrêmement difficile ou très difficile pour eux d'atteindre leurs buts dans le domaine quantique à cause du recrutement de la main-d'œuvre qualifiée au Canada.

«Mettre en place les ressources et les conditions de recherche qui attireront les meilleurs éléments (étudiants des cycles supérieurs et post-doctorants) est toujours ardu. Faute de fonds au Canada, j'ai dû me tourner de plus en plus vers les É.-U. Conséquence : je collabore surtout avec des chercheurs de ce pays plutôt qu'avec mes collègues canadiens.»

- Un professeur d'université

«On doit bien saisir la nature multidisciplinaire des sciences et des technologies quantiques. Les technologies quantiques profitent de la recherche pure et dépendent lourdement des travaux d'ingénierie et de développement complexes sur les plateformes pertinentes. C'est pourquoi il est impérieux que le Canada continue de financer la recherche fondamentale dans les sciences de l'information quantiques tout en investissant dans les infrastructures nationales indispensables aux différentes plateformes de technologie quantiques.»

- Un chercheur

Recherche et développement de technologies dans les sciences quantiques

Les participants ont été priés de nommer les trois principales plateformes quantiques qu'ils utilisent dans le cadre de leurs travaux. Les plateformes mentionnées le plus souvent sont les suivantes :

- › Recherche pure ou de nature exploratoire
- › Détection, imagerie et métrologie quantiques
- › Création et développement de composants pour des applications quantiques
- › Communications et réseaux quantiques sécuritaires
- › Informatique et algorithmes quantiques
- › Étude de la nature des matériaux (modélisation, caractérisation)

Les participants ont été priés de nommer les trois principales plateformes quantiques qu'ils utilisent dans le cadre de leurs travaux. Les plateformes mentionnées le plus souvent sont les suivantes :

- › Photons
- › Microstructures et nanostructures électroniques
- › Atomes et molécules
- › Logiciels
- › Phonons et microstructures ou nanostructures photoniques

Les trois principaux domaines d'application

- › Détection, imagerie, métrologie quantique
- › Communications et réseaux quantiques sécuritaires
- › Informatique et algorithmes quantiques

Les participants ont été priés d'indiquer à quel niveau de maturité technologique (NMT) sont parvenus les projets quantiques sur lesquels travaille leur organisation. Le niveau de maturité technologique permet d'établir le stade de développement d'une technologie (de la recherche pure à l'exploitation d'une technologie qui a fait ses preuves). Voir figure 3.

Possibilités du domaine quantique

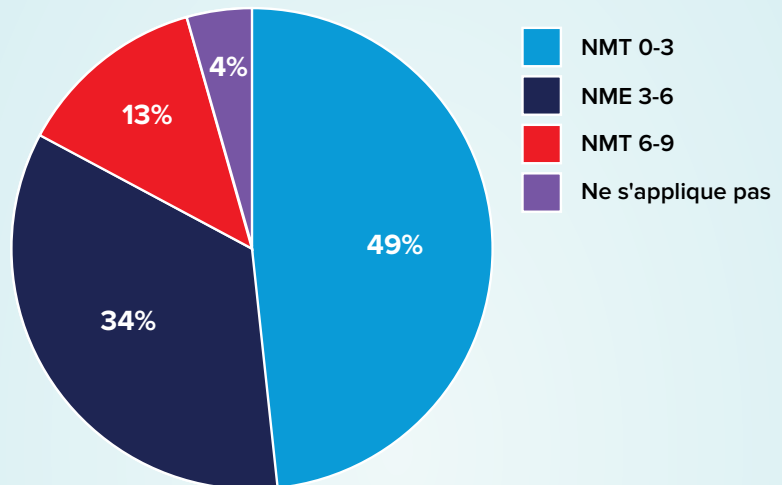
Les participants ont été priés d'indiquer l'importance de certains paramètres dans le succès commercial des technologies quantiques au Canada. Les facteurs les plus importants à cet égard sont les suivants :

- > Formation et recrutement de personnel hautement qualifié
- > Collaboration entre l'industrie et les universités au niveau de la R D
- > Développement de l'infrastructure nationale
- > Aide financière aux petites et moyennes entreprises (PME) et aux entreprises qui démarrent
- > Réseaux ou pôles nationaux en R-D quantique
- > Participation précoce de ceux qui adopteront et exploiteront les futures technologies
- > Projets phares nationaux ou projets de démonstration de technologies
- > Établissement de normes

Les participants ont été priés d'indiquer les secteurs qui seront les plus touchés par les technologies quantiques au cours des dix années à venir. Les principaux secteurs sont les suivants :

- > Technologies de l'information et des communications (TIC)
- > Défense et sécurité
- > Sciences de la santé et de la vie
- > Énergie, ressources naturelles et environnement

Niveau de maturité technologique



Selon les résultats, les technologies émergentes sont correctement réparties entre les NMT. L'analyse FFPM révèle toutefois des problèmes au niveau des liens entre les chercheurs, qui travaillent aux NMT inférieurs, et l'industrie, qui occupe les NMT supérieurs.

Figure 3 : Ventilation des technologies quantiques selon leur NMT

«Nous avons besoin d'une stratégie générale qui stabilisera les investissements, de la recherche pure à la commercialisation des applications, en passant par leur développement, et qui tiendra compte des objectifs à court comme à long terme. Pour les installations, on adoptera notamment une approche reposant sur le cycle de vie (planification, construction, exploitation et déclassement).»

- Un professeur de laboratoire national

«Le Canada a besoin de fonds suffisants, de domaines de recherche bien focalisés (très susceptibles de déboucher sur des capacités révolutionnaires) et de collaborations scientifiques avec des nations alliées et des organismes de défense aux visées similaires.»

- Un répondant de l'État canadien

L'ÉCOSYSTÈME QUANTIQUE CANADIEN – ANALYSE FFPM

Les participants ont été priés d'identifier les forces, les faiblesses, les possibilités et les menaces de l'écosystème quantique du Canada (analyse FFPM).

Forces	Faiblesses
Le Canada est renommé pour l'excellence de ses recherches en sciences.	Accès limité, complexe ou difficile aux structures de financement
Les chercheurs les plus éminents de la planète ont élu domicile au Canada. Milieu universitaire vigoureux.	Industrie peu encline à orienter la recherche et à accroître l'investissement privé
Infrastructure nationale /installations de recherche	Aucune prise de risque/aversion au risque
Forces historiques en cryptographie, TIC, photonique	Contact insuffisant entre les créateurs de technologies et ceux qui exploitent celles-ci ou qui éprouvent des difficultés
Liens avec le milieu international de la recherche	Méthodes de commercialisation floues
Coopération/collaboration de la collectivité	Écartement des centres d'excellence – collaboration difficile à cause de l'emplacement
Soutien du gouvernement/programmes d'investissement public existants	Aucune stratégie nationale; orientation vague; pas de vision à long terme
Possibilités	Menaces
Collaboration plus intense entre les chercheurs canadiens	Concurrence étrangère
Le Canada attire le personnel hautement qualifié et les enseignants universitaires. Recrutement plus facile d'experts et de chercheurs à l'étranger	Migration du personnel hautement qualifié canadien vers d'autres pays; érosion de l'expertise canadienne; exode des cerveaux
Nouvelles entreprises et entreprises dérivées issues des universités	Lenteur de la prise de décisions et de l'adoption des mesures
Leadership mondial	Peu de ressources et d'encouragement pour que les chercheurs lancent une entreprise
Formation du personnel hautement qualifié et des technologistes de la prochaine génération	Lourdeur de l'administration et multiplicité des rapports pour les chercheurs
Adoption des nouvelles technologies/capacités de défense par l'armée	Pas de priorités stratégiques
Création de composants pour les multinationales	Politiques d'immigration applicables au personnel hautement qualifié et aux étudiants de l'étranger

THÈMES ÉMERGENTS

Personnel hautement qualifié

La formation et le recrutement de personnel hautement qualifié sont une priorité absolue lors de la sélection, de la poursuite ou du financement des activités dans les sciences quantiques. Pour le Canada, il s'agit aussi de la meilleure chance que les technologies quantiques remportent un succès commercial. Actuellement, notre pays est perçu comme une destination intéressante, où se concentrent les meilleurs chercheurs et installations du monde.

Toutefois, les permis de travail, les visas d'étudiant et les droits de scolarité que doivent payer les étudiants de l'étranger peuvent être source de tracas. On estime que les processus d'immigration entravent l'arrivée du personnel hautement qualifié. Les entreprises canadiennes ont du mal à offrir un traitement concurrentiel aux doctorants, tandis que les meilleurs éléments du Canada sont recrutés par les sociétés étrangères concurrentes. Les chercheurs canadiens éprouvent de la difficulté à obtenir les fonds dont ils ont besoin au pays, si bien qu'ils se tournent vers les

organismes de l'étranger pour qu'ils subventionnent leurs travaux. Ce faisant, ils doivent se plier aux priorités de recherche dictées par d'autres pays, qui profitent ainsi des ressources canadiennes.

Nécessité d'une cohérence et d'une vision nationales

Les participants venaient d'universités, de ministères et d'entreprises du Canada. Malgré une excellence indéniable en sciences et l'enthousiasme général que soulèvent les possibilités dans le domaine quantique, les intérêts du Canada en la matière ne font l'objet d'aucune vision claire. Les répondants estiment que l'absence d'orientation nationale affaiblit l'écosystème quantique actuel au pays, et que la concurrence internationale demeure la principale menace. En outre, 44 pour cent des répondants jugent la «concurrence étrangère» extrêmement préoccupante ou croient qu'elle nuit nettement à la réalisation de leurs objectifs dans les sciences quantiques.

Les répondants pensent que la création «d'un réseau ou d'un pôle national de R-D en sciences quantiques» jouera un rôle crucial dans l'essor des technologies quantiques au Canada. Un

«réseau national ou un programme phare» figure aussi parmi les facteurs importants.

La collectivité ne réclame pas seulement une stratégie nationale qui résoudrait les problèmes, comblerait les lacunes et contrerait la menace de la concurrence étrangère, elle souhaite aussi un moyen qui permettrait d'améliorer la collaboration et ferait en sorte qu'on exploite pleinement l'excellence en science d'un bout à l'autre du pays.

Financement

La plupart des chercheurs comptent sur l'État fédéral et les provinces pour financer leurs travaux, mais selon eux, l'accès à ces fonds est une véritable course à obstacles.

Au Canada, le financement de la R-D dans les sciences quantiques se concentre largement dans quelques établissements. Au cours des deux dernières années, le Fonds d'excellence en recherche Apogée Canada (FERAC), programme régi par les trois conseils subventionnaires fédéraux, a alloué 200 millions de dollars à l'Université de Sherbrooke, à l'Université de la Colombie-Britannique et à l'Université de Waterloo pour faire progresser la recherche dans les sciences, les matériaux et les technologies quantiques.

Il faut varier la nature du financement. La plupart des chercheurs disent avoir besoin de ressources humaines (étudiants, post-doctorants). Selon eux, les tracasseries administratives liées aux demandes de fonds sont également problématiques, et les mécanismes en usage au Canada sont plus laborieux qu'aux États-Unis ou en Europe. Le manque de fonds incite les chercheurs à solliciter des subventions aux organismes étrangers, de sorte que les autres pays attirent et obtiennent des ressources canadiennes qu'ils utilisent à leurs fins.

Les participants martèlent que les fonds doivent être répartis de façon stratégique, de la recherche pure au

«Le Canada doit multiplier ses efforts pour recruter plus d'éléments talentueux, pour miser davantage sur la découverte et la science, et pour donner une plus grande place aux scientifiques et à leurs travaux sur la scène publique. Nous devons faire connaître et illustrer davantage le programme en science quantique canadien, ici et à l'étranger. Il faut mieux harmoniser les efforts sur les plans national et international avec le concours du milieu universitaire. Ainsi, le Canada retrouvera vite sa réputation de leader mondial dans les institutions de recherche et attirera plus de talents locaux et internationaux.»

- Un chercheur du gouvernement fédéral

«Le Canada doit compter avec la concurrence mondiale, car les sciences quantiques bénéficient de programmes très robustes en Australie, au Royaume-Uni, dans certains pays de la Communauté européenne et aux É.-U.»

- Un membre de l'industrie

soutien financier des jeunes entreprises et des PME. On estime aussi que le financement doit favoriser la collaboration entre les chercheurs canadiens, de manière à accroître l'impact des innovations au Canada.

Collaboration en R-D

Les chercheurs attachent de la valeur à la collaboration, et les occasions de collaborer figurent haut sur la liste des paramètres appliqués pour sélectionner un projet de recherche. Bien que le milieu de la recherche soit généralement tissé très serré, les possibilités de collaboration demeurent limitées en raison de la distance qui sépare les centres d'excellence et de priorités contradictoires au niveau du financement.

Une meilleure collaboration est un facteur déterminant pour l'innovation et pour que les technologies quantiques remportent un succès commercial. D'autres facteurs comprennent «les projets d'un programme phare national ou les projets de démonstration de technologies» ainsi que «des réseaux ou pôles de R-D nationaux dans les sciences quantiques.» Quatre types de collaboration pourraient être approfondis.

1. Collaboration en R-D dans le milieu universitaire canadien

- › Le milieu de la R-D est vigoureux et dynamique partout au pays.
- › Quantique Works n'est plus le réseau national des sciences quantiques.
- › On a besoin d'un mécanisme pour établir une orientation stratégique et soutenir financièrement les collaborations.

Pour mieux réussir, j'ai besoin de fonds et d'une solide collaboration avec les universités, car cela me permettrait de créer des produits lucratifs. Il s'agit d'un domaine fantastique au potentiel incroyable. L'objectif consiste à développer des produits dont on se servira dans ce domaine – du moins, c'est celui de mon entreprise.»

- Un participant de l'industrie

«La réussite se juge de manière tout à fait personnelle en ce qui me concerne, mais la société a besoin d'un point de vue impartial, juste et cohérent pour comprendre ce que le Canada cherche dans les technologies quantiques. S'il est facile de dépenser, il est beaucoup plus important d'établir comment le faire, quand et qui fera quoi.»

- Un chercheur

«Pour mieux réussir, j'ai besoin de fonds et d'une solide collaboration avec les universités, car cela me permettrait de créer des produits lucratifs. Il s'agit d'un domaine fantastique au potentiel incroyable. L'objectif consiste à développer des produits dont on se servira dans ce domaine – du moins, c'est celui de mon entreprise.»

- Un participant de l'industrie

- › Le CRSNG et l'ICRA faciliteraient le regroupement du milieu universitaire.

2. Collaboration en R-D avec les utilisateurs précoces du secteur de la défense et du gouvernement

- › La technologie intéresse beaucoup RDDC, le CSTC et la CSA, qui n'hésitent pas à garder contact avec le milieu de la recherche.
- › Le CNRC sert de catalyseur entre le milieu de la recherche et les utilisateurs du gouvernement.

3. Collaboration en R-D avec l'industrie

- › Les futurs utilisateurs commencent à investir en technologies quantiques (par ex., institutions bancaires,

secteurs de l'énergie/de l'environnement/des ressources, médecine), mais ils ne savent à qui s'adresser.

- › Mécanisme requis pour rapprocher les développeurs de technologies des utilisateurs éventuels, pour financer la R D, pour améliorer la communication, pour mieux saisir les besoins à venir et pour rehausser le transfert des technologies.
- › Le CRSNG œuvre actuellement avec 3 600 compagnies qui elles, contribuent 200 millions de dollars par année.

4. Collaboration en R-D avec d'autres pays

- › L'ICRA est bien placé pour dispenser des conseils sur les meilleurs moyens de favoriser l'engagement.
- › La menace de la concurrence étrangère pourrait être partiellement contrée si on multipliait les collaborations internationales et permettait aux chercheurs canadiens d'accéder à de nouvelles plateformes qui feront avancer leurs travaux pour des résultats mutuellement bénéfiques.

Pour de plus amples renseignements, veuillez contacter :

QuantumCanada@nrc-cnrc.gc.ca