



CHAMBRE DES COMMUNES
HOUSE OF COMMONS
CANADA

44^e LÉGISLATURE, 1^{re} SESSION

Comité permanent de l'industrie et de la technologie

TÉMOIGNAGES

NUMÉRO 016

Le mardi 5 avril 2022

Président : M. Joël Lightbound



Comité permanent de l'industrie et de la technologie

Le mardi 5 avril 2022

• (1530)

[Français]

Le président (M. Joël Lightbound (Louis-Hébert, Lib.)):
Bonjour à toutes et à tous.

Je déclare la séance ouverte.

Pour commencer, je remercie les témoins qui se joignent à nous par l'application Zoom.

Je vous souhaite la bienvenue à la seizième réunion du Comité permanent de l'industrie et de la technologie.

Conformément à l'article 108(2) du Règlement et à la motion adoptée par le Comité le 1^{er} mars 2022, le Comité se réunit pour étudier la question de l'informatique quantique.

La réunion d'aujourd'hui se déroule sous forme hybride, conformément à l'ordre adopté à la Chambre le jeudi 25 novembre 2021. Les députés peuvent participer à la réunion en personne ou par l'application Zoom. Je demande à celles et à ceux qui assistent à la réunion en personne de se conformer aux règles sanitaires en vigueur.

Avant d'entendre les témoins qui sont ici aujourd'hui, j'aimerais simplement régler une petite question relativement aux affaires du Comité.

Nous devons adopter deux budgets. L'un concerne notre étude sur l'informatique quantique et l'autre concerne notre étude sur les minerais critiques. Cela permettra au greffier d'engager les dépenses.

Ai-je le consentement unanime des membres du Comité pour approuver les deux budgets?

Je vois que tous les membres du Comité sont d'accord.

Sans plus tarder, je vous présente donc les témoins.

Nous recevons M. Gilles Brassard, professeur titulaire au Département d'informatique et de recherche opérationnelle de l'Université de Montréal; Mme Shohini Ghose, professeure à l'Université Wilfrid Laurier; Mme Kimberley Hall, professeure de physique au Département de physique et des sciences de l'atmosphère de l'Université Dalhousie; M. Jaron Chong, président du Comité permanent sur l'intelligence artificielle de l'Association canadienne des radiologistes; Mme Marie-Pierre Ippersiel, présidente-directrice générale de PRIMA Québec; et M. Olivier Gagnon-Gordillo, directeur exécutif de Québec Quantique.

Je remercie tous les témoins d'être avec nous aujourd'hui.

Monsieur Brassard, vous avez la parole pour cinq ou six minutes.

M. Gilles Brassard (professeur titulaire, Département d'informatique et de recherche opérationnelle, Université de Montréal, à titre personnel): Je vous remercie, monsieur le président.

Bonjour, tout le monde.

Est-il préférable que je m'exprime en anglais?

Le président: Monsieur Brassard, l'interprétation est offerte dans les deux langues officielles. Sentez-vous donc bien libre de parler dans la langue de Molière ou dans celle de Shakespeare.

M. Gilles Brassard: C'est parfait.

Je m'appelle Gilles Brassard. Je suis professeur au Département d'informatique et de recherche opérationnelle, à l'Université de Montréal.

[Traduction]

Permettez-moi de vous faire part de mon parcours professionnel pour que vous en sachiez un peu à mon sujet. J'ai commencé à m'intéresser à l'informatique quantique, ou *quantum information*, vers la fin des années 1970. Je suis donc la première personne au Canada à avoir travaillé dans ce domaine. Avec Charles Bennett, de IBM, j'ai inventé la cryptographie quantique au début des années 1980, ainsi que la téléportation quantique.

Cela étant dit, je considère que l'informatique quantique, ou *quantum information*, devrait constituer une priorité pour le gouvernement sur les plans du financement et de R-D. Le Canada a là une occasion en or de demeurer un chef de file. Je le répète: je collaborais déjà avec Charlie Bennett alors qu'il n'y avait essentiellement personne d'autre qui effectuait ce genre de recherche dans le monde. D'entrée de jeu, donc, le Canada était un chef de file dans cette discipline.

Je veux vous expliquer pourquoi il est crucial de développer l'informatique quantique dans toutes ses manifestations. D'abord, l'informatique quantique constitue une menace gravissime à la sécurité. Je suis convaincu que vous l'avez déjà entendu, mais je le répéterai: quand les ordinateurs quantiques auront été construits et que nous disposerons enfin d'un ordinateur quantique en bonne et due forme au lieu des jouets qui existent actuellement... Ce sont des réussites technologiques formidables, mais pour l'instant, ils ne font rien de plus que ce que feraient des ordinateurs classiques. Une fois que nous disposerons d'ordinateurs quantiques en bonne et due forme, toutefois, tous les dispositifs de sécurité sur lesquels repose Internet — pas seulement Internet, mais essentiellement toute l'infrastructure cryptographique dont nous dépendons — s'effondreront en raison d'un algorithme inventé par Peter Shor qui décrypte essentiellement toute la cryptographie utilisée actuellement sur Internet.

Permettez-moi d'être plus précis au sujet de l'établissement de clé. Une fois qu'une clé est établie, elle est utilisée dans un nombre toujours croissant de systèmes traditionnels. Ce ne sont pas tant ces derniers que la clé qui est menacée. Si cette menace est si grave, c'est que dès que cela se produira, ce n'est pas qu'il ne sera plus possible de communiquer de manière sécuritaire: c'est que toutes les communications antérieures deviendront vulnérables, car rien n'arrête ce que nous appelons la stratégie « recueillons l'information et décryptons-la ensuite », laquelle consiste à recueillir et à entreposer toute l'information sur Internet, même si elle ne peut pas encore être décryptée, et à la décrypter rétroactivement une fois qu'on dispose d'un ordinateur quantique. Autrement dit, tout ce qui a été envoyé sur Internet essentiellement depuis le début des temps deviendra un livre ouvert quand un ordinateur quantique existera. Il est donc inutile de tenter de protéger le passé. Il est fini à jamais; oublions-le. Par contre, nous pouvons encore espérer protéger l'avenir, mais ce n'est que si nous réalisons l'importance des communications sécuritaires quantiques que nous y parviendrons.

Nous pouvons procéder de deux manières. La première consiste à utiliser la cryptographie ordinaire classique en espérant qu'elle résistera à l'informatique quantique, ce que nous ne réussirons jamais à prouver. Tout ce que nous savons, c'est que les systèmes que nous utilisons actuellement sont vulnérables. Certains systèmes en développement pourraient être sécuritaires, mais nous ne pourrions jamais le prouver.

Nous pouvons également utiliser la cryptographie quantique. Bien entendu, je m'y intéresse vivement, puisque je l'ai inventée, mais je n'ai aucun intérêt commercial à cet égard. En cryptographie quantique, on utilise la physique plutôt que les mathématiques pour protéger l'information d'une manière inconditionnellement sécuritaire et prouvable, peu importe la puissance et la technologie de pointe dont dispose l'intercepteur. La cryptographie quantique est sûre même contre un ordinateur quantique et devrait être envisagée très sérieusement.

La Chine est en train de déployer un réseau de cryptographie à grande échelle et dispose déjà d'un réseau reliant Pékin à Shanghai, qu'elle utilise déjà réellement grâce à un satellite qu'elle a lancé pour mener des expériences avec la cryptographie quantique spatiale à longue distance. La Chine considère la cryptographie quantique très sérieusement. Il existe un réseau semblable, mais de moindre envergure, en Europe. Cette technologie est bien moins répandue en Amérique du Nord et existe à peine aux États-Unis. Je pense que le Canada devrait reprendre la tête dans ce domaine afin de sécuriser les communications, car notre société en a besoin.

Les ordinateurs quantiques peuvent également servir à de nobles fins en accomplissant toutes sortes de merveilles — sur le plan de la mise au point de nouveaux médicaments, par exemple —, mais c'est une autre histoire.

Mon temps est écoulé. Je m'arrêterai donc là.

• (1535)

[Français]

Le président: Je vous remercie beaucoup, monsieur Brassard.

Madame Ghose, vous avez maintenant la parole.

[Traduction]

Mme Shohini Ghose (professeure, Wilfrid Laurier University, à titre personnel): Je vous remercie, monsieur le président.

Je m'appelle Shohini Ghose, et toute ma vie, j'ai été dévorée par une curiosité insatiable sur la manière dont l'univers fonctionne. Dans mon bureau, j'ai disposé une affiche indiquant: « Il n'existe pas de remède à la curiosité. » Cette curiosité m'a inmanquablement menée dans l'étrange monde des sciences quantiques, et maintenant, en qualité de professeure de physique et d'informatique à l'Université Wilfrid Laurier, je dirige une équipe de recherche diversifiée qui explore l'informatique quantique. Je rêve à la téléportation — que je remercie M. Brassard d'avoir inventée — et à la manière dont elle peut être utilisée dans un futur Internet quantique. Je me sens réellement comme dans *Alice au pays des merveilles*.

Mon équipe a été la première à observer une connexion entre la théorie du chaos et l'intrication quantique. C'est un phénomène appelé « effet papillon quantique ». Je suis également collaboratrice émérite TED, ce qui me donne accès à une plateforme mondiale. Si vous avez 10 minutes de libres, je vous invite à regarder ma conférence TED sur l'informatique quantique, qui est la plus regardée dans le domaine.

Je suis un bon exemple de Canadienne connectée à l'écosystème quantique en action. Même si je ne travaille pas dans une grande université de recherche, je collabore avec des chercheurs à l'œuvre dans les centres de recherche quantique de Calgary et de Waterloo, ainsi qu'avec des collègues de l'Université Ryerson et de l'industrie.

Mes collègues chercheurs vous ont déjà donné un aperçu du potentiel colossal des technologies quantiques dans un éventail de secteurs. Ces technologies présentent des occasions, mais aussi des défis au Canada. La question la plus pressante, comme vous l'avez déjà entendu, est celle de la sécurité des données, dont nous parlerons certainement pendant la période de questions. Pour l'instant, je voudrais traiter principalement de trois domaines, soit ceux de l'éducation, de la collaboration et de la communication.

En ce qui concerne l'éducation, même si tous les détenteurs d'une majeure en physique du Canada choisissaient de faire carrière en informatique quantique, ils ne combleraient probablement pas les besoins futurs en main-d'œuvre du secteur. Il est donc essentiel de développer le talent dans des domaines adjacents. Il n'est nul besoin de détenir un doctorat en physique pour travailler en technologie quantique. En fait, l'informatique quantique se situe à la croisée de la physique, de l'informatique, des mathématiques, de la chimie, du génie et même de la biologie. Par exemple, depuis une décennie, je donne un cours de premier cycle très populaire sur l'informatique quantique offert à tous ceux qui font une majeure en sciences. Il n'est pas nécessaire de posséder préalablement des connaissances en mécanique quantique. Des cours semblables sont maintenant offerts dans d'autres établissements.

Il faut déployer un effort structuré pour élaborer un programme d'enseignement multidisciplinaire unique qui offre plusieurs cheminement de carrière en informatique quantique. Cela pourrait rendre la main-d'œuvre canadienne souple et attirer les meilleurs talents d'ailleurs. Ce genre d'effort pourrait rapporter des dividendes, qu'une technologie quantique donnée réussisse ou échoue.

En outre, il existe un immense bassin de talents inexploité ici même, au Canada, et dans le monde. Les femmes, les minorités de genre et les personnes de couleur restent sous-représentées dans les disciplines scientifiques, particulièrement en physique, où les femmes ne constituent qu'un cinquième du corps étudiant. En outre, on n'a recensé aucune enseignante noire ou autochtone en physique au Canada.

Je suis titulaire d'une des cinq chaires de recherche du Canada destinées aux femmes en sciences et en génie financées par le Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada, et les cinq titulaires travaillent ensemble pour accroître la participation des femmes dans les domaines des sciences, de la technologie, du génie et des mathématiques. Je suis aussi la première représentante canadienne à faire partie du groupe de travail sur les femmes en physique de l'Union internationale de physique pure et appliquée, laquelle a ratifié la charte en matière de diversité et d'inclusion de Waterloo, lancée ici, au Canada. En 2019, j'ai été la première personne de couleur à présider l'Association canadienne des physiciens, et je m'emploie à rendre le milieu de la physique plus diversifié et plus inclusif au Canada.

Je suis convaincue que la révolution quantique offre au Canada une occasion sans pareille d'être un chef de file afin d'accroître l'excellence grâce à l'inclusion dans ce secteur. Nous savons comment former une communauté au Canada et nous pouvons montrer au monde comment le faire. Cela rapporterait également des dividendes, peu importe la technologie quantique dont il est question. En outre, on parle de plus en plus de l'éthique dans le domaine de l'intelligence artificielle, mais à peine dans celui des technologies quantiques. Il me semble y avoir là une lacune importante qu'il faut combler.

J'ajouterais qu'il est difficile de prédire où une nouvelle technologie sera utilisée et qu'elles seront les nouvelles applications. Voilà pourquoi un écosystème quantique doit comprendre non seulement des ingénieurs en matériel informatique et en logiciels, mais aussi des experts de la santé, des finances, de l'énergie et de l'éthique afin d'établir les besoins de l'industrie et trouver des solutions quantiques réalistes. L'expertise et la formation interdisciplinaires seront essentielles.

En terminant, je ferais remarquer que l'informatique quantique suscite un vif intérêt, un grand enthousiasme et une soif de savoir au sein de la population. L'institut Perimeter de Waterloo, avec lequel je suis affiliée, a offert de nombreuses conférences sur le sujet, et les places se sont toutes envolées en quelques instants. Mes propres exposés en ligne sur les technologies quantiques ont été vus plus de cinq millions de fois.

• (1540)

Maintenant plus que jamais, la culture scientifique et la mobilisation de la population jouent un rôle clé dans le futur progrès sociétal. Les scientifiques quantiques canadiens sont déjà considérés comme des chefs de file et peuvent donc jouer un rôle de premier plan en inspirant des esprits curieux.

On dit qu'on meurt de curiosité, mais la véritable curiosité ne s'éteint jamais.

Je vous remercie.

• (1545)

Le président: Je vous remercie beaucoup, madame.

Nous entendrons maintenant Mme Hall, qui dispose de cinq minutes.

Mme Kimberley Hall (professeure de physique, Département de physique et des sciences de l'atmosphère, Dalhousie University, à titre personnel): Il sera difficile de faire suite à un tel exposé.

Je m'appelle Kimberly Hall et suis professeure de physique à l'Université Dalhousie depuis 18 ans. Au cours de ma carrière, mes recherches ont porté sur divers domaines de la technologie quantique, qu'il s'agisse de l'électronique basée sur le spin, de la spectroscopie quantique des matériaux énergétiques ou du développement de ce qui s'appelle les émetteurs quantiques.

Dans mon groupe, nous utilisons des lasers spécialisés — des impulsions lasers très courtes que nous concevons — pour étudier la manière de contrôler ces systèmes de façon optimale quand nous les appliquons, par exemple, à l'initialisation de l'état quantique ou à la simulation quantique en effectuant un contrôle optique de systèmes qubits avec semi-conducteurs à l'état solide.

J'ai bénéficié des investissements substantiels que le Canada a initialement effectués dans le domaine quantique, au titre du Programme des subventions à la découverte, de la Fondation canadienne pour l'innovation et des chaires de recherche du Canada, par exemple. J'ai collaboré avec l'industrie dans le cadre de contrats accordés par l'entremise de programmes de compensation avec Lockheed Martin et Rockwell Collins. Un de mes étudiants diplômés a lancé une entreprise il y a plusieurs années pour appliquer certaines des données quantiques que nous avons recueillies sur la technologie des cellules solaires.

Je viens de l'Université Dalhousie, qui fait partie du Regroupement des universités de recherche du Canada. Elle se démarque dans des domaines comme les sciences océaniques et la génération et le stockage d'énergie, mais dans le domaine quantique, elle a beaucoup de chemin à faire. Je figure parmi les trois seuls membres de la faculté qui étudient ce domaine. Les deux autres — Peter Selinger et Julien Ross — travaillent au développement d'algorithmes quantiques, soit dans un domaine très différent du mien. Avec MM. Selinger et Ross, je suis un exemple du très grand nombre de chercheurs quantiques du Canada qui font figure de chefs de file mondiaux dans leurs domaines, mais qui ne travaillent pas dans l'un des trois principaux établissements œuvrant dans le domaine quantique canadien.

Il s'est déjà dit à maintes reprises que le rôle le plus important de la stratégie consiste à soutenir l'ensemble de l'écosystème quantique. Pour ce faire, nous devons garder à l'esprit que la recherche fondamentale et l'innovation commerciale sont liées beaucoup plus étroitement dans le domaine quantique que dans tout autre secteur, et ce, parce que les applications se développent au même rythme que la compréhension des principes physiques qui les sous-tendent. Des entreprises sont fondées autour de concepts prometteurs, mais qui ne sont pas encore bien définis dans certains cas et qui évoluent fondamentalement à mesure que la science évolue.

En finançant cet écosystème, il est essentiel de soutenir la collaboration entre le milieu universitaire et les secteurs industriels. Un grand nombre de domaines cruciaux de la science quantique recèle un grand potentiel d'innovation future, mais la recherche n'en est pas encore rendue à une étape permettant d'établir des liens directs avec l'industrie. Ces liens doivent être soutenus également.

Je vous donnerai un exemple. En collaboration avec des groupes des quatre coins du monde, nous sommes en train de découvrir et de développer de nouveaux matériaux bidimensionnels. Il s'agit de couches atomiques simples d'un matériau qui, une fois simplement étendu en très mince couche sur un minuscule pilier, crée ce qui s'appelle un émetteur quantique. C'est une source de photons uniques, lesquels sont essentiels dans de nombreux domaines de la technologie quantique. Ce qui est intéressant, c'est qu'on peut déposer cette couche d'atomes en utilisant quelque chose qui ressemble beaucoup à du ruban adhésif. Nous pouvons ainsi créer tout un circuit photonique en utilisant la technologie dont nous disposons maintenant et introduire des fonctions quantiques simplement en retirant et en appliquant ces couches.

Il pourrait s'agir d'une étape cruciale nécessaire pour porter les circuits photoniques quantiques à l'étape commerciale, mais pour le moment, nous retirons et appliquons simplement divers genres de matériaux pour la première fois en tentant de comprendre pourquoi ces émetteurs se forment. Voilà un exemple de technologie qui est fort prometteuse, mais qui n'est manifestement pas prête à être utilisée dans une entreprise.

Je veux également faire remarquer que plus il y aura d'excellents scientifiques et chercheurs qui s'intéressent à ce domaine au Canada, plus il se créera d'idées, d'entreprises et de produits formidables au pays. Deux têtes valent mieux qu'une, et nous avons besoin de beaucoup plus que deux têtes. Les excellentes idées peuvent jaillir de partout au pays, d'établissements de toute taille ou de personnes appartenant à un éventail de cultures et de groupes visible-ment distincts différents. Un écosystème quantique sain doit reposer sur une large assise afin de nous préparer aux 20 prochaines années d'innovation, et le financement doit soutenir cette assise.

À cet égard, il est vrai que notre pays investit moins que d'autres dans le domaine quantique. Il a donc beaucoup été question du besoin de dépenser les fonds de manière stratégique lors de vos séances. Peu importe les sommes que vous accorderez au début, vous devrez en réserver une partie pour soutenir la large assise, à défaut de quoi l'écosystème ne sera pas sain et nous y perdrons tous au change à long terme.

Nous devons faire mieux que cela. La clé consiste à lancer des concours publics fondés sur l'excellence et à éviter les obstacles artificiels que peut engendrer la structure du programme de financement que nous choisissons. Par exemple, je pense que l'ajout d'un volet en matière de technologie quantique au Programme des subventions à la découverte permettrait de mobiliser d'excellents chercheurs dans un éventail beaucoup plus large de contextes que certains autres programmes qui ont été explicitement proposés dans la stratégie. Cet ajout accroîtrait également le nombre d'étudiants en science quantique. Les programmes Défi du Conseil national de recherches sont également excellents.

Enfin, je voulais dire qu'il est formidable que vous teniez ces séances et que vous ayez tous l'occasion de partager ce que vous apprenez avec vos électeurs.

• (1550)

Il est crucial que le public, à défaut de comprendre comment la technologie quantique fonctionne, comprenne au moins pourquoi il importe d'investir dans ce domaine. Ce n'est pas facile, car les gens pensent qu'ils disposent déjà d'ordinateurs rapides. Le temps d'expliquer ce qu'est un problème NP-dur, bon nombre de ceux qui ne s'intéressent pas aux mathématiques et aux sciences ont perdu l'in-

térêt. Il est beaucoup plus facile de se rappeler des exemples comme ceux des capteurs de champ magnétique — grâce auxquels on n'aura pas à entrer dans une chambre étouffante qui occupe la moitié d'une pièce et qui consomme beaucoup d'énergie lors d'un examen d'imagerie par résonance magnétique —, des capteurs gravitationnels qui permettront de voir si un pont est bloqué sans devoir creuser le sol, ou des capteurs photoniques qui permettront de voir derrière les coins.

Nous savons tous que c'est pour des raisons de sécurité nationale et non pour ces autres applications que des sommes substantielles sont investies dans ce domaine, mais ce n'est pas le principal intérêt quand vient le temps de faire de la sensibilisation. Le fait est que peu importe les mots que vous choisissez pour décrire la valeur de la technologie quantique, semez-les à tout vent.

Le président: Je vous remercie, madame Hall.

Nous accorderons maintenant la parole à M. Chong pour cinq minutes.

M. Jaron Chong (président, Comité permanent sur l'intelligence artificielle, Association canadienne des radiologistes): Merci beaucoup.

Monsieur le président, mesdames et messieurs les membres du Comité et collègues témoins, je suis M. Jaron Chong. Je suis le président du Comité permanent sur l'intelligence artificielle de l'Association canadienne des radiologistes. Je suis également professeur adjoint de radiologie à l'Université Western, ici à London, en Ontario, et j'oeuvre dans les services d'imagerie corporelle à l'hôpital Victoria.

L'ACR représente les radiologistes canadiens, soit près de 2 900 membres qui offrent des services d'imagerie médicale à des millions de patients de partout au Canada. La radiologie est au premier plan de l'innovation technologique en médecine et repose beaucoup sur les contributions et la mise au point de technologies de pointe pour améliorer les soins aux patients.

Ces percées dans le secteur de la technologie et de la recherche en imagerie ont donné lieu à une croissance quasi exponentielle des données d'imagerie au cours des dernières décennies, qui ont ensuite été appliquées aux questions et aux flux de travail dans le domaine des soins de santé, et en particulier dans le domaine de l'intelligence artificielle plus récemment.

En 2017, l'ACR a mis sur pied un comité permanent sur l'intelligence artificielle pour délibérer sur les pratiques, les politiques et les enjeux relatifs aux soins aux patients en lien avec la mise en œuvre de l'intelligence artificielle dans l'imagerie médicale. Grâce à une série de livres blancs très cités, à des contributions à des tribunes scientifiques et à l'engagement auprès des décideurs politiques au Canada et à l'étranger, l'ACR a été un chef de file dans la conversation internationale sur l'intelligence artificielle.

En disant tout cela, je prends conscience que c'est une séance sur l'informatique quantique, et je ne suis pas un expert en mécanique ou en informatique. Ce que je représente, toutefois, c'est ce que nous espérons sera l'une des applications finales de l'informatique quantique, en particulier en ce qui concerne l'intelligence artificielle, pour contribuer à optimiser les soins de santé et l'imagerie médicale.

Du point de vue des soins de santé, l'informatique quantique ne résoudra pas forcément de nouvelles catégories de problèmes qui ne sont pas actuellement résolus par l'informatique conventionnelle, mais elle peut considérablement accélérer la vitesse de calcul de nos projets de formation et de nos expériences les plus NP-difficiles à résoudre, et élargir considérablement la taille et la portée des problèmes cliniques auxquels nous nous attaquons. En fait, nous constatons que le calcul numérique conventionnel et le calcul quantique sont mutuellement complémentaires et coexisteront presque certainement pendant très longtemps.

Cependant, ce qui nous enthousiasme le plus, c'est que nous prévoyons que la vitesse à laquelle nous pouvons former des algorithmes s'améliorera par ordre de grandeur. Imaginez la formation d'un réseau neuronal pour détecter un cancer du poumon sur une tomodensitométrie en quelques minutes au lieu de quelques jours à quelques mois, ou — comme on l'a mentionné précédemment — la mise au point d'une nouvelle molécule de chimiothérapie pour une production de masse en simulation, plutôt que de réaliser des expériences en laboratoire pendant des années et des années.

S'il y a une leçon que la radiologie a tirée de l'intelligence artificielle au cours des cinq dernières années, c'est que le calcul et les algorithmes peuvent changer d'année en année et de semaine en semaine. Toutefois, les ensembles de données utilisés pour former ces algorithmes constituent un investissement à beaucoup plus long terme, si bien que la conservation minutieuse des ensembles de données est restée utile de 2017 à 2022 et au-delà.

Que vous pensiez à l'informatique conventionnelle ou quantique, la quantité de données triées et étiquetées exploitées pour optimiser tous ces résultats pour les patients, garantir des soins appropriés et améliorer l'efficacité de l'ensemble du système est une métaphore du type « à données inexactes, résultats erronés ». Nos travaux actuels en matière d'intelligence artificielle sont parfois davantage entravés par le temps qu'il faut pour épurer et traiter de bonnes données que par la capacité de calcul. Je vais faire une métaphore: une voiture plus rapide ne vous permet pas d'arriver à destination plus rapidement si vos routes sont toujours pleines de nids-de-poule.

Ce sur quoi nous devons nous interroger dès maintenant, ce sont les politiques à long terme et les investissements dans de meilleures données qui permettront au Canada d'être créatif, compétent et compétitif pour répondre aux besoins de demain en matière d'intelligence artificielle dans le domaine de la santé, ainsi que pour l'intelligence artificielle quantique.

Nous estimons que, lors de la dernière révolution de l'intelligence artificielle, les investissements dans les centres d'excellence et les sciences fondamentales ont permis au Canada de jouer un rôle de chef de file international qui était largement disproportionné par rapport à notre taille et à notre population. Le véritable défi consiste à maintenir notre avantage concurrentiel et à conserver les bénéfices de nos investissements à court terme de manière cyclique, mais les avantages en aval de ces investissements étaient souvent difficiles à réaliser pleinement pour les Canadiens à l'échelle de la population à long terme.

D'un point de vue des soins de santé, nous devons accepter la probabilité très réaliste que la majorité des applications de l'intelligence artificielle dans les soins de santé utilisées pour les patients canadiens n'aient pas été élaborées ou formées à partir de données canadiennes. Le cas échéant, sommes-nous prêts à accepter les conséquences de l'importation de distorsions favorables, l'échec de la performance ou de la généralisation, ou même l'importance éco-

nomique de l'importation et non pas uniquement de l'exportation des applications?

Dans un contexte d'informatique post-quantique, on pourrait s'attendre à ce que les forces et les faiblesses de l'infrastructure des données soient amplifiées. Ceux qui ont les pipelines seront plus rapides. Ceux qui n'en ont pas accuseront un retard ou se retrouveront peut-être à acheter à un autre.

Si vous êtes un décideur, nous voulons que vous sachiez que nous croyons toujours qu'il y a un besoin considérable d'investissements dans la numérisation et la collecte de données. Nous devons nous assurer que les données que nous recueillons sont de bonnes données qui répondent à nos besoins actuels et futurs. Nous devons également améliorer notre infrastructure des données pour faciliter l'échange de données afin d'accorder plus de pouvoir aux chercheurs, tout en préservant les droits des patients et la vie privée.

• (1555)

Nous devons continuellement investir dans la recherche fondamentale et les sciences de base qui contribueront à faire en sorte que la promesse de l'informatique quantique dans les soins de santé et les applications du monde réel ne soit pas hors de portée. Les efforts déployés précédemment pour faire progresser l'intelligence artificielle ont montré que le Canada possède le talent et le savoir-faire technique nécessaires pour être un chef de file dans ce domaine et dans bien d'autres. Ce qui fera la différence pour les patients canadiens et le système de soins de santé, c'est que nous pourrions trouver un moyen d'inciter les innovateurs à concevoir et à mettre en oeuvre leurs technologies ici, chez nous.

Je répondrai volontiers à vos questions, et j'ai hâte à la discussion qui va suivre et qui, je l'espère, sera très intéressante.

Merci beaucoup.

[Français]

Le président: Je vous remercie, monsieur Chong.

Madame Ippersiel, vous avez la parole.

Mme Marie-Pierre Ippersiel (présidente-directrice générale, PRIMA Québec): Monsieur le président, chers membres du Comité, je vous remercie de m'avoir invitée à comparaître devant le Comité.

Je dirige PRIMA Québec, qui est le pôle de recherche et d'innovation en matériaux avancés.

[Traduction]

PRIMA est un groupe de recherche industriel sectoriel. Il en existe neuf au Québec dans différents secteurs, qui sont mandatés par le gouvernement du Québec pour faciliter et soutenir l'écosystème des matériaux de pointe par l'entremise de l'innovation axée sur la collaboration.

[Français]

Nous faisons donc le pont entre le milieu de la recherche et celui de l'industrie en favorisant l'innovation collaborative. Autrement dit, nous favorisons la création de relations entre les acteurs du domaine de la recherche et ceux de l'industrie, et nous soutenons l'élaboration de projets, que nous sommes en mesure de financer par la suite.

Concrètement, ces projets permettront aux entreprises de profiter de l'expertise en recherche pour innover, pour être plus concurrentielles et, surtout, pour se démarquer éventuellement sur les marchés.

Au cours des cinq dernières années, nous avons soutenu plus de 90 projets d'une valeur totale de près de 90 millions de dollars, qui ont associé 190 partenaires de l'industrie et 26 partenaires du milieu de la recherche. Cela a surtout permis de former plus de 120 étudiants à la maîtrise et plus de 275 doctorants et postdoctorants qui, vous le savez pertinemment, vont constituer du personnel hautement qualifié et fort utile pour l'industrie.

En ce qui a trait à l'informatique quantique, huit projets d'une valeur de 8 millions de dollars ont été mis sur pied au cours des deux dernières années, ce qui permettra de cultiver le talent.

[Traduction]

Le professeur Alexandre Blais, de l'Université de Sherbrooke, qui a comparu le 25 mars, a fait le lien entre l'informatique quantique et les matériaux de pointe.

Permettez-moi de dire quelques mots sur les matériaux de pointe, qui jouent un rôle stratégique dans tous les secteurs économiques. Les matériaux de pointe sont des matériaux nouveaux ou considérablement améliorés qui fournissent un avantage substantiel en termes de performance, physique ou fonctionnelle, par rapport aux matériaux conventionnels.

[Français]

Par performance physique, on entend des matériaux qui permettent une meilleure conductivité électrique et thermique ainsi que des matériaux ayant des propriétés magnétiques.

Par performance fonctionnelle, on entend des revêtements hydrophobes, glaciophobes et biodégradables ainsi que des matériaux autoréparants et intelligents.

En parallèle, je tiens à insister sur le rôle de l'équipement de pointe pour le développement des matériaux avancés, qui joue un rôle déterminant pour ce qui est de la capacité d'innovation des entreprises.

Le secteur des matériaux avancés est principalement constitué de petites et moyennes entreprises, ou PME, innovantes, qui, bien qu'elles soient actives en recherche-développement, ne disposent pas toujours des ressources internes nécessaires pour effectuer des tests de caractérisation, de synthèse de matériaux, de traitement de surface ou de mise à l'échelle.

De ce fait, l'accès à l'équipement et à l'expertise associée est essentiel non seulement pour valider le passage de la technologie à l'innovation, mais aussi pour aider les entreprises à accéder à différents marchés.

Tout ce contexte et l'accès à l'équipement de pointe sont tout aussi prédominants dans le secteur des technologies quantiques.

• (1600)

[Traduction]

Enfin, en ce qui concerne le centre d'intérêt du Comité, la recherche quantique est considérée comme étant une force habilitante et un moteur dans la découverte et la mise au point de nouveaux matériaux, de processus qui intègrent des matériaux, ou dans la conception d'équipement pour leur production ou leur caractérisa-

tion. En termes simples, la recherche quantique accélère les simulations et nous permettra de combiner toutes sortes de propriétés et de fonctionnalités que nous voulons obtenir, et ce, plus rapidement.

[Français]

Les grands joueurs industriels, particulièrement ceux dont les applications et les produits s'appuient sur une maîtrise de moyens de simulation, de fabrication et de caractérisation de nouveaux matériaux, doivent, pour continuer de répondre aux besoins de leurs clients, s'investir dans la modélisation, dans le développement de nouveaux matériaux et dans l'optimisation des procédés pour mettre en œuvre ces matériaux.

Comme certains l'ont déjà mentionné, il faudra néanmoins sensibiliser davantage ces joueurs industriels aux bienfaits des technologies quantiques.

Je répondrai avec plaisir à vos questions.

Je vous remercie de votre attention.

Le président: Je vous remercie beaucoup, madame Ippersiel.

Monsieur Gagnon-Gordillo, vous avez maintenant la parole.

M. Olivier Gagnon-Gordillo (directeur exécutif, Québec Quantique): Bonjour.

Je vous remercie de me donner l'occasion de comparaître devant le Comité aujourd'hui.

Je m'appelle Olivier Gagnon-Gordillo, et je suis responsable de l'initiative Québec Quantique, qui a pour mission de faire des sciences et des technologies quantiques un levier de développement économique et social pour le Québec.

[Traduction]

Québec Quantique a débuté ses activités il y a environ un an et demi. L'idée originale et fondamentale est de catalyser et d'assurer une action concertée parmi les intervenants locaux et de faire en sorte que l'écosystème québécois rayonne à l'extérieur de notre province avec une marque collective, facilitant la mise en relation avec des entreprises, des investisseurs, des chercheurs et des talents intéressés par une collaboration avec les acteurs de notre écosystème.

Aujourd'hui, je vais me concentrer sur deux sujets principaux qui, selon moi, présentent un intérêt pour la stratégie quantique nationale, et je vous ferai part de quelques exemples de ce que le Québec fait en lien avec ces sujets. Premièrement, je parlerai de la formation, de la rétention et de l'attraction des talents. C'est un sujet qui a fait couler beaucoup d'encre ces derniers temps. Deuxièmement, je parlerai de l'adoption des technologies quantiques par l'industrie.

Premièrement, commençons avec deux exemples d'initiatives actuelles au Québec qui se penchent sur ces sujets. Le premier exemple est l'Institut quantique de Sherbrooke, qui a été annoncé plus tôt en février. La récente annonce du centre d'innovation quantique de Sherbrooke est un excellent exemple d'une initiative qui doit être soutenue par le gouvernement fédéral. Le centre est un projet de 435 millions de dollars, dont 131 millions sont injectés directement par le gouvernement du Québec pour soutenir 13 projets au sein du centre, y compris l'achat d'un ordinateur quantique IBM, le quatrième à l'extérieur des États-Unis.

Ce centre facilitera la création de nouvelles entreprises de démarrage dans le domaine quantique, tout en favorisant la collaboration à plusieurs niveaux entre les établissements professionnels, les collèges et l'université, où l'apprentissage par les problèmes et l'approche par projet serviront de cadre de référence pour mettre au point des situations d'apprentissage innovantes. Cette initiative jouera un rôle clé pour attirer et retenir les talents dans les entreprises, tout en stimulant les investissements directs de l'étranger.

Le deuxième exemple ici est Québec Quantique, dont je suis le directeur. Cette initiative a vu le jour pour aborder, entre autres, les sujets que j'ai soulevés ici aujourd'hui, mais à l'échelle provinciale. Nous sommes plus que désireux de collaborer avec le reste du Canada afin de devenir plus cohérents avec les collaborations internationales. Certaines initiatives auxquelles nous participons, par exemple, sont des missions à l'étranger. Nous étions récemment à New York avec une mission québécoise, et nous sommes sur le point d'aller en Europe avec la mission fédérale en Allemagne. Nous mènerons une mission québécoise ce printemps ainsi qu'en France et aux Pays-Bas.

Nous organisons un grand marathon de programmation quantique en juin 2022 qui vise à combler, ou du moins à explorer, le fossé entre les solutions techniques et commerciales. Il est ouvert à tous au Canada, et des éditions semblables auront lieu à Chicago et en France avec QuantX. Nous avons également offert de la formation aux représentants de la délégation québécoise et leur avons fourni des outils de communication pour promouvoir le secteur à l'étranger. Nous sommes prêts à faire de même pour les ambassades canadiennes. Québec Quantique offre une marque commune et un centre de communication central pour les renseignements éducatifs de base, les nouvelles, les événements et même les postes ouverts à Québec dans le secteur.

Je vais maintenant aborder mon premier sujet, le talent.

Le véritable avantage dans le domaine quantique réside dans le talent disponible au sein d'un écosystème. Nous devons nous assurer de former, de retenir et d'attirer des personnes talentueuses dans le secteur quantique au Canada. À l'heure actuelle, bien que les universités fassent un excellent travail pour former la main-d'œuvre de demain dans ce domaine, beaucoup de ces talents ne restent pas au Canada. Ils partent souvent vers des marchés plus importants qui offrent des conditions plus intéressantes. Le gouvernement fédéral peut aider en parrainant des programmes qui visent à atténuer les risques dans la voie vers l'entrepreneuriat pour les étudiants du secteur. Cela permettrait également de soutenir la création de nouvelles entreprises dans ce secteur.

• (1605)

[Français]

Le gouvernement du Canada a un taux élevé de rejets quant aux demandes de visa dans de nombreux marchés prioritaires, notamment en Afrique francophone. Les politiques et les processus d'immigration doivent être adaptés pour devenir des facilitateurs de la mobilité internationale plutôt que des obstacles à cette mobilité.

La communauté des sciences et des technologies quantiques doit d'ailleurs combler un manque flagrant de diversité. Le recrutement d'étudiants et de travailleurs internationaux doit être au cœur de l'initiative visant à remédier à la pénurie de talents au Canada.

[Traduction]

Le talent doit également être considéré dans un secteur plus vaste, car il concerne des personnes, comme moi, qui n'ont pas de formation universitaire liée aux sciences quantiques, mais qui peuvent apporter de la valeur au secteur. Les entreprises et les écosystèmes ne pourront pas prospérer uniquement grâce aux docteurs, et un effort pour accroître les connaissances de base des chefs d'entreprise est essentiel pour accélérer l'adoption des technologies quantiques par les industries.

Je vais maintenant passer à mon deuxième sujet. Pour inciter les entreprises à lancer des projets liés aux technologies quantiques, il faudrait mettre en évidence les applications possibles et les industries qui pourraient bénéficier d'une participation dans ce domaine. Des cas d'utilisation avec une approche commercialisable plutôt qu'une approche où des technologies sont imposées sont indispensables pour attirer les entreprises dans ce secteur. Outre les chefs d'entreprise, les sociétés et les utilisateurs potentiels ont besoin d'employés capables de comprendre ce que la technologie quantique peut réellement signifier pour eux et de les aider à l'intégrer dans leurs activités. Les entreprises externes au secteur sont plus ou moins conscientes des possibilités des technologies quantiques pour leur secteur.

Les entreprises de démarrage souhaiteraient qu'un effort soit déployé pour démocratiser le sujet et, ainsi, faciliter la façon dont ils pressentent des clients et fournisseurs potentiels. Certaines se heurtent à des problèmes liés à une meilleure compréhension de leur marché potentiel, à la connaissance des acteurs du secteur et à l'établissement de leurs premiers clients.

Pour conclure, la Stratégie nationale quantique du Canada arrive juste au moment où les secteurs public et privé accroissent leurs investissements. Le Canada doit faire preuve d'agilité et il doit prendre les bonnes décisions stratégiques s'il veut demeurer pertinent et rester au premier plan des sciences et des technologies quantiques. Continuer à investir dans les programmes existants est un bon point de départ, mais il faut en faire plus. Il faut financer les efforts déployés par les provinces et il faut investir dans la création d'un écosystème canadien commun.

Le Canada compte actuellement un grand nombre d'acteurs importants et d'initiatives intéressantes en matière de technologies quantiques. Toutefois, pour accroître l'influence du Canada sur la scène internationale, il faut renforcer la cohésion entre les provinces et les divers écosystèmes locaux. Le Canada se classe souvent parmi les cinq meilleurs pays dans le domaine de l'informatique quantique, mais si nous n'investissons pas suffisamment dans le secteur, nous risquons de perdre notre place. En prenant les bonnes décisions aujourd'hui, on fera en sorte que le Canada bénéficie des retombées sociales et économiques du développement de ce secteur prometteur pendant plusieurs générations.

Comme Raymond Laflamme l'a mentionné durant une réunion la semaine dernière, la course mondiale aux technologies quantiques est un marathon et non un sprint, et elle nécessite des investissements à long terme suffisants.

Pardonnez-moi si j'ai parlé très vite.

Je vous remercie chaleureusement de m'avoir donné l'occasion de m'adresser à vous.

Le président: Merci beaucoup, monsieur Gagnon-Gordillo.

Nous passons maintenant à la première série de questions. Madame Gray, vous disposez de six minutes.

Mme Tracy Gray (Kelowna—Lake Country, PCC): Merci, monsieur le président.

Merci à tous les témoins de leur présence.

Mes premières questions s'adressent à M. Brassard.

Durant votre déclaration préliminaire, vous avez mentionné que tous les dispositifs de sécurité et les algorithmes sur lesquels reposent actuellement Internet et d'autres infrastructures s'effondreront en raison de l'informatique quantique. Vous avez dit que la menace était très grave. Vous avez parlé de la stratégie qui consiste à recueillir l'information et à l'entreposer, ainsi que des données du passé et de l'information qui deviendra publique.

Pouvez-vous nous expliquer rapidement ce que vous entendez par là? Parlez-vous des messages ou des courriels supprimés? Que voulez-vous dire exactement, s'il vous plaît?

M. Gilles Brassard: La stratégie « recueillons l'information et décryptons-la ensuite » signifie qu'aucune mesure de protection utilisée sur Internet n'empêche d'intercepter tous les paquets de données qui sont envoyés partout dans le monde. Comme les données se rendent tout de même à destination, elles peuvent être recueillies et entreposées sans qu'on s'en aperçoive. C'est ce que veut dire « recueillir l'information ». Il est possible de recueillir aujourd'hui toute l'information transmise sur Internet, malgré l'infrastructure cryptographique actuelle et les systèmes cryptographiques utilisés pour protéger certaines données.

Les données qui sont peut-être protégées en ce moment... Je dis « peut-être » parce que nous ignorons si elles le sont réellement. Personne ne sait comment les décrypter aujourd'hui sans la clé. L'information recueillie comprend tout ce qu'il faudra pour la décrypter à un moment ultérieur, quand on disposera d'un ordinateur quantique.

Quand on disposera d'un ordinateur quantique en bonne et due forme — j'espère qu'il n'en existe pas encore un, mais qui sait... Peut-être y en a-t-il un qui fonctionne quelque part dans le sous-sol d'une agence. À l'heure actuelle, il n'y a pas d'ordinateur quantique en bonne et due forme dans le système, mais un jour, il y en aura un, car il ne fait aucun doute que les ordinateurs quantiques en bonne et due forme deviendront une réalité. À ce moment-là, toute l'information déjà recueillie pourra être décryptée rétroactivement.

C'est ce que je veux dire lorsque j'affirme que tout ce qui s'est déjà trouvé sur Internet deviendra un livre ouvert. C'est inutile de tenter de sauver le passé: il est fini à jamais.

• (1610)

Mme Tracy Gray: Très bien, merci beaucoup. Notre temps est limité, et j'ai encore quelques questions à vous poser.

Selon vous, dans combien de temps cela pourrait-il se concrétiser? D'où pourraient provenir les menaces les plus graves?

M. Gilles Brassard: C'est très difficile de déterminer à quel moment cela se concrétisera. Il reste de nombreux défis à surmonter sur le plan de la technologie.

En ma qualité de théoricien, je ne suis pas la personne la mieux placée pour répondre à votre question. D'autres s'y connaissent mieux que moi, comme Michele Mosca. D'ailleurs, si vous ne l'avez pas invité à témoigner, je vous recommande de le faire. C'est

la personne qui se fait le plus entendre au sujet de cette menace. D'après lui, c'est la priorité 1 et 2, et à son avis, on disposera de cette capacité dans 10 ans.

Je pense pouvoir garantir...

Mme Tracy Gray: Je vous remercie pour votre réponse.

D'après vous, les gouvernements ainsi que les établissements comme les banques, les écoles, les hôpitaux, les plateformes de médias sociaux et les entreprises qui développent des applications sont-ils conscients du risque émergent que l'informatique quantique représente pour la sécurité?

M. Gilles Brassard: Ils ne le sont probablement pas.

Mme Tracy Gray: D'accord, c'est une réponse juste.

Que faut-il faire pour accroître la conscientisation et sonner l'alarme afin que ces établissements prennent les mesures qui s'imposent pour assurer la sécurité et protéger les renseignements personnels de la population canadienne?

M. Gilles Brassard: Il faut faire de la sensibilisation.

Il n'y a pas de solution miracle. Les gens n'en savent pas assez sur la menace, et quand ils la comprendront mieux, il se peut qu'ils paniquent.

C'est comme les changements climatiques mondiaux. Je sais que le temps est limité, mais essayer de régler le problème coûtera beaucoup moins cher que se croiser les bras, comme dans le cas des changements climatiques mondiaux. Je parle de la météo, bien entendu.

Mme Tracy Gray: Merci.

Quelle est la menace pour la sécurité nationale?

M. Gilles Brassard: Tout dépend du système cryptographique utilisé. Si l'on dépend des systèmes conçus durant les années 1980, la menace est très grande. Cependant, c'est possible que les responsables de la sécurité nationale aient réussi à mettre au point des systèmes à l'épreuve de l'informatique quantique. S'ils utilisent de tels systèmes, ils n'en parlent pas publiquement. Je n'ai aucune façon de le savoir.

Mme Tracy Gray: Merci.

Quelles politiques le gouvernement devrait-il mettre en place en vue de contrer les risques qui pèsent sur la sécurité?

M. Gilles Brassard: À mon avis, il faut cesser de soutenir les banques, les entreprises, etc., qui n'adoptent pas des technologies sécuritaires sur le plan quantique. Si ces établissements ne sont pas prêts à déployer des efforts en ce sens, les gens ne devraient ni leur faire confiance ni faire affaire avec eux. Si l'on décide de retirer plus que le soutien du gouvernement fédéral, il faudra sensibiliser les consommateurs. Si les consommateurs comprennent qu'ils ne devraient pas faire affaire avec des entreprises qui ne les protègent pas, les entreprises réagiront peut-être plus rapidement.

Le président: Merci beaucoup.

Votre temps de parole est écoulé.

Nous passons maintenant à M. Gaheer. Vous disposez de six minutes.

M. Iqwinder Gaheer (Mississauga—Malton, Lib.): Merci, monsieur le président.

Merci aux témoins de nous accorder du temps.

Ma première question s'adresse à M. Brassard.

Je m'intéresse particulièrement à l'introduction de l'informatique quantique dans le domaine des finances.

Comment se préparent les entreprises privées, particulièrement celles œuvrant dans le secteur des finances, pour faire face aux risques et profiter des possibilités à venir associés à la cryptographie quantique?

M. Gilles Brassard: Dans le secteur des finances, les fuites de données confidentielles représentent une menace sérieuse; j'aurais dû le dire avant.

Toutefois, si les données peuvent être décryptées plus tard, ce n'est pas nécessairement grave, car s'il faut attendre 10 ans pour décrypter l'information envoyée aujourd'hui, le risque n'est peut-être pas sérieux. Il y a seulement menace si l'information est décryptée pendant qu'elle est encore pertinente. Dans le secteur des finances, cette période peut être relativement courte, si je comprends bien votre monde. Dès qu'on disposera d'un ordinateur quantique, les transactions financières qui devraient demeurer confidentielles pourraient devenir un livre ouvert pour la concurrence, ce qui représente une menace sérieuse, surtout si d'autres pays sont impliqués.

L'informatique quantique pourrait avoir une incidence positive sur le secteur des finances. Il se peut que les algorithmes quantiques soient en mesure de résoudre des problèmes de ce secteur plus efficacement que les ordinateurs traditionnels. Les ordinateurs quantiques ne sont pas mauvais en soi. En fait, c'est plutôt le contraire, tant qu'ils sont utilisés à de bonnes fins, comme la plupart des choses. Aujourd'hui, on craint qu'ils soient utilisés à de mauvaises fins, mais à long terme, ils ont le potentiel de faire beaucoup plus de bien que de tort.

• (1615)

M. Iqwinder Gaheer: Excellent.

Merci.

Ma prochaine question s'adresse à Mme Ippersiel.

Quelles sont les limitations des ordinateurs conventionnels en ce qui concerne la recherche sur les matériaux avancés? Quelles solutions l'informatique quantique offre-t-elle à cet égard?

[Français]

Mme Marie-Pierre Ippersiel: Pourriez-vous répéter la question, s'il vous plaît?

[Traduction]

M. Iqwinder Gaheer: Certainement.

Quelles sont les limitations des ordinateurs conventionnels en ce qui concerne la recherche sur les matériaux avancés? Quelles solutions l'informatique quantique pourrait-elle offrir?

[Français]

Mme Marie-Pierre Ippersiel: Je vous remercie de la question.

Je ne suis pas spécialiste des matériaux, mais je peux compter sur une équipe spécialisée dans ce domaine. L'informatique quantique permettra essentiellement d'accélérer le développement de nouveaux matériaux. Il ne faut surtout pas perdre cela de vue. Il y a 20 ans, le développement de matériaux pouvait prendre de 10 à 15 ans. J'exagère un peu, mais vous voyez l'étendue du problème.

L'informatique quantique — et le domaine quantique en général — accélérera le processus de découverte de matériaux.

De la même façon, on sera en mesure de cerner les propriétés physiques ou fonctionnelles que l'on souhaite découvrir pour de nouveaux matériaux. Grâce à l'informatique quantique, on va pouvoir partir de cela pour accélérer le développement des nouveaux matériaux. Je pense que c'est un grand avantage.

Je reviens encore à l'équipement de pointe, parce que c'est une question qui nous est très chère, chez PRIMA Québec. L'équipement de pointe est important. Il y en a dans plusieurs départements des universités et dans les collèges au Canada. Toutefois, il faut non seulement être en mesure de l'avoir, mais il faut aussi avoir le personnel possédant les compétences nécessaires pour l'utiliser. Cet équipement permet de mettre au point des procédés et des recettes. Cela vaut pour les matériaux que je qualifierais de classiques, qui sont développés par le truchement de mesures et de moyens existants, mais également pour le secteur de l'informatique quantique.

Cela répond-il à votre question?

[Traduction]

M. Iqwinder Gaheer: Oui, tout à fait. Je vous remercie.

Ma dernière question s'adresse à M. Chong.

Je pense à l'intersection entre l'informatique quantique et les données médicales. En quoi l'informatique quantique permettra-t-elle d'améliorer l'analyse des données médicales? Quels avantages réels pourrait-on en tirer?

M. Jaron Chong: Je dirais, pour en faire une métaphore efficace, que les types de calculs qui posent de tels risques de sécurité dépendent du problème en soi. Cela peut être considérablement accéléré, comme indiqué précédemment.

Dans toute expérience, tout développement de nouveau produit et tout nouveau développement en intelligence artificielle, il y a toujours une composante dédiée au calcul, mais pas uniquement, comme créer un système en appuyant sur un bouton. L'expérimentation, l'optimisation des hyperparamètres et l'application de divers paramètres pour un modèle donné lors de la phase d'apprentissage sont toutes des choses qui requièrent beaucoup d'énergie et de temps.

Selon certains travaux théoriques, aborder certains problèmes d'entraînement des réseaux neuronaux comme un problème de calcul quantique permettrait l'application des avantages qui existent pour le déchiffrement d'un message chiffré à l'entraînement d'un réseau neuronal. Cela permettrait d'exécuter plusieurs calculs simultanément et d'accélérer considérablement le temps d'entraînement.

Dans notre déclaration, j'ai insisté sur le fait que ce n'est qu'un élément, mais un élément important, dans le champ d'application plus vaste des soins de santé. Certaines de ces ressources, certains de ces calculs, ne sont accessibles qu'aux institutions publiques et aux entreprises privées importantes et mieux financées.

La capacité d'accélérer considérablement — de plusieurs ordres de grandeur — ce genre de calculs facilitera ce qui était auparavant difficile, et rendra possible ce qui était auparavant impossible.

Pour m'éloigner brièvement du domaine de la radiologie, beaucoup d'aspects comme la recherche en protéomique et en génétique nécessitent des activités beaucoup plus poussées en matière d'analyse, de découverte et de développement de médicaments, notamment le repliement des protéines. Les activités et applications de ce genre, qui sont extrêmement coûteuses et très difficiles à réaliser aujourd'hui, pourraient devenir beaucoup plus rapides, ce qui favoriserait la création d'une toute nouvelle génération de traitements et de systèmes d'intelligence artificielle potentiels.

• (1620)

[Français]

Le président: Je vous remercie beaucoup.

Monsieur Lemire, vous avez maintenant la parole pour six minutes.

M. Sébastien Lemire (Abitibi—Témiscamingue, BQ): Je vous remercie, monsieur le président.

Monsieur Brassard, je dirai tout d'abord que c'est un honneur de vous accueillir au Comité. Vous avez, ma foi, un curriculum vitae fort impressionnant.

Quelles sont les premières applications de la technologie quantique, selon vous?

Que pourrions-nous faire sur le plan de la transition énergétique? Y a-t-il des occasions à saisir, par exemple dans le domaine des véhicules électriques?

M. Gilles Brassard: D'après moi, la première application est manifestement la cryptographie quantique. Ce n'est pas une application pour l'avenir, car elle fonctionne déjà. Comme je l'ai dit, la Chine prend cela très au sérieux. Il s'agit donc d'une application réelle et déjà fonctionnelle pour ce qui est de protéger l'information.

Pour ce qui est du calcul quantique, de l'ordinateur quantique, la première application est probablement celle visant à simuler les systèmes physiques. C'est l'application qui avait été envisagée par le physicien Richard Feynman en 1981, quand il avait lancé l'idée de l'ordinateur quantique. Selon lui, un ordinateur quantique aurait la puissance nécessaire pour simuler un système quantique en temps réel. En particulier, cela incluait de simuler une protéine, sachant qu'une protéine peut se replier, et de faciliter la mise au point de médicaments ciblés. Je crois que c'est l'une des premières applications de la technologie quantique.

Par ailleurs, je suis désolé, mais je ne vois pas de possibilités d'application en lien avec le calcul quantique pour ce qui est des véhicules électriques.

M. Sébastien Lemire: Je vous remercie.

Est-ce que vous privilégiez un mode de développement plutôt qu'un autre dans le domaine de l'informatique quantique?

S'il y avait une stratégie gouvernementale à mettre en avant, quelles seraient vos priorités?

Par ailleurs, pourrions-nous avoir vos observations relativement aux besoins qui existent dans ce domaine?

M. Gilles Brassard: Je dirais que, le plus important, c'est de laisser les chercheurs développer leur imagination, car c'est ce qui permet de faire des avancées réelles. Le physicien Einstein a dit:

[Traduction]

« L'imagination est plus importante que la connaissance. »

[Français]

Plus on dicte aux gens ce qu'ils doivent faire, moins on peut avancer à long terme. Il est donc très important de laisser les chercheurs en recherche fondamentale choisir par eux-mêmes et découvrir ce qui est vraiment intéressant. Certains vont mordre la poussière, alors que d'autres feront des découvertes vraiment extraordinaires. C'est la seule façon de faire des progrès sérieux, de faire le saut quantique, si je peux m'exprimer ainsi, par opposition au fait de se limiter à développer la technologie à petits pas.

M. Sébastien Lemire: Le gouvernement du Québec a annoncé beaucoup d'investissements en recherche-développement, et il a désigné deux zones d'innovation importantes, l'une à Bromont et l'autre à Sherbrooke. Le gouvernement de l'Ontario a fait la même chose dans cette province, et, ailleurs au Canada, plusieurs annonces sont faites à cet égard.

Avez-vous l'impression que l'argent est saupoudré un peu partout et qu'il devrait plutôt être consacré davantage à certains aspects de l'informatique quantique? On parle d'un investissement de 360 millions de dollars au cours des sept prochaines années.

Vous travaillez dans ce domaine depuis longtemps. Croyez-vous que cette façon de faire pour soutenir le développement de l'industrie est adéquate?

M. Gilles Brassard: Cela dépend de ce que l'on veut faire. On peut vouloir soit développer un ordinateur quantique, soit mettre au point un Internet quantique, dont une autre intervenante a parlé. Un Internet quantique permettrait de relier tous les pays, et même toute la Terre, par un réseau quantique sur le mode actuel d'Internet. Si l'on veut pouvoir faire cela, il faudra beaucoup de ressources, et il faut que ces dernières soient concertées — bien que cela aille un peu à l'encontre de ce que je disais tantôt. Il faut adopter des projets ciblés et leur allouer beaucoup de ressources.

En même temps, il faut aussi accorder un peu plus de ressources à des chercheurs en recherche fondamentale comme moi, qui n'ont pas de lien avec l'industrie, pour qu'ils puissent continuer leurs recherches et, avec un peu de chance, faire des découvertes fondamentales. Il faut jouer sur les deux tableaux simultanément.

• (1625)

M. Sébastien Lemire: La semaine dernière, Mme Simmons nous a signalé qu'il fallait se préparer à la venue d'une révolution quantique. Selon le gouvernement, la cryptographie quantique sera capable de briser les mécanismes cryptographiques utilisés actuellement.

Croyez-vous que notre industrie se prépare adéquatement?

Quels sont les défis qui guettent les entreprises, particulièrement les entreprises privées, en raison de l'arrivée des nouvelles technologies?

M. Gilles Brassard: Premièrement, il y a une petite erreur d'interprétation, car la cryptographie quantique ne sert en aucune façon à briser les mécanismes cryptographiques présentement utilisés. La cryptographie quantique offre une solution de rechange, qui est incontestablement sécuritaire, comme cela a été démontré.

Cela étant dit, on peut utiliser la cryptographie classique et la cryptographie quantique non pas l'une contre l'autre, mais ensemble vers un même but, soit la protection de la confidentialité et de la vie privée.

Ce qui est un danger pour la cryptographie classique, c'est l'ordinateur quantique, et non la cryptographie quantique. On espère que personne ne sait comment le construire, ou du moins, qu'il n'y en a pas un qui fonctionne déjà. Cependant, depuis les années 1990, on sait comment on pourrait l'utiliser pour briser les systèmes cryptographiques qui sont à la base de la sécurité ou de la pseudo-sécurité d'Internet aujourd'hui.

M. Sébastien Lemire: Cela me sort un peu de ma zone de confort, mais je vais vous poser une dernière question.

À votre avis, quand cet ordinateur sera-t-il construit?

M. Gilles Brassard: Comme je l'ai dit, on ne peut pas le savoir. C'est vraiment

[Traduction]

un jeu de devinettes.

[Français]

On peut craindre qu'il soit construit d'ici 10 ans. Ce n'est pas garanti, mais il y a de sérieuses chances que ce soit le cas, et, d'ici 10 ans, c'est demain.

M. Sébastien Lemire: Je note que vous avez utilisé le mot « craindre ».

Je vous remercie beaucoup, monsieur Brassard.

Le président: Je vous remercie, messieurs Brassard et Lemire.

Monsieur Masse, vous avez maintenant la parole pour six minutes.

[Traduction]

M. Brian Masse (Windsor-Ouest, NPD): Merci, monsieur le président, et merci à nos témoins.

Je vais commencer par M. Brassard, puis je demanderai aux autres témoins de commenter eux aussi.

Je m'intéresse à la cybersécurité. Actuellement, certaines entreprises et même certaines institutions publiques versent des rançons pour obtenir du matériel, et nous n'avons aucune loi à cet égard. Il n'existe aucune obligation de divulgation des cas de piratage, des paiements, etc.

J'aimerais avoir un portrait général de la question et savoir ce qui peut être changé. Je sais que cela frappe plus l'imaginaire, et je peux le comprendre. J'inviterais les autres témoins à prendre la parole après M. Brassard. J'aimerais en savoir plus à ce sujet, car j'accorde beaucoup d'importance à la cybersécurité, comme à la fraude et à diverses choses du genre.

Monsieur Brassard, pouvez-vous lancer la discussion à ce sujet, s'il vous plaît?

M. Gilles Brassard: Étant théoricien, je suis très à l'aise avec votre question.

La réponse courte, c'est que ce dont j'ai longuement parlé, la stratégie qui consiste à recueillir l'information maintenant et à la décrypter plus tard, ne représente aucune menace pour les rançongiciels, car cela nécessite une action immédiate. Ce n'est pas comme si on pouvait attendre 10 ans, lorsqu'il sera possible de décrypter les messages envoyés aujourd'hui, pour revenir en arrière et demander une rançon à des gens qui sont déjà passés à autre chose.

Pour demander une rançon, il faudrait vraiment être capable — aujourd'hui, dans l'immédiat — de décrypter les messages

et obtenir des informations permettant de faire du chantage, par exemple, mais pour ce faire, il faudrait que les ordinateurs quantiques soient déjà disponibles. Ce n'est pas un danger pour le moment, puisqu'il n'y en a pas, mais cela deviendra un risque lorsqu'ils seront disponibles.

M. Brian Masse: Quelqu'un d'autre souhaite-t-il faire un commentaire sur la cybersécurité?

Mme Shohini Ghose: Je peux faire un commentaire, si vous le permettez. Je dirais, pour compléter les propos de M. Brassard, qu'il est possible qu'une bonne partie des renseignements actuels ne soit pas vulnérable aux rançongiciels, mais que des données historiques ou des renseignements liés au passé d'une personne pouvant avoir une incidence sur son rôle ou sa crédibilité aujourd'hui le soient, et doivent par conséquent être protégés.

De façon plus générale, je tenais simplement à souligner que, dans la course pour protéger l'ensemble de nos renseignements actuels et passés, c'est quelque chose qui est... Ce n'est pas vraiment une course entre pays, car soit nous sommes tous gagnants et nous parvenons à tout protéger, soit nous sommes tous perdants. C'est un peu comme les vaccins. On ne peut se contenter de protéger les données ou de créer au Canada un environnement à sécurité quantique, car les banques canadiennes, par exemple, effectuent des transactions à l'extérieur du pays. Tout système de sécurité ne peut être plus fort que son maillon le plus faible. Je pense que c'est un élément important qu'il faut garder à l'esprit.

• (1630)

M. Brian Masse: C'est un aspect important. À l'échelle internationale, y a-t-il des efforts de coopération dans ce domaine? Pour le moment, nous ne faisons qu'effleurer la surface, et nous avons posé des questions sur les efforts de coopération internationale à certains de nos invités. J'aimerais simplement savoir s'il y a des efforts dans ce domaine. Il y a là une vulnérabilité, si ce que vous dites est vrai, ce dont je suis convaincu.

Mme Shohini Ghose: La question est-elle pour moi?

M. Brian Masse: Oui. Je suis désolé. J'aurais dû être plus précis.

Mme Shohini Ghose: À ma connaissance, il n'y a pas d'effort concerté à grande échelle sur la scène internationale. Il y a assurément une certaine collaboration dans le secteur de la recherche, mais pas en ce qui concerne l'établissement de stratégies nationales ni au niveau industriel.

M. Gilles Brassard: Je suis d'accord.

M. Brian Masse: Merci.

J'ai une petite question. Je ne sais pas qui tire parti des crédits d'impôt pour la recherche scientifique et le développement expérimental. Nous avons obtenu une bonne réponse du dernier groupe de témoins sur le sujet. Quelqu'un parmi vous profite-t-il des crédits d'impôt pour la recherche? Le cas échéant, pouvez-vous nous dire s'ils sont efficaces, sur le plan de l'application?

Non. Je voulais juste m'en assurer.

Permettez-moi de passer à Mme Hall. Un des aspects que nous avons cernés est la nécessité d'attirer les jeunes et de les retenir. Je pense que M. Gagnon-Gordillo en a aussi fait mention. Que pouvons-nous faire pour inciter ceux qui passent par nos systèmes à rester au Canada au lieu d'aller ailleurs tandis que nous cherchons à développer l'informatique quantique et ce secteur ici au Canada?

Mme Kimberley Hall: J'ai une suggestion que nous devrions vraiment examiner, à mon avis. Cela a été proposé par quelqu'un d'autre la semaine dernière. Je pense que nous devons créer, à l'échelle du pays, un programme de formation fondé sur la collaboration entre les institutions et la collaboration avec l'industrie. Je crois savoir qu'on a évoqué la possibilité que le CDL, le Creative Destruction Lab, assure la direction d'une telle initiative. Cela dit, je pense que cela pourrait vraiment aider à attirer plus de gens ici.

Quant à la rétention, j'ai eu plusieurs étudiants étrangers qui ont réussi à rester. On a beaucoup parlé des difficultés à cet égard, mais je ne sais pas vraiment ce qu'il en est, car selon mon expérience, jusqu'à maintenant, ceux qui peuvent avoir un emploi peuvent rester.

Le recrutement et la rétention sont parmi nos principaux défis. Je dirais que les universités font beaucoup concurrence à cet égard actuellement, et nous devons travailler ensemble. Je suis convaincue qu'un programme de formation qui ne se limiterait pas aux échanges étudiants et aux stages, qui comprendrait des cours offerts en rotation par des gens de diverses institutions, par exemple, et qui offrirait une véritable certification pour attirer les gens de l'extérieur serait un excellent ajout.

[Français]

Le président: Je vous remercie beaucoup, professeure Hall.

Monsieur Généreux, vous avez la parole pour cinq minutes.

M. Bernard Généreux (Montmagny—L'Islet—Kamouraska—Rivière-du-Loup, PCC): Je vous remercie, monsieur le président.

Je remercie également tous les témoins d'être avec nous aujourd'hui.

Madame Ghose, la semaine dernière, Mme Simmons a tenu des propos un peu alarmants devant le Comité, ce qui m'a ébranlé. Elle a aussi évoqué la possibilité que le Canada se dote d'un comité d'experts indépendant qui conseillerait le gouvernement sur la meilleure façon d'investir dans des secteurs ayant un potentiel de développement au Canada. Ce genre de comité existe aussi dans d'autres pays.

Quelle est votre opinion à cet égard?

Quelle serait la composition d'un tel comité, s'il devait être créé?

M. Gilles Brassard: Me permettez-vous de répondre?

M. Bernard Généreux: Oui, mais j'aimerais d'abord avoir les commentaires de Mme Ghose.

[Traduction]

Mme Shohini Ghose: Je vous remercie de la question. Je pense que c'est un élément très important de l'élaboration de notre stratégie nationale. Je pense que c'est un message fort qui est également ressorti des consultations qui ont déjà eu lieu en vue de la création d'un plan pour l'avenir.

Donc oui, je suis très favorable à l'idée d'un conseil consultatif. Je pense que l'expertise des membres d'un tel conseil ne doit pas se limiter à l'aspect technologique, au traitement de l'information quantique ou à l'aspect scientifique. Par exemple, il faut aussi des spécialistes en cybersécurité et des experts des industries concernées, notamment le secteur des soins de santé et, bien sûr, les secteurs des finances et de l'énergie.

En outre, pour sa composition, il faut sortir des sentiers battus, car malheureusement, comme je l'ai déjà mentionné, on constate souvent un manque de diversité autour de la table. Je pense qu'il faut tenir compte de cette réalité dans la formation d'un conseil consultatif scientifique.

• (1635)

[Français]

M. Bernard Généreux: Je vous remercie beaucoup, madame Ghose.

Monsieur Gagnon-Gordillo, vous avez dit tantôt faire partie d'une grappe industrielle importante dans la région de Sherbrooke en ce qui a trait au développement de l'informatique quantique au Québec. Vous avez aussi dit que vous vous apprêtiez à acheter un ordinateur quantique.

Je vous demanderais de m'éclairer, car, d'une part, on dit qu'il faut inventer l'ordinateur quantique, mais, d'autre part, que l'on va en acheter un parce que cela existe. Je suis un peu confus.

Pourriez-vous nous fournir des explications à ce sujet?

Monsieur Brassard, j'aimerais aussi avoir vos observations par la suite.

M. Olivier Gagnon-Gordillo: Lorsque les gens font allusion aux ordinateurs quantiques, plusieurs parlent d'en acheter, alors que d'autres parlent de simulation. En fait, ce que l'on achète, ce n'est pas tant un ordinateur que l'accès à un prototype d'ordinateur quantique.

Celui dont on parle est le modèle EAGLE System One d'IBM, qui est muni d'un processeur de 127 qubits. Ce que l'on achète, c'est un accès spécialisé à cet ordinateur, ce qui permet plus d'accès pour pouvoir tester des algorithmes. Par la suite, l'accès à l'espace IBM quantique, qui existe déjà à l'Université de Sherbrooke, va continuer d'exister. L'accès à cet espace n'est pas spécialisé, mais partagé. Ainsi, même si IBM sort de nouveaux modèles, nous allons continuer d'avoir cet accès.

Encore une fois, lorsque l'on parle d'un ordinateur quantique, on parle en fait d'un prototype.

Je vais maintenant céder la parole à M. Brassard, qui pourra compléter ma réponse.

M. Gilles Brassard: Je vous remercie, monsieur Gagnon-Gordillo.

C'est très bien ce que vous venez de dire.

Effectivement, il existe en ce moment des prototypes que nous pouvons acheter. Nous pouvons aussi louer du temps d'accès spécialisé. Ces prototypes fonctionnent avec un nombre relativement petit de qubits, ou bits quantiques, par exemple 127 qubits. Si nous voulons vraiment appliquer les algorithmes à large échelle, par exemple pour briser les cryptographies contemporaines, nous avons besoin de beaucoup plus de qubits. À notre connaissance, aucun ordinateur quantique ne nous permet actuellement de faire cela. Par contre, il existe des prototypes qui nous permettent de commencer à faire des expériences et à voir jusqu'à quel point cela fonctionne bien à petite échelle.

Nous pouvons louer un prototype chez IBM, mais il existe aussi une entreprise montréalaise, Anyon Systems, qui fabrique des ordinateurs quantiques. Nous pouvons même passer une commande, et un ordinateur quantique nous sera livré d'ici un an ou deux. Nous pouvons donc acheter un ordinateur quantique fabriqué au Québec en ce moment.

M. Bernard Généreux: Monsieur Brassard, avez-vous la même inquiétude que Mme Simmons quant à l'urgence d'agir que nous observons actuellement au Canada?

M. Gilles Brassard: Je pense que ce que j'ai dit jusqu'à maintenant était très clair; la réponse est oui. C'est une catastrophe en devenir. Si nous ne faisons rien, ce sera l'apocalypse.

Le président: Je vous remercie beaucoup.

Madame Lapointe, vous avez la parole pour cinq minutes.

Mme Viviane Lapointe (Sudbury, Lib.): Je vous remercie, monsieur le président.

[Traduction]

Mes questions s'adressent à Mme Ghose.

Je dois vous dire que j'ai regardé votre conférence TED. Je sais donc que je n'essaierai jamais au grand jamais de régler une question avec un ordinateur quantique en tirant à pile ou face.

Je tiens à vous remercier de tout le travail que vous faites pour soutenir les femmes dans les domaines des sciences. J'aimerais en savoir davantage, à partir de votre expérience, sur votre travail pour la mise en œuvre d'initiatives d'équité, de diversité et d'inclusion.

En quoi cette perspective est-elle importante? Comment les principes de l'analyse ACS+ s'intègrent-ils à votre travail?

• (1640)

Mme Shohini Ghose: Je vais d'abord expliquer pourquoi c'est important. Les raisons sont nombreuses. Qu'on parle de justice sociale ou de progrès économique, il faut savoir que si nous voulons réellement nous démarquer dans les technologies quantiques, dans d'autres domaines des STEM, de l'intelligence artificielle ou de nombreux autres domaines où les femmes sont sous-représentées, nous n'exploitons tout simplement pas l'ensemble des talents disponibles.

Comme des études l'ont déjà démontré, il n'y a aucune raison fondamentale pour que les femmes ne puissent contribuer dans ces domaines. En fait, elles l'ont déjà fait, mais elles n'ont tout simplement pas eu les mêmes occasions ou les mêmes ressources. De ce point de vue, on peut dire qu'il n'est pas très efficace ou optimal d'exploiter seulement une partie de l'ensemble de la main-d'œuvre, ce qui représente des possibilités perdues sur le plan des idées, sur le plan des progrès économiques. C'est aussi une question de justice sociale, bien entendu. Voilà pourquoi il s'agit d'une question importante.

Concernant l'ACS+, je sais que le CRSNG, par exemple, insiste désormais sur cet aspect pour toute demande de financement. Des mesures supplémentaires sont aussi en place pour la formation du personnel hautement qualifié, comme on l'appelle, c'est-à-dire les étudiants et les étudiants au postdoctorat, essentiellement: toute demande de financement doit comprendre des efforts axés sur une inclusion accrue. Je pense toutefois que ces efforts demeurent symboliques et que nous devons être beaucoup plus proactifs à cet égard, car le fait est que les choses n'ont pas beaucoup évolué depuis plus d'une décennie.

Nous essayons de promouvoir une approche beaucoup plus structurée et scientifique, soit mettre en œuvre des cadres exhaustifs; établir des objectifs; encourager, valoriser, célébrer et financer ce genre de travail. En fin de compte, c'est un objectif comme un autre; il faut y consacrer des ressources et de l'argent.

Mme Viviane Lapointe: Je suis d'accord.

Selon vous, en votre qualité d'experte, quelles mesures faut-il prendre pour faire de la stratégie nationale sur les technologies quantiques une stratégie inclusive? Sans l'application des principes d'équité, de diversité et d'inclusion, quelles seraient les conséquences potentielles pour le secteur des technologies quantiques au Canada?

Mme Shohini Ghose: Je pense, pour commencer par la deuxième partie de votre question, que les effets de l'omission des principes d'équité, de diversité et d'inclusion ont été clairement démontrés. Prenez par exemple l'intelligence artificielle, où l'on observe toutes ces conséquences non intentionnelles découlant des préjugés intégrés à tous ces systèmes d'apprentissage. C'est un exemple probant.

Il y a un autre test que tout le monde peut faire. Allez en ligne et cherchez « physiciens célèbres » sur Google, puis regardez les résultats. Vous constaterez que Google a acquis tous nos préjugés sur la question de savoir qui peut être un scientifique. Même à ce niveau fondamental, cela a d'énormes répercussions négatives. Cela démontre ce qui pourrait aussi se passer dans le secteur des technologies quantiques.

De même, si vous regardez les conseils d'administration de la plupart des entreprises en démarrage du secteur des technologies quantiques aujourd'hui, on constate déjà une représentation très inégale. Cela aura une incidence sur les champs d'application de ces technologies, sur ceux qui y auront accès et ceux qui prendront les décisions relatives à leur utilisation. Prenons par exemple les soins de santé. Est-ce que nous nous concentrerons sur la santé des femmes, ou non? Adapterons-nous ces technologies à l'ensemble de la population? Toutes ces questions se posent.

Je sais que j'ai peu de temps. Je serai ravie d'en discuter davantage ou de présenter des observations par écrit, mais je vais m'arrêter là pour le moment.

Mme Viviane Lapointe: Selon vous, une partie de la solution, au lieu d'essayer de changer les gens, passe-t-elle par la modification des structures du milieu de travail et d'approche à l'égard du recrutement et de la rétention des talents dans le secteur des technologies quantiques et dans les STEM en général?

Mme Shohini Ghose: Je pense qu'un large éventail de mesures s'impose, à commencer par le recrutement et la rétention, bien entendu, mais aussi, comme vous l'avez indiqué, la création de milieux de formation et de travail inclusifs.

Beaucoup de recherches ont été faites sur la façon d'y arriver. Nous devons obtenir la participation d'experts qui ont déjà présenté des recommandations sur la façon de créer des classes inclusives, par exemple. Dans ma propre équipe, par exemple, il y a souvent des étudiants et des chercheurs qui souhaitent travailler avec moi, parce qu'ils trouvent cela valorisant. Il y a un avantage évident à créer un environnement dans lequel les gens se sentent entendus et vus.

Je pense que vous avez raison de dire qu'il existe beaucoup d'approches différentes. Il faut à la fois des mesures liées aux politiques et des changements dans les équipes, les cultures, les salles de classe et les milieux de recherche.

• (1645)

Mme Viviane Lapointe: Je vous remercie.

[Français]

Le président: Je vous remercie beaucoup, professeure Ghose.

Monsieur Lemire, vous avez maintenant la parole pour deux minutes et demie.

M. Sébastien Lemire: Je vous remercie, monsieur le président.

Madame Ippersiel, j'aimerais en connaître davantage sur la vision de PRIMA Québec. Votre organisme représente une industrie qui mérite d'être reconnue à sa juste valeur dans le secteur des matériaux avancés. Il semble y avoir de plus en plus d'entreprises qui gravitent autour de PRIMA Québec. La contribution de ces entreprises dans le secteur des matériaux avancés est de plus de 14 milliards de dollars, une somme qui est évidemment non négligeable.

Selon vous, le gouvernement fédéral peut-il jouer un rôle pour attirer davantage d'investissements privés en recherche-développement, particulièrement au Québec?

Qu'est-ce qui doit être fait, selon vous?

Mme Marie-Pierre Ippersiel: Je vous remercie de la question, monsieur Lemire.

Je constate que vous avez bien lu nos documents.

Je rappelle que, au Québec, 450 entreprises — ce sont essentiellement des PME — sont associées au secteur des matériaux avancés. Cela représente 45 000 emplois. Je parle du Québec, mais cela vous donne une idée de ce que cela représente à l'échelle du Canada.

Il ne faut pas oublier que le secteur des matériaux avancés est transversal. On y retrouve des applications dans différents secteurs, que ce soit l'environnement, la chimie, le transport ou l'énergie. Bref, c'est très vaste.

Comment le gouvernement du Canada, ou le gouvernement d'une province, peut-il augmenter les investissements privés?

La formule que déploie PRIMA Québec est de favoriser les projets d'innovation collaborative. Il faut comprendre qu'un projet obtiendra toujours du financement du gouvernement du Québec. Il peut aussi obtenir du financement du Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada, ou CRSNG. L'entreprise ou les entreprises doivent aussi injecter de l'argent dans le projet. Grâce à cette formule d'innovation collaborative, les dépenses intérieures en recherche-développement que mettent en avant les entreprises permettent d'augmenter cette donnée qui — vous êtes probablement au courant — tend à diminuer ces dernières années.

Reconnaître davantage le rôle stratégique des matériaux avancés pourrait très certainement être utile. Ce que l'on remarque souvent, c'est que l'on va raisonner sous l'angle de produits finis. Je vous donne l'exemple des technologies propres. Plusieurs d'entre elles ne pourraient exister sans l'utilisation de matériaux avancés. On peut penser à des capteurs, à des membranes et à des filtres. À mon avis, cette reconnaissance est très importante.

Comme je l'ai mentionné dans mon allocution d'ouverture, les matériaux avancés ont un rôle important à jouer dans le secteur quantique, dans la production d'équipement, notamment. Les matériaux à l'état quantique ont des propriétés assez inusitées. On peut penser, par exemple, aux supraconducteurs, qui permettent de n'avoir aucune perte d'énergie thermique. Je crois que c'est très important.

Je suis d'avis que les matériaux avancés devraient être davantage mis en avant par les gouvernements, qu'il s'agisse du gouvernement fédéral ou des gouvernements provinciaux, mais aussi dans les différentes politiques. Que ce soit sur le plan de la Stratégie quantique nationale, de la Stratégie relative à l'hydrogène ou de toutes les approches relatives à la carboneutralité ou aux changements climatiques, les matériaux avancés ont un rôle à jouer.

Le président: Je vous remercie beaucoup, madame Ippersiel.

Monsieur Masse, vous avez la parole pour deux minutes et demie.

[Traduction]

M. Brian Masse: Merci, monsieur le président.

J'aimerais inclure M. Chong dans la discussion.

Concernant l'informatique quantique et l'intelligence artificielle, pouvez-vous donner des exemples concrets des progrès auxquels on peut s'attendre dans ces domaines?

Je pense que c'est une partie du problème. Lorsque je parle de l'industrie des télécommunications, j'évoque souvent la nécessité d'adopter une politique adéquate pour la vente aux enchères du spectre. Les gens prennent alors un air absent, ils baillent aux cornes, ne comprennent pas, et la conversation s'arrête là.

Pouvez-vous nous donner une idée un peu plus précise de ce que cela signifie pour le quotidien des gens et, peut-être, pour leur travail?

M. Jaron Chong: Oui, d'accord. Je le répète, nous parlons constamment de l'idée d'accélération. On a aussi employé à quelques reprises le terme technique « problème NP-dur. » Nous avons énormément de mal à communiquer l'aspect informatique de façon terre à terre parce qu'il faut pratiquement être aux premières loges du développement et de la formation pour comprendre combien de temps et quelle quantité d'énergie cet aspect nécessite.

On peut faire une métaphore avec les vaccins récents de la COVID-19, alors qu'on lisait des reportages sur Pfizer, AstraZeneca et tous les médicaments qui ont été conçus pour se protéger du virus. Certaines de ces plateformes ARNm étaient en mesure de générer des molécules candidates dans un délai approximatif de 48 à 72 heures. Pourtant, le récent déploiement des vaccins s'est calculé en mois et en années. Une grande partie des délais était attribuable à la phase de validation.

Si vous ne vous y connaissez pas en développement de molécules ou de médicaments, sachez qu'il est extrêmement inhabituel qu'une molécule candidate puisse être prête en 48 heures pour des essais potentiels. Par le passé, il fallait des années pour développer des vaccins. On peut prendre l'exemple de la polio et du délai qu'il a fallu pour développer le vaccin. C'est en quelque sorte une transformation. Pour nombre d'entre nous, et pour les professionnels du milieu médical aussi, les percées qui ont eu lieu représentent d'une certaine manière le summum de la technologie de pointe.

Pour revenir à cette métaphore où on développe une molécule candidate en 48 heures pour les vaccins, on peut ensuite appliquer cette capacité à pratiquement tout le reste. Pour effectuer des tests moléculaires chimiques à l'heure actuelle, normalement in vivo ou in vitro — soit de façon expérimentale, — il faut compter des années de développement. C'est le cas des nouveaux médicaments ou molécules pour la chimiothérapie ainsi que des molécules antimicrobiennes. La recherche exige beaucoup de coordination, d'efforts, d'énergie et d'investissements de la part des secteurs privé et public. Si on transforme le processus et qu'on élimine cette partie très ardue en l'accélération, les applications changeront grandement.

Prenons l'exemple de la reconnaissance vocale: je peux dire un mot pour activer la fonction sur mon téléphone intelligent et me mettre à parler à un ordinateur. Je me souviens avoir essayé de faire fonctionner la reconnaissance vocale sur mon ordinateur lorsque j'étais un jeune élève du secondaire. Je pouvais prendre place devant mon ordinateur pour lui parler pendant trois heures, et la précision était épouvantable. Le fait que nous pouvons maintenant parler à notre téléphone et faire fonctionner la reconnaissance en criant ci-seau... la transition a été graduelle, mais l'application est maintenant concrète.

La discussion en comité est axée sur les répercussions liées à la sécurité et sur les effets négatifs potentiels, mais l'accélération entraînera aussi des avantages. Certains des procédés qui demandent énormément de temps et d'efforts seront grandement accélérés et, lorsque ce sera chose faite, il y aura des effets positifs et négatifs. Nous espérons que nous pourrions contrôler les effets négatifs et optimiser les effets positifs pour qu'ils représentent une part égale des retombées possibles. Nous espérons également que le Canada prendra part à cette discussion. Nous espérons que les changements dont nous avons été témoins en informatique dans les 10 à 15 dernières années seront aussi reconnus pour leurs effets positifs. Ainsi, nous pourrions exploiter les innovations majeures qui verront le jour et les utiliser pour aider un grand nombre de personnes.

• (1650)

M. Gilles Brassard: Je suis désolé de vous interrompre...

M. Brian Masse: Pas de problème.

M. Gilles Brassard: ... je sais qu'il n'est pas de mise de couper la parole à votre comité, mais j'estime que je dois ajouter quelque chose: le mythe veut que les ordinateurs quantiques soient à ce point plus puissants que les ordinateurs conventionnels qu'ils peuvent résoudre tout problème, à une vitesse exponentiellement plus rapide. Ce n'est pas vrai. Les ordinateurs quantiques résolvent certains problèmes à une vitesse exponentiellement plus rapide que les ordinateurs conventionnels — par exemple, pour décomposer des nombres en facteurs et pour décoder une cryptographie. Toutefois, pour les problèmes NP-complets et en particulier pour les problèmes NP-durs, les données démontrent clairement que les ordinateurs quantiques ne sont pas beaucoup plus performants, pas plus que l'amélioration quadratique, qui n'est pas à dédaigner, mais qui est à des années-lumière d'offrir un avantage exponentiel.

Alors, oui, certains problèmes NP-durs pourraient être résolus plus rapidement avec les ordinateurs quantiques, mais pas aussi spectaculairement que les problèmes comme ceux qui nous permettent de décoder la cryptographie. Les ordinateurs quantiques n'offrent pas une même vitesse accrue pour la résolution de tous les problèmes. Pour certains problèmes, oui; pour d'autres, non.

Le président: Merci, monsieur Brassard. Nous apprécions vos commentaires.

Je donne maintenant la parole à M. Kram pendant cinq minutes.

M. Michael Kram (Regina—Wascana, PCC): Merci, monsieur le président. Je vais utiliser mon temps à bon escient si je n'ai pas beaucoup de marge de manoeuvre.

Monsieur Brassard, certaines de vos affirmations ont vraiment attiré mon attention. Si je vous ai bien compris, vous avez dit que, si nous ne prenons pas les mesures qui s'imposent, toute l'infrastructure cryptographique va s'effondrer et nous nous retrouverons au coeur d'une catastrophe en devenir et même au coeur d'une apocalypse.

M. Gilles Brassard: C'est ce que j'ai dit, oui.

Des voix: Oh, oh!

M. Michael Kram: D'accord. Je veux m'assurer de bien comprendre. Disons que nous ne prenons absolument aucune précaution au cours des 10 à 20 prochaines années, quelle forme prendra l'apocalypse?

M. Gilles Brassard: Eh bien, si rien ne change, le passé deviendra un grand livre ouvert lorsqu'un ordinateur quantique sera disponible... et, comme je l'ai dit, rien ne pourra empêcher cette situation. Disparu. Le passé aura disparu. Il faudra l'oublier. Mais si nous ne prenons aucune mesure aujourd'hui, dans 10 ans, tout ce qui aura été envoyé de façon soi-disant confidentielle dans les 10 prochaines années deviendra aussi un grand livre ouvert. C'est ce que je veux dire quand j'affirme qu'on ne peut sauver le passé, mais qu'on peut essayer de sauver l'avenir.

Vivrons-nous une apocalypse? Cela dépend. Parmi les renseignements qui ont été envoyés de façon confidentielle, nous continuerons à dormir sur nos deux oreilles si certains sont révélés dans 10 ans. Si votre numéro de carte de crédit devient accessible dans 10 ans, mais que vous ne vous en servez plus, qu'est-ce que ça pourra bien faire? En contrepartie, vous voulez peut-être que vos antécédents médicaux restent secrets à tout jamais. Si vous envoyez des renseignements liés à vos antécédents médicaux et que vous tenez à ce qu'ils restent secrets pour le reste de votre vie, vous n'avez pas de veine.

Bien entendu, plus important encore, si, par exemple, des données de sécurité nationale sont envoyées sans protection accrue, alors oui, il pourrait y avoir une apocalypse; tout dépendra des voyous qui se serviront des données lorsqu'elles deviendront un grand livre ouvert.

• (1655)

M. Michael Kram: Poursuivons sur ce point. Si vous étiez le conseiller spécial de la ministre de la Défense nationale et que votre objectif était de veiller à ce que l'armée de terre, la Marine et la force aérienne communiquent de façon sécurisée, que recommanderiez-vous?

M. Gilles Brassard: J'ai deux réponses. Une option est de se servir de la cryptographie quantique qui, ici encore, est démontrée inconditionnellement sécuritaire mais nécessite une infrastructure qui n'est peut-être pas disponible pour ces applications.

L'autre option est de se servir de systèmes purement conventionnels qui sont en train d'être développés. En fait, certains d'entre eux sont complètement développés, mais font l'objet d'un examen pour l'évaluation de leur sécurité. Des efforts d'envergure sont déployés au sein de l'Équipe nationale de soutien au renseignement militaire — ou NIST —, aux États-Unis, pour tenter de normaliser la soi-disant cryptographie post-quantique. La NIST a reçu des propositions de partout dans le monde, puis il y a eu quelques cycles où...

Le processus était public et complètement ouvert à toute la communauté. Les personnes intéressées ont soumis leurs propositions à l'Équipe nationale de soutien au renseignement militaire, qui étaient toutes publiques. Certaines personnes, habituellement les mêmes, ont tenté leur chance avec les propositions d'autrui, alors bon nombre de propositions ont été écartées. Certaines existent encore. On s'attend à ce que la NIST recommande non pas un gagnant, comme elle l'a fait pour la norme de chiffrement avancé, mais quelques candidats prometteurs. Je le répète, nous savons qu'on ne peut absolument pas espérer prouver le niveau de sécurité qu'offrent ces systèmes purement conventionnels.

Lorsque la NIST recommandera quelles solutions privilégier, il faudra se demander si nous voulons suivre la recommandation d'un gouvernement étranger, aussi amical soit-il, ou si nous voulons nous doter, comme je le recommanderais, de plus d'expertise canadienne. Nous ne devrions pas suivre la recommandation de la NIST au pied de la lettre et nous en servir sur-le-champ. Il faudrait aussi l'évaluer dans le contexte canadien.

Mais si c'est urgent, il faut bien comprendre que la sécurité est nécessaire dès maintenant même si la NIST n'a pas encore formulé ses recommandations. J'imagine que la voie à privilégier est celle que Mme Simmons a proposée, soit d'utiliser plusieurs systèmes. Nous ne savons pas quels systèmes sont sécuritaires; il est possible qu'aucun système ne le soit. Toutefois, si on utilise plusieurs d'entre eux pour des applications très sécurisées et pour établir des clés secrètes, puis qu'on combine ces clés de façon sécurisée — ce que nous sommes capables de faire — la clé ainsi créée sera aussi sécuritaire que le système le plus fort de l'ensemble. C'est un cas inhabituel où la sécurité de l'ensemble est égale au maillon le plus fort — pas le plus faible, — ce qui est très rassurant.

Il faut garder à l'esprit que cela ne peut se faire sur Internet pour le citoyen moyen; une transaction normale prendrait beaucoup trop de temps. Mais pour une application de sécurité nationale, ce pourrait être la voie à privilégier pour l'instant, jusqu'à ce que nous saissions mieux quels systèmes sont les plus sécuritaires et devraient donc être utilisés.

Pour l'instant, c'est le mieux qu'on puisse faire si on combine la solution à la cryptographie quantique — si on en a les moyens et si on détient l'infrastructure pour l'utiliser.

Le président: Merci beaucoup, messieurs Kram et Brassard.

Nous passons à M. Dong pendant cinq minutes.

M. Han Dong (Don Valley-Nord, Lib.): Merci beaucoup, monsieur le président.

J'aimerais d'abord remercier tous les témoins. Au fur et à mesure où nous en apprenons davantage sur l'informatique quantique, grâce aux réunions précédentes, je constate que nos questions sont plus pertinentes, ainsi que les témoignages. Nous en apprenons encore plus sur le sujet aujourd'hui.

Avant d'oublier, je veux mentionner que je suis entièrement d'accord avec Mme Hall par rapport à un programme de formation national conjoint.

À ce sujet, madame Ghose, je crois vous avoir entendu dire que vous enseignez l'informatique quantique au premier cycle universitaire. Pouvez-vous acheminer au Comité, à une date ultérieure, des détails sur votre programme, comme la liste des cours et le nombre d'étudiants intéressés à fréquenter votre établissement? Ce serait très utile.

Vous avez aussi parlé brièvement du fait que les questions éthiques sur l'IA ont fait couler beaucoup d'encre, mais qu'il n'en est pas de même pour les questions d'éthique quantique. Pouvez-vous nous donner un peu plus de détails? Qu'est-ce que l'éthique quantique a d'unique? A-t-elle des similitudes avec l'éthique liée à l'IA?

• (1700)

Mme Shohini Ghose: Oui, d'accord.

Tout d'abord, il me fera plaisir de vous acheminer les détails sur mon cours.

Deuxièmement, un grand nombre de questions sur l'éthique en IA — l'éthique liée à la technologie et à son utilisation en général — peut bien entendu s'appliquer à l'informatique quantique. Je pense que c'est important de le garder à l'esprit.

En outre, je crois que le domaine offre de nouveaux types d'applications potentielles que nous n'avons même pas encore imaginées. Nous avons à tout prix besoin d'une structure pour ne pas être pris de court par ce qui se produira à l'avenir. Il nous faut un système en place pour comprendre de quoi devront être composées les structures qui sous-tenderont le lancement de la technologie.

L'aspect de la sécurité constitue un deuxième volet. En fait, comme M. Brassard l'a énoncé, la distribution quantique des clés offre une sécurité qui a été démontrée pour être impossible à pirater. Disons que ce modèle devient la norme et que tout le monde détient des systèmes complètement chiffrés et sécurisés. Dans cette réalité, les acteurs malveillants auront aussi l'outil en mains. Je pense qu'il faudra répondre à de nombreuses questions sur la réglementation et les politiques entourant l'utilisation de cette technologie et définir en quoi consistera une utilisation acceptable.

Il faudra répondre à ces questions très prudemment.

M. Han Dong: J'ai vu M. Brassard faire non de la tête.

Voulez-vous nous faire part de vos commentaires?

M. Gilles Brassard: Oui. C'est un autre mythe que je veux démythifier, celui où on oppose la sécurité à la confidentialité et où la sécurité se traduit par l'application de la loi.

C'est un faux débat. Il faut opposer la sécurité à la sécurité; j'entends par là que les citoyens ont un droit à la protection de leurs renseignements qui l'emporte sur presque tout le reste. J'ai bien dit « presque. »

Il est faux de croire que les policiers ou les forces de l'ordre se servent du déchiffrement pour mettre la main au collet des criminels. Ils utilisent ce qu'on appelle les métadonnées, soit les données indiquant qui parle à qui, dans une mesure beaucoup plus importante que ce qu'on nous dit. Ces données ne sont pas protégées par le chiffrement courant. Ces renseignements sont disponibles même quand la communication est chiffrée, et même les forces de l'ordre ne peuvent faire le déchiffrement.

Je suis un fervent défenseur de la protection des renseignements personnels qui est un droit fondamental des citoyens. C'est vrai, en priorisant ce droit, des acteurs malveillants passeront peut-être entre les mailles du filet, mais c'est le prix à payer pour un concept beaucoup plus important: le droit à la vie privée.

M. Han Dong: Je crois que ce sont là d'excellents conseils pour les décideurs. Si d'autres témoins ont des recommandations utiles à fournir aux décideurs sur les questions éthiques qu'entraîne l'informatique quantique, veuillez nous les envoyer après la réunion.

Monsieur Brassard, comme vous avez déjà la parole, j'ai une question très précise à vous poser.

Selon vous, comment l'informatique quantique influencera-t-elle le monde de la cryptomonnaie? Ce milieu fait l'objet d'un énorme battage médiatique.

M. Gilles Brassard: Je crois que Facebook et Bitcoin sont les deux pires abominations informatiques du siècle. Ce n'est que mon opinion personnelle.

Par rapport à Bitcoin, je ne m'oppose pas aux devises anonymes, qui peuvent servir à des causes malveillantes comme à de bonnes causes. Là n'est pas la question. Ce qui importe, c'est la quantité de ressources que gaspille Bitcoin, comme les fermes...

M. Han Dong: Bitcoin ou les cryptomonnaies existeront toujours une fois que...

M. Gilles Brassard: Désolé. Pour répondre à votre question, dans l'état actuel des choses, certaines cryptomonnaies, comme le bitcoin, mordront complètement la poussière dès l'avènement de l'ordinateur quantique, et ce pour deux raisons.

Premièrement, ce type de cryptomonnaie utilise fondamentalement des signatures numériques, qui ne sont pas nécessairement brisées par l'informatique quantique si la mise en œuvre se fait adéquatement, mais, si je ne m'abuse, il s'agit de signatures numériques de type RSA. Ce type de signature est brisé par un ordinateur quantique. L'ensemble de la chaîne de blocs se brisera dès qu'un ordinateur quantique sera disponible, puisque son pilier est protégé par des signatures de type RSA. C'est le premier enjeu.

Deuxièmement, les cryptomonnaies sont basées sur la notion de preuve de travail. On prétend qu'il faut travailler pendant un certain temps pour le minage de monnaie et qu'il existe une obligation fondamentale de travailler pendant tant de temps ou de faire tant de travail pour le minage d'une nouvelle monnaie. Ce n'est pas vrai, car l'informatique quantique nous permettrait de faire du minage de monnaie beaucoup plus efficacement, même si c'est seulement de façon quadratique. Cela nous ramène à la question du NP-difficile. Cela dit, les ordinateurs quantiques briseraient l'hypothèse de base de la preuve de travail que sous-tend la plupart des cryptomonnaies.

Cela ne signifie pas que c'est la fin des cryptomonnaies, mais la méthode de mise en œuvre actuelle deviendra chose du passé avec l'arrivée d'un ordinateur quantique.

• (1705)

M. Han Dong: Merci.

[Français]

Le président: Je vous remercie beaucoup.

Monsieur Deltell, vous avez la parole.

M. Gérard Deltell (Louis-Saint-Laurent, PCC): Je vous remercie beaucoup, monsieur le président.

Mesdames et messieurs, je vous souhaite la bienvenue à notre Comité. Vous formez un groupe de témoins exceptionnel. Nous vous remercions énormément de votre contribution, et soyez assurés que vos témoignages sont très utiles pour notre étude.

Monsieur Brassard, j'aimerais vous parler un peu de l'entreprise montréalaise que vous avez mentionnée tout à l'heure, qui peut fabriquer des ordinateurs quantiques.

Pouvez-vous nous en dire davantage à ce sujet sans, évidemment, dévoiler quelque secret que ce soit?

M. Gilles Brassard: Tout d'abord, je n'aurais aucun secret à dévoiler, parce que je n'ai pas d'information privilégiée à ce sujet. Tout ce que je sais, c'est que l'entreprise s'appelle Anyon Systems et que sa devise est *Nous développons des ordinateurs quantiques*.

J'ai eu l'occasion à quelques reprises d'écouter des conférences faites par des représentants de cette entreprise, mais je ne les connais pas personnellement. Tout ce que je peux dire à leur sujet, c'est qu'ils ont l'air sérieux. Cependant, je n'ai pas essayé les produits de cette entreprise, je ne peux donc pas dire s'ils sont bons ou non.

En revanche, ils ont l'air tout à fait sérieux quant à leur volonté de construire des ordinateurs quantiques à petite échelle, pour l'instant du moins, mais d'en construire suffisamment pour faire des expériences intéressantes.

M. Gérard Deltell: Monsieur Brassard, je crois vous avoir entendu dire tout à l'heure que vous aviez déjà loué des prototypes pour faire des expériences ou que des prototypes pouvaient être loués.

Ai-je bien compris?

M. Gilles Brassard: Je n'ai jamais loué quoi que ce soit de ce genre. Personnellement, je n'ai jamais fait d'expériences sur un ordinateur quantique réel. Je sais que je pourrais le faire si je le voulais, mais je ne l'ai jamais fait.

Il est possible de louer du temps d'utilisation sur une machine quantique auprès d'entreprises, notamment IBM et Rigetti. Plusieurs entreprises américaines permettent de louer du temps d'utilisation sur une machine quantique. Pour des fins de recherche, le temps d'utilisation est même gratuit, dans une certaine mesure, pour les plus petites opérations.

En ce qui concerne Anyon Systems, je ne sais pas si son premier ordinateur quantique est déjà disponible. Je sais que l'entreprise y travaille et qu'elle prévoit, d'ici un an ou peut-être deux, tout au plus, de mettre sur le marché des ordinateurs quantiques que l'on pourra acheter. En fait, on peut déjà passer une commande.

En toute honnêteté, je ne connais pas assez bien cette entreprise pour pouvoir en parler de façon plus précise.

M. Gérard Deltell: J'aimerais revenir sur les questions liées à la sécurité, à la protection de la confidentialité et à la vie privée. Vous avez très bien expliqué la différence entre ces trois aspects.

Vous avez dit que, dans 10 ans, les ordinateurs quantiques pourraient permettre à des gens d'accéder à des renseignements qui sont actuellement protégés, par le truchement de nos courriels ou de nos sites Internet.

N'y a-t-il pas moyen de...

M. Gilles Brassard: Ils pourraient y avoir accès de façon rétroactive.

M. Gérard Deltell: Si ces ordinateurs sont si puissants, peut-on faire en sorte que les mesures de protection soient aussi puissantes qu'eux?

M. Gilles Brassard: C'est absolument impossible. Ce qu'il faut comprendre, c'est qu'il est trop tard. L'information dont je parle a déjà été emmagasinée par de futurs malfaiteurs. Je ne parle pas uniquement de malfaiteurs, car il peut aussi s'agir de corps de police.

Quoi qu'il en soit, l'information dont je parle a circulé sur Internet et elle a déjà été emmagasinée. Rien ne peut empêcher quiconque a un ordinateur quantique et qui a emmagasiné cette information par le passé de tout simplement la ressortir des boules à mites, si je peux m'exprimer ainsi, et de la décrypter de façon rétroactive.

On ne peut pas sauver de l'information qui a déjà été interceptée. On peut seulement essayer de sauver l'information à venir. Ce n'est pas une question de technologie à inventer pour produire de l'information. Ce dont il s'agit ici, c'est d'information qui n'a pas été produite de façon adéquate et qui a circulé. Si elle a été enregistrée, il n'y a plus rien à faire.

• (1710)

M. Gérard Deltell: Je vous remercie, monsieur Brassard.

Madame Ippersiel, vous avez dit qu'il y avait huit projets quantiques en cours au Québec.

Sans dévoiler quelque secret que ce soit, pourriez-vous nous donner un exemple de ce qui se fait et nous parler du financement nécessaire et de la collaboration entre les secteurs privé et public, entre autres choses?

Mme Marie-Pierre Ippersiel: Je peux vous donner un exemple de projet non confidentiel, qui associe SBQuantum, qui se spécialise dans les technologies liées aux magnétomètres, et Solmax, une entreprise évoluant dans le secteur de l'environnement. L'objectif du projet est de recourir aux technologies liées aux magnétomètres quantiques pour accroître la fiabilité de la détection de failles dans différentes structures enfouies pouvant contenir des contaminants. Selon moi, c'est un beau projet, dans lequel le gouvernement du Québec a investi 747 000 \$ sur un budget total de 1,5 million de dollars. Les deux entreprises ont aussi investi des sommes dans ce projet. C'est donc un bel exemple de projet financé dans le cadre d'un appel de projets du gouvernement du Québec.

Les appels de projets sont très intéressants parce qu'il en existe différents volets. En effet, il est possible de soutenir une entreprise en démarrage, une PME, un projet associant deux entreprises comme celui dont je viens de vous parler, ou un projet associant une ou plusieurs entreprises au milieu de la recherche.

Je sais que ce n'est pas très séduisant, mais j'ai ici une liste assez importante de titres de projets. Elle comprend notamment un projet de développement de procédés de synthèse du diamant pour des applications dans le domaine de la technologie quantique. Cela se fait toujours à température ambiante, car on a compris que le diamant pouvait être un matériau quantique.

C'est donc le genre de projets que nous avons. Je vous invite à visiter le site Web de Québec Quantique. Comme le sait très bien M. Gagnon-Gordillo, pour chacun des projets financés, notamment entre deux entreprises ou entre des centres de recherche et des entreprises, il existe une espèce de fiche qui vulgarise l'objectif, le problème à résoudre et les sommes investies.

Pour certains des projets, il y a parfois une contrepartie, au-delà de l'investissement du gouvernement du Québec, c'est-à-dire un financement complémentaire provenant d'organismes subventionnaires comme le CRSNG.

Le président: Je vous remercie, madame Ippersiel.

Monsieur Fillmore, vous avez la parole pour cinq minutes.

[Traduction]

M. Andy Fillmore (Halifax, Lib.): Merci, monsieur le président.

J'aimerais aussi remercier nos témoins d'être ici aujourd'hui. Vous dressez un tableau de plus en plus lisible d'un enjeu très complexe, et nous vous en sommes très reconnaissants.

Nous avons beaucoup entendu parler de sécurité, parfois de façon plutôt sinistre, et je voudrais changer un peu cela.

J'aimerais m'adresser à vous, madame Hall. Je suis heureux de vous voir. J'ignore si je suis votre député, mais je suis le député de l'Université Dalhousie et je suis très heureux de vous voir parmi nous aujourd'hui.

J'ai consulté votre site Web de recherche avant la réunion d'aujourd'hui et j'ai été ému par les jeunes avec lesquels vous travaillez et par leur nombre, leurs sourires et l'intérêt qui transparaît dans les photos que vous y avez publiées. Il est évident que leur imagination a été sollicitée. Ils pensent à l'avenir. Ils cherchent à atteindre un but précis. Cela m'a fait penser à l'exposition universelle de New York de 1964, où GE présentait « The World of Tomorrow », soit une vision de l'avenir, sur la façon dont l'électricité, l'essence et les voitures allaient changer le monde.

Je me demande si nous pourrions adopter une vision plus optimiste. Comme vous l'avez dit, madame Hall, il n'est peut-être pas nécessaire que les Canadiens comprennent la technologie, mais peut-être devraient-ils par contre comprendre son importance. Les témoins peuvent-ils nous parler un peu de la recherche de l'avenir intérieur et de la direction que cela prend, ainsi que de la façon dont l'informatique quantique ou les résolveurs hybrides vont améliorer nos vies?

Mme Kimberley Hall: J'aimerais dire qu'il n'est pas très difficile de recruter des étudiants enthousiastes dans ce domaine. Nous avons un certain avantage par rapport à d'autres domaines, car la mécanique quantique est si intrinsèquement intéressante qu'elle attire un spectre d'étudiants intéressés par le domaine qui va de ceux qui veulent changer le monde, ce qui est possible avec cet outil, à ceux qui trouvent simplement la mécanique quantique intéressante. Étant donné ce spectre allant de l'appliqué à l'extrêmement basique, je trouve que c'est un domaine dans lequel il n'est pas vraiment difficile d'avoir des étudiants enthousiastes.

Il est très important d'inciter les étudiants à s'aventurer dans ce domaine, et les institutions doivent travailler de concert pour veiller à ce que les gens y restent, comme cela a été évoqué à maintes reprises. Il est particulièrement important de recruter des personnes autres que les étudiants qui ont déjà un intérêt pour le domaine.

Dans mes remarques liminaires, j'ai fait remarquer que certaines des applications à court terme, comme la détection, sont beaucoup plus faciles à expliquer que les problèmes de NP-difficile. J'ai suivi toutes les réunions et il en faut beaucoup pour faire comprendre que la cryptographie quantique doit être l'avenir de la sécurité. Je pense que l'on a tendance à adopter un point de vue à plus long terme lorsque quelqu'un essaie de résoudre l'informatique quantique, mais si on peut très facilement résoudre la détection quantique, c'est un domaine sur lequel les gens devraient se concentrer pour tenter de recruter des personnes enthousiastes dans ce milieu.

• (1715)

M. Andy Fillmore: Si vous vous rendiez dans une salle de classe de sciences de huitième année — et vous le faites peut-être déjà — et si vous essayiez de recruter des jeunes et de les faire réfléchir à une carrière dans laquelle ils suivraient vos traces, que leur diriez-vous pour les enthousiasmer quant à l'avenir? Comment leur vendriez-vous l'informatique quantique?

Mme Kimberley Hall: Je dirais que c'est un privilège d'avoir un travail qui permet de réfléchir à des choses telles que les mathématiques profondes tout en faisant quelque chose d'utile aux fins d'application potentielle. Cela peut séduire bien des gens, passant des petits universitaires qui veulent simplement jouer avec des trucs à ceux qui veulent réellement changer le monde.

Beaucoup de jeunes veulent changer le monde de nos jours, alors il est essentiel de leur expliquer le rôle que la technologie quantique peut jouer pour y arriver. Beaucoup de gens s'intéressent à l'énergie pour de très bonnes raisons, mais la technologie quantique peut changer le monde tout autant que la conception de matériaux pour cellules solaires. Vous pouvez utiliser un ordinateur quantique pour concevoir de tels matériaux et vous pouvez utiliser la spectroscopie quantique pour étudier les matériaux énergétiques.

Il est très important de miser sur les divers aspects qui incitent les gens à s'aventurer dans un domaine. L'idée de changer le monde et de faire des expériences scientifiques amusantes englobe le tout.

M. Andy Fillmore: Merci beaucoup, madame Hall.

Me reste-t-il du temps?

Le président: Non.

M. Andy Fillmore: D'accord, merci beaucoup.

[Français]

Le président: Je vous remercie.

Monsieur Lemire, vous avez la parole pour deux minutes et demie.

M. Sébastien Lemire: Je vous remercie, monsieur le président.

Monsieur Gagnon-Gordillo, je vous remercie d'être avec nous aujourd'hui.

Au mois de novembre, M. Luc Sirois, l'innovateur en chef du Québec, a accordé une entrevue au magazine *Québec Science* au cours de laquelle il a dit que nos entreprises peinaient à effectuer des investissements en recherche-développement.

Des propos similaires ont été avancés à ce comité, notamment par M. Alain Lamarre, dans le cadre de l'étude sur la capacité de produire des vaccins contre la COVID-19, et par M. Alexandre Blais, dans le cadre de la présente étude.

Selon vous, le gouvernement fédéral peut-il jouer un rôle pour attirer davantage d'investissements privés en recherche-développement, particulièrement au Québec?

Qu'est-ce qui doit être fait, selon vous?

M. Olivier Gagnon-Gordillo: C'est une question très large. Je vais essayer d'y répondre du mieux que je peux, mais je ne promets rien.

En ce qui concerne les investissements, si l'on prend l'exemple du Fonds pour les technologies profondes de la Banque de développement du Canada, ou BDC, qui est quand même une société d'État, il s'agit de 200 millions de dollars, et les technologies quantiques peuvent représenter une bonne part de cette somme.

Ce qui se passe au Canada est quand même connu depuis plusieurs années. Il y a un peu de fonds aux stades du préamorçage et de l'amorçage d'entreprises. On lance des projets, on les sort des universités et on démarre des entreprises. Cela commence à bien fonctionner, mais, dès que l'on veut passer du stade de démarrage à celui de l'expansion, on manque d'argent. C'est généralement à ce moment que des investisseurs étrangers, principalement des États-Unis, engagent un capital de risque dans ces entreprises, et on les perd.

Il y a vraiment quelque chose à faire à cet égard, surtout au-delà de la série A, c'est-à-dire quand il s'agit de sommes beaucoup plus importantes en capital de risque, comme dans les séries B et C. Il y a de l'argent à investir là-dedans, et le gouvernement fédéral peut certainement jouer un rôle à cet égard.

Par ailleurs, lorsqu'il s'agit des technologies quantiques, le processus est long. Auparavant, pour obtenir du financement pour le capital de risque, cela pouvait prendre souvent de sept à dix ans, surtout pour les entreprises dans le nuage, comme Facebook et Airbnb. Pour les technologies quantiques, la période est plutôt de 15 ans. Le développement d'une entreprise dans ce secteur prend donc beaucoup plus de temps et il faut être plus patient quant aux types d'investissement qui y sont faits. C'est un facteur à considérer. Si l'on avait un peu plus d'appui du gouvernement fédéral, cela pourrait changer les choses de façon importante.

• (1720)

M. Sébastien Lemire: J'aimerais vous poser une autre question.

Le président: Je suis désolé, monsieur Lemire, mais votre temps de parole est écoulé.

Monsieur Masse, vous avez la parole pour deux minutes et demie.

[Traduction]

M. Brian Masse: Merci, monsieur le président.

J'aimerais poser une question très rapide à M. Brassard: Y a-t-il des pays avec lesquels nous pourrions nous harmoniser ou travailler? Je suis intéressé de savoir sur qui nous devrions nous concentrer. Est-ce les États-Unis? L'Australie? L'Europe?

Que fait le Canada pour déterminer avec qui travailler en priorité?

M. Gilles Brassard: C'est une question difficile. Les États-Unis sont notre allié, bien sûr, et ils font de bonnes choses — en matière de recherche et de développement, entre autres. Je ne pense pas que nous puissions prétendre qu'ils ne sont pas là. Oui, nous devrions collaborer avec eux, non pas que nous ayons le choix.

L'Europe, quant à elle, déploie un effort concerté pour développer à la fois la cryptographie quantique et un Internet quantique. Il s'agit d'un effort très concerté. Tout se passe très bien là-bas, et nous ne pourrions que sortir gagnants d'une collaboration avec les Européens.

Le Japon fait aussi du très bon travail dans ce domaine, alors c'est une question de faire un choix. Il n'existe pas une seule réponse.

M. Brian Masse: Madame Hall, vous avez parlé de quelque chose qui ressemblerait à un diplôme pancanadien en informatique quantique. Si l'on pouvait obtenir de façon concise une certaine collaboration entre les universités canadiennes, pensez-vous que cela serait suffisamment acceptable, au lieu que chaque université se batte pour une partie du gâteau ou un domaine de spécialisation?

Est-ce là ce que vous proposez? Parle-t-on d'une approche plus globale qui rassemblerait tout le monde pour avoir une approche plus solide, centralisée ou spécifique?

Mme Kimberley Hall: Je pense absolument que tout le monde devrait s'unir et se coordonner. Cela profiterait à tous, car nous cesserions de nous faire concurrence pour attirer les étudiants diplômés et commencerions à collaborer pour les inclure. Cela nous aiderait aussi sur le plan de la diversité et de l'inclusion, car nous pourrions recruter des étudiants de partout au pays qui auraient accès à ce programme de formation.

Une attestation officielle est importante pour attirer des gens de l'extérieur. Les étudiants peuvent être recrutés facilement s'ils savent qu'ils vont obtenir quelque chose à la fin du processus. Il existe probablement des obstacles à un tel projet; j'ignore s'il sera facile pour des étudiants extérieurs d'assister à des cours offerts par l'Université de la Colombie-Britannique et l'Université Dalhousie, mais cela devrait être possible en cette ère électronique où nous sommes tous très habitués à suivre des cours en ligne.

M. Brian Masse: J'ai misé sur cette approche plutôt que sur la concurrence dans la communauté des personnes handicapées, et il s'agit d'un concept fort intéressant.

Merci, monsieur le président.

Le président: Merci beaucoup.

Allez-y, madame Gray.

Mme Tracy Gray: Merci, monsieur le président.

J'aimerais poser quelques questions.

Monsieur Chong, savez-vous si les hôpitaux ou les organisations médicales mettent à jour leurs politiques en matière de vie privée pour se préparer à l'informatique quantique? Si vous n'êtes pas au courant d'une telle chose, avez-vous des recommandations à cet égard?

M. Jaron Chong: Il s'agit là encore d'une question fort intéressante.

Je n'ai pas eu vent de telles mises à jour. Tout le monde pense à cette notion d'un jour J qui se produira à un moment donné, lorsque tous nos systèmes de chiffrement à clé publique seront désactivés ou compromis d'une certaine façon, mais nous n'avons pas encore vu une telle chronologie ou même la possibilité d'un tel exploit. Cela est très poussé, mais je n'ai pas constaté de politique à cet égard.

Je pense que l'évolution des renseignements sur les soins de santé ou les technologies de l'information ressemble beaucoup à celle

des systèmes financiers. Pensons aux débuts, et à la façon dont le chiffrement à clé publique et le SSL ont aussi été incorporés dans les transactions bancaires en ligne... Je me souviens d'une époque où on ne faisait pas ses transactions bancaires en ligne. On n'avait pas de téléphone intelligent; on utilisait plutôt un télécopieur. Nous avons évolué et en sommes arrivés à un point où il est possible d'effectuer ces opérations en toute sécurité sur un ordinateur.

Je peux facilement imaginer que ces mêmes réglementations qui ont évolué dans le milieu des finances s'appliqueront très facilement au milieu des soins de santé. Si l'on instaure un réseau chiffré quantique ou des normes semblables, ou si l'on adopte certains algorithmes ou une résistance quantique, tout cela évoluera de la même manière.

Ce que j'aimerais voir du côté du gouvernement ou des organismes de réglementation en ce moment... Lorsque nous aurons une indication que des exploits potentiels pourraient se produire — et que certaines industries et certains domaines à haut risque ou critiques seront, tout d'abord, classés comme tel — il faudrait avoir une synchronisation des diverses réglementations. Je pense que cela profiterait à d'autres industries dans le milieu des communications et des technologies de l'information, et nous pouvons tous apprendre des choses des diverses industries ensemble.

• (1725)

Mme Tracy Gray: Merci beaucoup.

Ma prochaine question sera pour...

M. Gilles Brassard: Je suis désolé de vous interrompre, mais j'aimerais aussi répondre à la question, s'il vous plaît.

Mme Tracy Gray: D'accord, mais soyez bref, je vous prie, car j'aimerais poser d'autres questions.

M. Gilles Brassard: Je le serai. Pardonnez-moi.

Je voulais simplement dire que Toshiba travaille très sérieusement sur la protection de données médicales avec la cryptographie quantique. Je vais m'arrêter là.

Mme Tracy Gray: Excellent, merci.

Monsieur Gagnon-Gordillo, vous avez dit dans vos remarques liminaires que le Canada a de la difficulté à garder ses étudiants au pays. La firme Léger vient de publier une étude dans laquelle on demandait aux immigrants pourquoi ils ne recommanderaient pas le Canada aux futurs immigrants. L'une des principales raisons invoquées était le coût de la vie au pays.

Vous avez dit que le Canada a de la difficulté à garder ses étudiants au pays et je me demandais quelles étaient vos réflexions à ce sujet. Est-ce que le coût de la vie, la recherche d'un logement, et le coût du logement jouent un rôle à cet égard?

M. Olivier Gagnon-Gordillo: Je pense que nous devons faire une distinction entre les divers étudiants. Si l'étude dont vous parlez porte sur tous les étudiants, alors, selon le programme dans lequel ils étudient, il est évident que les salaires ne sont pas les mêmes. Si l'on parle de la situation habituelle dans le domaine qui nous occupe, les gens gagnent de bons salaires, et donc le coût de la vie ne poserait pas problème. Pour ce qui est de la rétention des talents qui étudient ici en sciences quantiques ou en technologies quantiques, ces domaines mènent normalement à des postes très bien rémunérés, et donc, je ne crois pas que le coût de la vie au Canada poserait problème.

Mme Tracy Gray: Excellent, merci.

J'ai une question qui pourrait s'adresser à tous les témoins, s'ils ont un intérêt en la matière ou quelque chose à dire à cet égard. Si c'est le cas, vous pourriez peut-être lever la main afin que je vous donne la parole.

Nous savons que le gouvernement est en voie d'élaborer une stratégie quantique. Pourrions-nous tirer des leçons ou nous inspirer de politiques d'autres pays en matière d'informatique quantique? Le Canada devrait-il porter attention à ce que certains pays font et reproduire certaines méthodes ici? Est-ce que quelqu'un a quelque chose à dire à ce sujet — vous pouvez peut-être simplement lever la main —, à propos de ce qu'on aimerait voir dans notre stratégie au pays?

Allez-y, madame Hall.

Mme Kimberley Hall: Je peux vous répondre. Je pense qu'il y a eu des discussions sur le programme de la DARPA et sur la possibilité d'instaurer quelque chose de semblable au Canada. J'ai participé au programme SPINS de la DARPA il y a quelques années, alors je connais un peu la structure de ce type d'initiative. J'ai aussi fait des analyses régulières pour le département de l'Énergie des États-Unis. Je pense que les programmes défis du département de l'Énergie nous conviendraient un peu mieux que ceux de la DARPA, car la DARPA a tendance à donner le contrôle à un groupe de personnes très restreint, et le processus est peut-être trop limité. J'aime beaucoup les programmes défis du CNRC. Je pense qu'il s'agit d'excellents programmes.

Je pense que nous pourrions tirer une leçon du travail des Américains sur l'idée de chercher à travailler sur un sujet précis, ce que nous ne faisons pas présentement. Je pense que nous pouvons y arriver et, selon moi, les programmes défis du CNRC en sont un bon exemple.

Mme Tracy Gray: Merci beaucoup, madame Hall. Mon temps est écoulé.

Le président: Allez-y, monsieur Erskine-Smith.

M. Nathaniel Erskine-Smith (Beaches—East York, Lib.): Merci, monsieur le président.

Je vais poursuivre dans la même veine, madame Hall. Le CNRC a, par l'entremise de son programme défi, une façon unique de dépenser les fonds publics afin d'atteindre un résultat précis et d'encourager la concurrence. La stratégie nationale proposée prévoit une allocation budgétaire de 360 millions de dollars. Une partie de cet argent a déjà été versée.

Ma question s'adresse à tous les témoins, mais commençons avec vous, madame Hall. Poursuivre des programmes défis comme le CNRC l'a fait est une façon de dépenser cet argent. Auriez-vous d'autres conseils à donner au gouvernement quant à la meilleure façon de distribuer ces 360 millions de dollars?

Mme Kimberley Hall: J'ai fait valoir ce point pendant mon discours, mais la structure de financement du Canada a évolué vers la subvention d'équipes de grande envergure, comme FONCER et le Fonds d'innovation de la FCI. Ces programmes sont excellents et ont leur raison d'être, mais il est très important de souligner que ces grandes structures d'équipe laissent de nombreuses personnes de côté au Canada, d'excellents scientifiques qui ne travaillent tout simplement pas à la bonne université ou qui ne se trouvent pas dans une région où la masse critique est suffisante. Parfois, les gens ne peuvent faire partie d'une équipe en raison de la diversité et de la partialité, qui entre malheureusement parfois en jeu. C'est très important, si l'on veut soutenir la base scientifique du pays, de faire

des appels ouverts aux particuliers et aux petites équipes, parce que cela leur permettra de continuer leur travail.

• (1730)

M. Nathaniel Erskine-Smith: Merci, madame Hall.

Madame Ghose, avez-vous quelque chose à ajouter à ce qu'a dit Mme Hall au sujet de la façon de dépenser les 360 millions de dollars?

Mme Shohini Ghose: Oui. Je suis d'accord avec Mme Hall. Si l'on finance uniquement Alliance, FONCER et les programmes du CRSNG existants, ce sera comme d'habitude. Rien n'indique que ces programmes ont permis à tous ceux qui voulaient contribuer à ce domaine de le faire.

Je crois qu'il faut repenser et restructurer les programmes, et offrir quelque chose qui n'existe pas ici ou ailleurs dans le monde, pour miser sur le potentiel de nos scientifiques. Il faudra pour cela réaliser des recherches et inviter des conseillers à prendre part aux conversations sur la façon de bâtir des programmes vraiment inclusifs. Il y a des exemples dans d'autres domaines, mais pas encore dans le domaine de l'informatique quantique.

M. Nathaniel Erskine-Smith: Merci.

Madame Ippersiel, selon vous, quelle est la meilleure façon d'affecter les 360 millions de dollars par l'entremise de la stratégie nationale?

[Français]

Mme Marie-Pierre Ippersiel: En fait, je suis d'accord sur ce que la professeure Hall et la professeure Ghose ont évoqué.

Il y a certes la recherche, mais il faut également doser le financement entre la recherche fondamentale, qui est essentielle et dont les retombées se produisent toujours plus tard, et la recherche appliquée. On doit être capable de soutenir cette dernière et de s'assurer que la question de l'adoption des technologies quantiques est abordée, d'une certaine façon. En effet, si l'on n'a pas d'utilisateurs au bout du compte, cela n'aidera pas.

Il y a aussi toute la question du soutien de l'écosystème au complet. Un écosystème désigne notamment le milieu de la recherche, les entreprises, les jeunes pousses, les PME, les financiers, les utilisateurs potentiels, qui peuvent être de grands donneurs d'ordre.

Tantôt, M. Gagnon-Gordillo parlait de la Banque de développement du Canada et du Fonds pour les technologies profondes. Cela est également important pour soutenir tout ce qui concerne l'équipement de pointe.

Est-ce que la somme de 360 millions de dollars est suffisante? Si l'on compare à ce qui se fait ailleurs, je pense que ce n'est pas suffisant.

Enfin, il y a toute la question de la propriété intellectuelle. Il faudra trouver le moyen de bien la soutenir afin que la recherche développée ici puisse être brevetée et qu'elle ne parte pas à l'étranger.

[Traduction]

M. Nathaniel Erskine-Smith: Merci.

Pour le temps qu'il me reste, j'aimerais poser la même question à M. Gagnon-Godillon. Vous avez hoché de la tête lorsqu'on parlait d'entrepreneuriat et de l'appui des entreprises en démarrage.

Pourriez-vous nous parler de la meilleure façon d'affecter les 360 millions de dollars dans ce domaine?

M. Olivier Gagnon-Gordillo: Il y a beaucoup d'autres types de financement, outre les 360 millions de dollars, mais ils visent uniquement la recherche. Si l'on veut développer l'écosystème nécessaire pour que les entreprises restent au Canada, il faut en faire beaucoup plus en matière de transferts technologiques et veiller à ce que les entreprises adoptent la technologie quantique.

Le Canada compte d'importants secteurs industriels. Pourquoi ne les intégrons-nous pas? Les secteurs varient selon les provinces. Au Québec, nous avons désigné cinq secteurs en particulier, sur lesquels nous voulons miser. Il faut trouver un, deux ou trois champions et partir de là.

Nous pourrions le faire avec toutes les provinces. Nous pourrions trouver les premiers utilisateurs, qui deviendraient des champions. Ils pourraient ouvrir la voie pour l'adoption des technologies quantiques et financer ces projets.

M. Nathaniel Erskine-Smith: Je n'ai plus de temps, mais il serait injuste, monsieur Brassard, de ne pas vous donner l'occasion d'intervenir, si vous le souhaitez.

M. Gilles Brassard: Merci. Je suis d'accord avec tous les autres intervenants et je n'ai rien à ajouter, vraiment.

M. Nathaniel Erskine-Smith: Merci.

Le président: Merci.

M. Gilles Brassard: Sauf que je suis moi aussi d'avis qu'il faudrait investir plus, mais c'est un bon départ.

Le président: Les témoins ont pu constater que je n'ai pas beaucoup d'autorité en ce qui a trait à la gestion du temps du Comité.

Je tiens à remercier tous les participants. C'était notre dernière réunion avec témoins, et elle a été très instructive. Elle nous aidera à accroître la sensibilisation à l'égard de l'informatique quantique au cours des prochains mois.

[Français]

M. Bernard Généreux: Monsieur le président, j'aimerais poser une dernière question à M. Brassard.

Monsieur Brassard, la téléportation est-elle offerte quelque part en magasin? Est-ce que vous l'avez inventée?

M. Gilles Brassard: Pas encore. Il faudra patienter un bon moment.

Le président: On sait toutefois que si quelqu'un l'invente, cela risque d'être vous, monsieur Brassard. Je vous remercie d'être venu témoigner devant le Comité.

Je souhaite une bonne fin de journée à tous.

Je remercie les témoins et les membres du Comité.

La séance est levée.

Publié en conformité de l'autorité
du Président de la Chambre des communes

PERMISSION DU PRÉSIDENT

Les délibérations de la Chambre des communes et de ses comités sont mises à la disposition du public pour mieux le renseigner. La Chambre conserve néanmoins son privilège parlementaire de contrôler la publication et la diffusion des délibérations et elle possède tous les droits d'auteur sur celles-ci.

Il est permis de reproduire les délibérations de la Chambre et de ses comités, en tout ou en partie, sur n'importe quel support, pourvu que la reproduction soit exacte et qu'elle ne soit pas présentée comme version officielle. Il n'est toutefois pas permis de reproduire, de distribuer ou d'utiliser les délibérations à des fins commerciales visant la réalisation d'un profit financier. Toute reproduction ou utilisation non permise ou non formellement autorisée peut être considérée comme une violation du droit d'auteur aux termes de la Loi sur le droit d'auteur. Une autorisation formelle peut être obtenue sur présentation d'une demande écrite au Bureau du Président de la Chambre des communes.

La reproduction conforme à la présente permission ne constitue pas une publication sous l'autorité de la Chambre. Le privilège absolu qui s'applique aux délibérations de la Chambre ne s'étend pas aux reproductions permises. Lorsqu'une reproduction comprend des mémoires présentés à un comité de la Chambre, il peut être nécessaire d'obtenir de leurs auteurs l'autorisation de les reproduire, conformément à la Loi sur le droit d'auteur.

La présente permission ne porte pas atteinte aux privilèges, pouvoirs, immunités et droits de la Chambre et de ses comités. Il est entendu que cette permission ne touche pas l'interdiction de contester ou de mettre en cause les délibérations de la Chambre devant les tribunaux ou autrement. La Chambre conserve le droit et le privilège de déclarer l'utilisateur coupable d'outrage au Parlement lorsque la reproduction ou l'utilisation n'est pas conforme à la présente permission.

Aussi disponible sur le site Web de la Chambre des communes à l'adresse suivante :
<https://www.noscommunes.ca>

Published under the authority of the Speaker of
the House of Commons

SPEAKER'S PERMISSION

The proceedings of the House of Commons and its committees are hereby made available to provide greater public access. The parliamentary privilege of the House of Commons to control the publication and broadcast of the proceedings of the House of Commons and its committees is nonetheless reserved. All copyrights therein are also reserved.

Reproduction of the proceedings of the House of Commons and its committees, in whole or in part and in any medium, is hereby permitted provided that the reproduction is accurate and is not presented as official. This permission does not extend to reproduction, distribution or use for commercial purpose of financial gain. Reproduction or use outside this permission or without authorization may be treated as copyright infringement in accordance with the Copyright Act. Authorization may be obtained on written application to the Office of the Speaker of the House of Commons.

Reproduction in accordance with this permission does not constitute publication under the authority of the House of Commons. The absolute privilege that applies to the proceedings of the House of Commons does not extend to these permitted reproductions. Where a reproduction includes briefs to a committee of the House of Commons, authorization for reproduction may be required from the authors in accordance with the Copyright Act.

Nothing in this permission abrogates or derogates from the privileges, powers, immunities and rights of the House of Commons and its committees. For greater certainty, this permission does not affect the prohibition against impeaching or questioning the proceedings of the House of Commons in courts or otherwise. The House of Commons retains the right and privilege to find users in contempt of Parliament if a reproduction or use is not in accordance with this permission.

Also available on the House of Commons website at the following address: <https://www.ourcommons.ca>