

Mémoire présenté dans le cadre des consultations prébudgétaires en vue du budget de 2019

**Présenté par
D-Wave Systems Inc.**

**Vern Brownell
Président-directeur général**

**Warren Wall
Vice-président aux affaires générales**

Le 3 août 2018

Recommandation : Que le gouvernement du Canada offre un financement quinquennal d'au moins 50 millions de dollars pour un programme destiné expressément à faire du Canada le chef de file mondial en matière d'application de l'informatique quantique dans le but de faire face aux problèmes liés aux entreprises de haute valeur, à la politique publique et à la recherche pure, tant au niveau national qu'international, qui ne peuvent être résolus à l'aide des ressources informatiques conventionnelles actuelles.

Recommandation : Que le gouvernement du Canada incite les entreprises canadiennes à explorer le développement d'applications quantiques et à y investir pour résoudre des problèmes difficiles de façon à assurer la compétitivité du Canada en tant que chef de file de l'innovation grâce à cette nouvelle technologie.

Recommandation : Que le gouvernement du Canada favorise les universités et les organismes à forte intensité de recherche au Canada et, le cas échéant, leur accorde un financement de démarrage afin qu'ils puissent se concentrer sur l'élaboration de programmes et d'infrastructures connexes pour faciliter l'application de l'informatique quantique à des problèmes concrets.

Le premier ministre Justin Trudeau a attiré l'attention de façon importante sur le domaine de l'informatique quantique au Canada lorsqu'il a expliqué les fondements de la technologie dans sa réponse à une question d'un journaliste en avril 2016, lors d'un événement à l'Institut Périmètre de physique théorique. En effet, le Canada est un des principaux promoteurs de l'informatique quantique à l'échelle mondiale depuis des décennies grâce à la recherche menée à l'Institut Périmètre et à l'Institut d'informatique quantique, ainsi qu'à d'autres travaux universitaires partout au Canada. Depuis 1999, D-Wave Systems Inc., dont la direction se trouve à Burnaby, en Colombie-Britannique, est également un pionnier de la recherche et du développement d'ordinateurs quantiques et est aujourd'hui le principal fournisseur mondial de systèmes informatiques quantiques commerciaux. Les systèmes de D-Wave sont actuellement utilisés par des organisations novatrices de calibre mondial, notamment Google, la NASA et Lockheed Martin. Ces progrès technologiques ont placé le Canada et la Colombie-Britannique sur la scène internationale en tant que pionniers de l'informatique quantique commerciale.

L'informatique quantique représente l'un des fronts pionniers les plus passionnants de la technologie à l'heure actuelle. Elle exploite les propriétés remarquables de la mécanique quantique dans de nouveaux appareils informatiques, permettant la création de nouveaux algorithmes et applications qui promettent d'offrir une puissance informatique sans précédent pour résoudre certains des problèmes les plus difficiles auxquels l'humanité est confrontée. De nombreux gouvernements et grandes entreprises ont reconnu ce potentiel et ont commencé à investir massivement dans ce domaine, notamment le gouvernement chinois à raison de 10 milliards de dollars¹ et l'Union européenne, à hauteur de 1 milliard d'euros². Intel, IBM, Google et Microsoft ont mis sur pied leurs propres groupes de recherche pour construire divers types de périphériques qui démontrent la capacité quantique. Dernièrement, le House Science, Space and Technology Committee des États-Unis a annoncé son intention de présenter une loi sur l'initiative quantique nationale (National Quantum Initiative Act)³ afin de positionner les États-Unis comme chef de file mondial en science de l'information quantique.

On a surtout discuté, à l'échelle mondiale, de la promotion des modèles théoriques et de la construction de périphériques de bas niveau en tant que validation de principe. Il y a certainement encore beaucoup à apprendre en la matière et le Canada devrait continuer d'appuyer fermement les institutions nationales qui dirigent les domaines de la recherche théorique et scientifique. Cependant, l'expérience de D-Wave auprès des clients a démontré que l'industrie est prête à passer du stade expérimental à l'exploration du puissant potentiel de l'utilisation commerciale.

Il existe plus de 70 exemples publiés d'applications prototypes utilisant les systèmes informatiques quantiques actuels de D-Wave dans des domaines aussi divers que les soins de santé, l'énergie, les finances, la fabrication, le transport, la défense et la sécurité. Les problèmes dans ces domaines sont tellement complexes que même les superordinateurs les plus rapides disponibles aujourd'hui

¹ <https://www.bloomberg.com/news/articles/2018-04-08/forget-the-trade-war-china-wants-to-win-the-computing-arms-race> [en anglais seulement]

² <https://www.nature.com/news/europe-s-billion-euro-quantum-project-takes-shape-1.21925> [en anglais seulement]

³ <https://science.house.gov/sites/republicans.science.house.gov/files/documents/NationalQuantumInitiativeActOnePager.pdf> [en anglais seulement]

ne peuvent produire de résultats acceptables dans des délais raisonnables. Les systèmes D-Wave actuels approchent, et parfois surpassent, l'informatique conventionnelle en termes de rendement ou de qualité de la solution, annonçant le potentiel d'un réel avantage d'application client dans les ordinateurs quantiques. Les prochaines générations d'ordinateurs quantiques D-Wave déjà en cours de développement fourniront la puissance nécessaire pour stimuler l'innovation bien au-delà du domaine de tout système classique. L'avènement de ces machines constituera un jalon important à l'échelle mondiale, qui viendra du Canada. Toutefois, cela ne peut être réalisé uniquement par l'industrie et nécessite des partenariats et des collaborations créatifs, notamment avec le gouvernement du Canada.

D'autres pays reconnaissent le leadership du Canada en matière d'informatique quantique et ont déjà pris des initiatives pour utiliser la technologie de D-Wave pour leurs activités de recherche et commerciales. En juin, l'Association Helmholtz en Allemagne, en collaboration avec TRIUMF Innovations, D-Wave et 1QBit au Canada, a établi⁴ des réseaux d'informatique quantique et d'apprentissage automatique afin de collaborer à des initiatives appliquées d'intérêt commun. En juillet, l'Institut de technologie de Tokyo et l'Université de Tohoku au Japon ont annoncé conjointement⁵ une collaboration en informatique quantique qui comprendra l'installation d'un ordinateur D-Wave de prochaine génération à l'automne 2019. En plus de 50 chercheurs universitaires, une vingtaine d'entreprises y participeront, dont DENSO et Kyocera.

L'établissement d'un écosystème de développement pratique d'applications d'informatique quantique stimulera l'innovation, attirera des investissements, créera des connaissances et facilitera l'activité économique sur laquelle reposera la prochaine génération de logiciels ayant le potentiel de transformer le monde.

Le Canada a comme perspective immédiate la création d'occasions intéressantes, pour les chercheurs universitaires, les entrepreneurs et les partenaires intéressés de l'industrie, de travailler sur des problèmes réels qui peuvent être réglés par les ordinateurs quantiques. À titre d'exemple de ce qui peut être accompli ici au Canada, le Creative Destruction Lab de l'Université de Toronto a attiré des entrepreneurs de partout dans le monde pour créer des entreprises en démarrage fondées sur l'apprentissage par machine quantique⁶; sa cohorte de première année, couronnée de succès, compte de multiples entreprises prometteuses. L'un des participants, OTI Lumionics, un développeur d'écrans DELO de Toronto, a trouvé de nouvelles façons d'utiliser l'ordinateur D-Wave pour la conception des matériaux.

Les principaux domaines d'application de l'informatique quantique les plus susceptibles d'être abordés au cours de la prochaine décennie sont l'apprentissage automatique, l'optimisation discrète, la satisfaction des contraintes et la simulation matérielle. L'apprentissage automatique devient essentiel pour faire face à l'avalanche de données non structurées en temps réel dont disposent les entreprises, ce qui nécessite des méthodes automatisées de détection, d'analyse et

⁴ <https://www.newswise.com/articles/new-agreement-signed-to-establish-canada-germany-quantum-computing-and-machine-learning-networks> [en anglais seulement]

⁵ <https://r.nikkei.com/article/DGXMZO33101480Y8A710C1000000?s=3> [en anglais seulement]

⁶ <https://www.creativedestructionlab.com/streams/quantum2018/> [en anglais seulement]

de prédiction. Des démonstrations de validation de principe inspirées par des problèmes réels ont été menées jusqu'à présent dans les domaines des finances, des soins de santé, des biosciences, de l'optimisation des interrogations, de la reconnaissance d'images et du diagnostic de défaillances. Ces exemples illustrent l'ampleur des applications qui peuvent être traitées au moyen de la technologie quantique de D-Wave, dont pourront bénéficier les générations actuelles et futures de Canadiens et de même, la communauté mondiale. (Voir l'annexe A pour une liste plus exhaustive).

Recommandation : Que le gouvernement du Canada offre un financement quinquennal d'au moins 50 millions de dollars pour un programme destiné expressément à faire du Canada le chef de file mondial en matière d'application de l'informatique quantique dans le but de faire face aux problèmes liés aux entreprises de haute valeur, à la politique publique et à la recherche pure, tant au niveau national qu'international, qui ne peuvent être résolus à l'aide des ressources informatiques conventionnelles actuelles.

L'occasion se présente aujourd'hui de faire passer cette technologie dans des domaines commerciaux à grande échelle. Des personnes et des entreprises intelligentes, entreprenantes, mobilisées et soutenues façonneront l'avenir de cette nouvelle ressource informatique. De la même façon que le Canada a établi une capacité de renommée mondiale à l'Institute for Quantum Computing et au Vector Institute for Machine Learning, il est essentiel de créer un institut d'informatique quantique appliquée en partenariat avec les gouvernements provinciaux et l'industrie pour faire progresser la technologie et tirer parti du leadership du Canada.

L'institut se concentrerait sur les objectifs clés suivants :

1. Établir une plate-forme pour la technologie accessible à tous les participants, donnant accès aux ressources en informatique quantique au moyen d'un modèle infonuagique et fournissant les interfaces d'application, les outils et les bibliothèques nécessaires pour soutenir le développement d'une vaste gamme d'applications.
2. Offrir des possibilités d'échange d'idées et d'avancées et de création de consortiums pour des applications d'intérêt particulier. Établir et approfondir des collaborations internationales telles que les groupes de travail Helmholtz et japonais.
3. Financer le développement d'applications dans des domaines d'intérêt précis pour les participants de l'industrie. Les projets financés devraient impliquer des développeurs provenant de sociétés établies, des PME possédant une expertise clé variée, de nouvelles entreprises établies spécifiquement pour traiter un domaine d'intérêt commercial et des universités où de nouvelles méthodologies sont explorées.
4. Bâtir un moteur économique axé sur l'emploi, les nouvelles entreprises, l'investissement de capital de risque national et international et la propriété intellectuelle.

Recommandation : Que le gouvernement du Canada incite les entreprises canadiennes à explorer le développement d'applications quantiques et à y investir pour résoudre des

problèmes difficiles de façon à assurer la compétitivité du Canada en tant que chef de file de l'innovation grâce à cette nouvelle technologie.

Comme pour toute nouvelle technologie qui n'a pas fait ses preuves, il faudra inciter l'industrie à investir dans la technologie alors que le rendement des investissements est encore inconnu. En partageant les coûts initiaux du développement, le risque pour les entreprises canadiennes peut être réduit à un niveau favorisant fortement la participation. Le programme devrait envisager un certain niveau de financement de contrepartie par rapport à la participation de l'industrie. Dans les nombreuses catégories d'applications commerciales potentielles de l'informatique quantique, les grandes entreprises peuvent être disposées à investir dans le développement d'applications en partenariat avec les universités et les PME du Canada.

Recommandation : Que le gouvernement du Canada favorise les universités et les organismes à forte intensité de recherche au Canada et, le cas échéant, leur accorde un financement de démarrage afin qu'ils puissent se concentrer sur l'élaboration de programmes et d'infrastructures connexes pour faciliter l'application de l'informatique quantique à des problèmes concrets.

Les universités demeureront un élément clé de l'écosystème quantique naissant. Ils formeront et soutiendront les effectifs hautement qualifiés qui deviendront des chercheurs théoriques et expérimentaux, des chefs d'entreprise et du personnel de perfectionnement clé pour les applications commerciales, prêts à prendre part à l'industrie avec une connaissance de la théorie quantique, des systèmes et des outils de développement.

Il faudra élaborer et offrir partout au pays des cours spécialisés en informatique quantique dans le domaine des mathématiques, de la physique, du génie électrique, du génie informatique et de la science du traitement de l'information. Les subventions permettraient d'embaucher des chaires de recherche appliquée qualifiées, du personnel enseignant et des étudiants postdoctoraux pour appuyer le nouveau programme. On pourra également inclure le financement de modèles d'incubateur et d'accélérateur associés aux universités, comme le Creative Destruction Lab.

Résumé

Le potentiel de ce nouveau paradigme informatique peut être comparé aux tout débuts de l'informatique numérique lorsque la technologie transistor en était également à ses balbutiements. L'incidence que cette technologie a entraînée sur tous les aspects de notre vie était inconcevable à l'époque. Ces inventions ont ultimement débouché sur des billions de dollars d'activité économique et des emplois pour des millions de personnes. Nous entrons maintenant dans l'ère de l'informatique quantique, qui transformera l'humanité d'une manière extrêmement bénéfique et pratique que nous ne pouvons pas encore imaginer.

Grâce à un soutien gouvernemental maintenant suffisant et face à l'accélération de la concurrence et des investissements internationaux, le Canada peut tirer parti de ses importants avantages en tant que pionnier et s'assurer une position de chef de file mondial dans le domaine des technologies quantiques. L'accès à la technologie et aux services d'informatique quantique

permettra aux chercheurs et aux développeurs d'applications d'offrir de nouvelles capacités à un ensemble diversifié d'industries qui sont essentielles au progrès de l'humanité. Le résultat escompté d'un programme spécifique d'informatique quantique appliquée consiste à stimuler l'innovation à partir de la recherche appliquée jusqu'à la commercialisation de la technologie, ce qui permettra l'expansion dans des secteurs clés de l'économie et pourrait générer des milliers de nouveaux emplois au Canada. Les idées novatrices permettront aux entreprises technologiques et aux travailleurs hautement qualifiés de prendre de l'expansion. Des personnes et des entreprises intelligentes, entreprenantes, engagées et soutenues façonneront l'avenir avec cette nouvelle ressource informatique et feront en sorte que le programme d'innovation du Canada soit réalisé.

À propos de D-Wave Systems Inc.

D-Wave développe et fournit des systèmes et des logiciels d'informatique quantique et est le seul fournisseur commercial d'ordinateurs quantiques au monde. Allez au www.dwavesys.com pour obtenir de plus amples détails.

Annexe A : Applications de l'informatique quantique

Il ne s'agit pas d'une liste exhaustive de toutes les applications possibles. Les répercussions les plus importantes de cette technologie pourraient avoir lieu dans des domaines non encore découverts.

Services de santé	<ul style="list-style-type: none"> • Prédiction de nouveaux médicaments • Classification/catégorisation des caractéristiques de l'imagerie de diagnostic médical • Détection des anomalies du profil des infections pour la détection précoce des éclosions • Optimisation des plans de traitement de radiothérapie • Appariement moléculaire
Finances	<ul style="list-style-type: none"> • Optimisation de la trajectoire de négociation à périodes multiples • Classement des transactions demandées selon qu'elles sont ou non frauduleuses • Intégration de types de données hétérogènes pour les signaux des échanges commerciaux • Optimisation du portefeuille
Science des matériaux	<ul style="list-style-type: none"> • Conception et découverte de nouveaux matériaux • Compréhension de la structure, des propriétés et du rendement des matériaux • Mise au point de piles écologiques
Politique publique	<ul style="list-style-type: none"> • Gestion de l'utilisation des terres • Congestion routière • Prévisions météorologiques / changements climatiques • Cybersécurité et réseaux terroristes
Énergie	<ul style="list-style-type: none"> • Prédiction de la consommation d'énergie pour s'adapter aux variations de la demande • Classification des données sismiques pour l'exploration pétrolière et gazière • Optimisation de la production des gisements pétroliers • Optimisation du réseau des services publics
Transports	<ul style="list-style-type: none"> • Composantes de vision artificielle dans les véhicules autonomes • Optimisation des itinéraires en fonction des données en temps réel • Logistique d'acheminement et d'ordonnement