

Donner au Québec les moyens de bénéficier de la seconde  
révolution quantique, celle du traitement de l'information

Mémoire déposé au Ministère de l'Économie, de la Science et de l'Innovation (MESI)

dans le cadre de la consultation sur la nouvelle

Stratégie Québécoise de la Recherche et de l'Innovation (SQRI)

Présenté par

l'Institut Transdisciplinaire d'Information Quantique (INTRI Q)

2 décembre 2016

Professeur Bertrand Reulet, directeur  
Université de Sherbrooke  
2500 boulevard Université  
Sherbrooke  
J1K 2R1

[Bertrand.Reulet@usherbrooke.ca](mailto:Bertrand.Reulet@usherbrooke.ca)

Dans l'optique de favoriser le développement économique et social du Québec, quels sont les enjeux ou défis en matière de recherche et d'innovation que vous estimez prioritaires et qui devraient être abordés dans la future stratégie?

Le monde est à l'aube d'une révolution dans le domaine de l'information, avec l'émergence des premières réalisations concrètes de technologies quantiques. Cette révolution offre une opportunité historique pour les acteurs économiques à l'échelle globale. Market Research Media prédit que le marché de l'informatique quantique dépassera 5G\$ dès 2020. De nombreux acteurs économiques de poids, tant privés (IBM, Google, Microsoft, Intel, Toshiba, Lockheed Martin, Thales, ...) que publics (département de la défense des États-Unis, Union Européenne, gouvernements de Grande-Bretagne, des Pays-Bas, de Singapour, gouvernement fédéral du Canada via les programmes Apogée Canada et d'Industrie Canada ...) ont décidé de s'investir pleinement dans cette révolution.

Le Québec est particulièrement bien placé dans le contexte actuel, en raison de la présence sur son sol d'acteurs de premier plan en recherche dans le domaine, tous regroupés dans l'INTRIQ. Par ailleurs, la province possède une expérience unique de mise en place de structures incitatives dans des domaines technologiques où le Québec figure parmi les leaders mondiaux (en particulier dans l'industrie du multimédia). Ainsi nous recommandons que :

- **Le Québec saisisse cette opportunité en offrant à ce nouveau pan de l'économie du XXI<sup>ème</sup> siècle une plateforme unique d'incitation à l'innovation et à la mise en place d'un écosystème à forte valeur ajoutée, en capitalisant sur sa recherche universitaire, déjà en pointe dans le domaine.**

Parmi les mesures actuelles de soutien à la recherche et à l'innovation, lesquelles vous apparaissent les plus efficaces et méritent d'être maintenues?

Le financement des Fonds de recherche du Québec est un ingrédient incontournable d'une stratégie de soutien à la recherche et à l'innovation. Ce sont les années d'investissement en recherche fondamentale par les fonds nature et technologie qui placent le Québec dans une position enviable dans le domaine de l'information quantique. Cet investissement constitue le fondement même d'une société de l'innovation : des activités de recherche dynamiques, la formation des futurs chercheurs, décideurs et entrepreneurs, une reconnaissance internationale de l'excellence en recherche, et finalement des idées originales ayant d'importantes retombées potentielles pour le Québec. Ainsi nous recommandons que :

- **Le Québec maintienne, voire bonifie, le financement des Fonds de recherche du Québec afin qu'il puisse continuer de soutenir les domaines de recherche en émergence.**

Quelles nouvelles actions le gouvernement du Québec pourrait-il entreprendre afin d'accroître les retombées de la recherche et de l'innovation?

## UNE STRATÉGIE QUÉBÉCOISE EN INFORMATION QUANTIQUE

Tous s'entendent pour dire que l'information quantique est un domaine qui, par ses applications et retombées potentielles, risque de profondément modifier l'économie et la société. C'est aussi un domaine qui, à la fois très fondamental, fondé sur des concepts physiques et mathématiques complexes, et très technologique, nécessitant des instruments à la fine pointe (en nano-fabrication, optique, micro-électronique), offre une grande place à l'innovation.

Pour donner aux québécoises et québécois les moyens de bénéficier de la révolution quantique du traitement de l'information, le Québec se doit d'établir une stratégie favorisant la concertation des acteurs et le soutien de la première génération de l'économie issue des technologies quantiques. Nous proposons que cette stratégie se décline en trois volets.

### **Volet 1 : Une sensibilisation de l'écosystème québécois à l'information quantique**

Une stratégie québécoise de soutien à cette industrie naissante, pour être gagnante, doit commencer par sensibiliser l'ensemble de la population aux enjeux de la seconde révolution quantique. C'est la fondation solide sur laquelle reposera l'ensemble de l'édifice. Les sciences en général doivent constituer une priorité de l'enseignement au primaire et au secondaire, car elles permettront aux futures générations de québécoises et de québécois de se différencier dans un monde de plus en plus compétitif dans les domaines de pointe qui constitueront les meilleures opportunités d'emploi du siècle qui s'amorce.

Quant au domaine de l'information quantique, il doit pouvoir être abordé par tous dès le CEGEP. Le monde de l'enseignement collégial fait preuve d'une grande motivation à ce sujet. Pour preuve le succès retentissant de la journée organisée par l'INTRIQ en juin 2016 où plus de 60 professeurs provenant de collèges situés partout au Québec ont bénéficié d'une formation en information quantique et d'une visite des installations dédiées au domaine à l'Université de Sherbrooke. Ainsi nous recommandons que :

- **Le Québec capitalise sur cette forte envie pour renforcer les liens entre universités et collèges;**
- **Le Québec actualise les notions de physique quantique des cours réguliers collégiaux en science et offre aux étudiants des cours avancés complémentaires;**
- **Le Québec instaure un programme de sensibilisation du domaine à l'ensemble de la jeunesse québécoise.**

## **Volet 2 : Un soutien soutenu à la recherche ouverte et fondamentale**

L'expertise québécoise de classe mondiale en information quantique découle de la recherche fondamentale. L'information quantique a acquis sa première application dans les années 80 lorsque Prof. Gilles Brassard, de l'Université de Montréal, a co-inventé la cryptographie quantique. Son groupe a plus tard inventé la téléportation quantique. Nos membres ont contribué à plusieurs avancées dans le domaine, y compris comme co-inventeurs sur des technologies exploitées par D-Wave, première entreprise offrant des systèmes de calcul basés sur des concepts issus de la mécanique quantique. Le maintien du Québec comme leader en information quantique passe d'abord par un soutien continu à la recherche fondamentale, par exemple en finançant l'embauche de personnel hautement qualifié destiné à opérer les infrastructures de pointe des laboratoires. Ainsi nous recommandons que :

- **Le Québec instaure un programme d'aide à la maintenance des infrastructures;**
- **Le Québec donne sa part des fonds d'exploitation des infrastructures (FEI) dans les concours de la Fondation canadienne pour l'innovation (FCI).**

## **Volet 3 : L'émergence d'une grappe industrielle en technologies quantiques**

La recherche partenariale, en collaboration avec l'industrie, apporte un défi particulier : l'absence d'une grappe industrielle existante en information quantique. De nombreuses grandes entreprises à travers le monde investissent dans le domaine (IBM, Google, Microsoft, etc.), mais les entreprises matures se spécialisant en information quantique sont rares. Ce défi est une opportunité pour le Québec de se positionner comme leader en technologies de l'information quantique. Ainsi nous recommandons que :

- **Le Québec instaure un crédit d'impôt sectoriel en Information quantique qui permettrait l'émergence d'une grappe d'industries des technologies quantiques et possiblement de l'implantation de centres de recherche par les joueurs majeurs du domaine (favorisant ainsi la création d'une masse critique d'entreprise);**
- **Le Québec favorise par la suite, la création d'un Centre dédié à l'amorçage, ou « bootstrap », afin de supporter l'essor de cette grappe industrielle en technologies quantiques.**

## Annexe

### *Présentation de l'INTRIQ*

L'INTRIQ est un regroupement de 25 membres dont 22 au Québec, ces derniers répartis entre 4 universités et un collège. Parmi eux des informaticiens, des physiciens théoriciens, des physiciens expérimentateurs et des ingénieurs. C'est cette pluralité d'approches, de visions et de méthodes, toutes dirigées vers un même but, celui de maîtriser la mécanique quantique en vue de l'utiliser pour le traitement de l'information, qui fait la spécificité et l'originalité de l'INTRIQ sur la scène québécoise.

#### **NOS OBJECTIFS :**

##### **1) La recherche**

Nos chercheurs des Universités de Montréal, McGill, de Sherbrooke et de l'École Polytechnique, participent à de grandes avancées scientifiques dans le domaine de l'information quantique dans de nombreuses directions complémentaires, depuis la révision des fondements de la mécanique quantique jusqu'à la fabrication de dispositifs quantiques en passant par l'invention de méthodes pour coupler ces dispositifs. Grâce à l'INTRIQ, ces chercheurs coordonnent leurs efforts et profitent de l'expertise et des infrastructures de recherche des autres membres, ce qui permet d'accentuer la recherche autour de deux projets phares de grande envergure :

✓ *Les transducteurs quantiques.* Il est désormais clair que le futur des technologies quantiques impliquera des systèmes très différents : photons optiques pour la communication, supraconducteurs pour le calcul, spins et/ou centres colorés pour la mémoire. Il est par conséquent crucial d'établir un pont entre ces différentes composantes à l'aide de transducteurs quantiques qui permettent la conversion de l'information quantique d'un système à un autre.

✓ *L'impact des sciences et technologies quantiques.* L'ordinateur quantique le plus général qui, avec des millions de qubits, pourra exécuter n'importe quel algorithme quantique n'est pas pour demain. En revanche, de petits dispositifs quantiques spécialisés dans certaines tâches sont proches de voir le jour et il est possible d'adapter des algorithmes aux contingences physiques disponibles de ces dispositifs (taille, connectivité, décohérence), en utilisant leurs fonctionnalités pour mettre en œuvre des principes de cryptographie et de cryptanalyse et en développant des détecteurs exploitant les principes de métrologie quantique.

##### **2) La formation**

Par son aspect transdisciplinaire, l'INTRIQ représente un milieu de formation unique au Québec. On y apprend l'information quantique ni comme dans un cours de mécanique quantique ni comme dans un cours d'informatique quantique. On la découvre sous tous les angles, théoriques et expérimentaux, fondamentaux ou appliqués. Nous allons partager cette richesse avec les professeurs et étudiants des collèges, les ingénieurs et les industriels, et plus généralement toute la population du Québec. Une nouvelle révolution technologique est en marche. Pour en profiter, il est essentiel de s'y préparer. L'INTRIQ est le seul acteur au Québec à pouvoir y parvenir en « pavant le chemin » à la future génération quantique.

Pour plus d'information : [www.intriq.org](http://www.intriq.org)