

Atelier de mobilisation du secteur minier

Rapport sommaire

14 décembre 2017







Résumé

Le Conseil national de recherches du Canada (CNRC), en collaboration avec le Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada (CRSNG), a organisé le 14 décembre 2017 un atelier d'une demi-journée au District de la découverte MaRS. Cet atelier avait pour but d'offrir aux représentants du secteur minier un survol des technologies quantiques, de renforcer les liens qui unissent les industriels aux chercheurs, et de recueillir des informations qui permettront de tirer profit des capacités du Canada en science et en technologie quantiques.

Les participants, qui représentaient divers maillons de la chaîne de valeurs de l'innovation dans le secteur minier, ont décrit trois grands défis du cycle minier pour lesquels l'innovation pourrait modifier radicalement la courbe des coûts et le fonctionnement du secteur :

- Amélioration de l'efficience et de l'efficacité de l'exploration et du développement
- Optimisation des opérations et réduction de l'empreinte environnementale
- Réduction des responsabilités à long terme et des coûts associés à la fermeture des sites

Les chercheurs du domaine quantique ont expliqué que les technologies quantiques sont des technologies de rupture et qu'elles offrent des capacités dont sont dénuées les technologies conventionnelles. Au cours des échanges, les chercheurs ont présenté un certain nombre de technologies quantiques qui pourraient être raffinées et mises en œuvre pour répondre aux besoins du secteur minier (voir section 3).

Par exemple:

- Utilisation de gravimètres quantiques pour la détection de différences gravimétriques souterraines indicatrices de la composition du sous-sol durant l'exploration
- Utilisation de magnétomètres quantiques pour améliorer la navigation des véhicules autonomes et permettre leur fonctionnement en continu
- Utilisation de la géophotonique pour l'obtention de données instantanées en minéralogie industrielle et de capteurs optiques distribués polyvalents pour la surveillance des sites d'excavation et la mécanique des roches

Les sondages effectués à l'issue de l'atelier ont révélé que les participants avaient trouvé l'atelier très utile et qu'ils souhaitaient pouvoir poursuivre les discussions et les collaborations dans le domaine. Cette première activité a permis aux participants d'identifier un certain nombre de domaines dans lesquels les technologies quantiques pourraient répondre aux besoins fondamentaux du secteur minier. L'atelier a notamment donné naissance à plusieurs projets visant à explorer davantage de telles applications, ce qui montre qu'une telle rencontre entre chercheurs et représentants industriels peut donner naissance à ce type de collaboration.

Les prochaines étapes consisteront à cultiver les liens établis et à développer les idées de collaboration évoquées durant l'atelier. Les organisateurs et la communauté continueront également à maximiser les contributions stratégiques dans le milieu des technologies quantiques.

English version available

1. Objet de l'atelier

En avril 2017, le symposium et atelier de Quantique Canada a rassemblé des chercheurs et des représentants de l'industrie et du gouvernement pour explorer comment le Canada pourrait tirer parti de ses solides capacités en science quantique. Durant leurs échanges, les participants ont convenu que la tenue d'ateliers sectoriels particuliers faisait partie des étapes clés à planifier. Le CNRC, en collaboration avec le CRSNG, l'Institut canadien de recherches avancées (CIFAR) et l'Université d'Ottawa, a donc organisé un atelier de consultation pour le secteur minier au District de la découverte MaRS, à Toronto, le 14 décembre 2017. Trente-quatre participants issus des universités, du monde de la recherche, des organismes gouvernementaux et du secteur minier ont assisté à cet atelier.

Voici les objectifs de l'atelier :

- offrir un panorama des technologies quantiques aux acteurs du secteur minier
- identifier et confirmer les principaux défis technologiques auxquels est confronté le secteur minier
- explorer deux ou trois technologies susceptibles de contribuer à relever ce type de défis
- entretenir les liens entre l'industrie et les spécialistes des technologies quantiques
- enrichir la stratégie quantique nationale et contribuer à tenir les engagements pris lors du symposium de Quantique Canada

Le présent rapport est un résumé succinct des besoins les plus urgents du secteur minier, tels que décrits par les participants. Il expose également quelques technologies quantiques susceptibles de répondre à ces besoins et quelques idées sur la manière d'encourager et de cultiver au mieux la collaboration.

2. Besoins les plus pressants du secteur minier

Les participants, qui représentaient divers maillons de la chaîne de valeurs de l'innovation dans le secteur minier, ont signalé plusieurs défis pour lesquels l'innovation pourrait modifier radicalement la courbe des coûts et le fonctionnement du secteur. Ces défis sont présentés comme trois grands besoins à l'intérieur du cycle minier, décrits en détail ci-après.



1. Amélioration de l'efficience et de l'efficacité de l'exploration et du développement

Il existe d'excellentes possibilités de faire évoluer les méthodes d'exploration et de mise en valeur au sein de l'industrie tout en réduisant la perturbation des sols, les coûts et les délais. Le secteur s'intéresse aux technologies qui permettent une détection et une caractérisation plus efficaces des gisements. Il peut s'agir de capteurs plus sensibles ou plus sélectifs, ou de technologies qui permettent de prendre de meilleures décisions concernant les gisements, à partir d'un nombre moindre d'éléments de données. Les participants ont en particulier manifesté leur intérêt pour les technologies permettant :

- de mesurer avec plus grande précision et à de plus grandes profondeurs
- > de mesurer avec une plus grande sensibilité
- > de caractériser un gisement in situ et en temps réel
- de réduire le nombre de forages, en permettant par exemple d'effectuer des mesures latéralement à partir d'un même trou de forage, ou entre plusieurs trous de forage, avec de meilleures techniques d'interpolation



2. Optimisation des opérations et réduction de l'empreinte environnementale

Durant la phase opérationnelle, les entreprises d'exploitation minière s'intéressent aux technologies capables d'améliorer leur efficacité opérationnelle et de réduire leur empreinte environnementale (utilisation moindre d'eau, d'énergie et de terrains). Il peut s'agir entre autres de technologies de caractérisation et de surveillance en temps réel ou de technologies permettant d'optimiser la planification, la surveillance à distance et l'automatisation des opérations minière grâce à de meilleures capacités informatiques. Les participants ont manifesté en particulier leur intérêt pour les technologies qui permettent au secteur d'apporter certaines améliorations.

- Passer d'un mode de traitement discontinu à un mode continu, réduire l'impact sur l'environnement et prendre des décisions mieux éclairées, et notamment :
 - améliorer la caractérisation dynamique (teneur en métaux et en autres éléments et propriétés chimiques) durant le traitement et la comminution
 - améliorer la récupération et réduire les impacts environnementaux grâce au fonctionnement continu
 - procéder à l'analyse en continu de carottes
 - suivre en continu l'utilisation de l'eau pour mieux la réutiliser et se diriger vers un fonctionnement en circuit fermé
- Optimiser la planification et la programmation grâce à des logiciels plus performants



3. Réduction des responsabilités à long terme et des coûts associés à la fermeture des sites

Les frais d'exploitation et les responsabilités associées à la fermeture des sites sont des défis de taille pour le secteur minier. Le secteur s'intéresse de près aux technologies orientées sur la réduction du volume des refus de broyage (et donc les tâches associées à leur surveillance et à leur traitement à long terme) et l'amélioration de la remise en valeur du milieu. Les participants ont manifesté en particulier leur intérêt pour les technologies qui permettent :

- > de mieux caractériser les refus de broyage (p. ex., leur potentiel d'évaporation) et, en temps réel, le minerai et ses éléments constitutifs afin de réduire le volume des refus ainsi que le coût de leur traitement et de leur élimination
- de mieux caractériser les refus de broyage existant, en permettant éventuellement leur retraitement
- de surveiller en continu les eaux usées et la stabilité des pentes et des structures
- de modéliser plus précisément différents scénarios de réhabilitation et de remise en valeur du milieu

Facteurs importants

Pour ce qui est de l'adoption éventuelle de nouvelles technologies, le secteur minier s'intéresse principalement :

- aux technologies qui peuvent être appliquées dans un environnement dynamique (p. ex., tri du minerai)
- aux capteurs robustes, stables, viables, abordables et faciles à installer
- aux technologies qui se sont avérées au moins aussi bonnes que les technologies actuelles (évaluation comparative)
- aux outils et aux données qui permettent de prendre de meilleures décisions en temps réel

3. Applications possibles des technologies quantiques dans le secteur minier

Les technologies quantiques sont perturbatrices. Elles offrent des capacités que ne possèdent pas les technologies conventionnelles et peuvent être très utiles au secteur minier, comme c'est le cas des capteurs quantiques ou des ordinateurs quantiques.

Les capteurs quantiques sont en effet plus sensibles, plus sélectifs, plus précis et plus rapides que les capteurs conventionnels. L'informatique quantique n'est pas aussi avancée que la détection quantique, mais elle promet d'augmenter la puissance des ordinateurs et donc de résoudre plus rapidement les problèmes complexes (p. ex., les problèmes d'optimisation liés à la planification minière, les algorithmes d'apprentissage des machines pour le diagnostic de processus et les problèmes de chimie quantique).



Les technologies quantiques peuvent contribuer à répondre aux trois grands besoins du secteur minier décrits dans la Section 2 (amélioration de l'efficience et de l'efficacité de l'exploration et du développement; optimisation des opérations et réduction des empreintes environnementales; réduction des coûts et des responsabilités associés aux fermetures de site). On peut citer les exemples d'application suivants :

- utilisation de gravimètres quantiques pour détecter, durant l'exploration, les gradients gravimétriques souterrains indicateurs de la composition du sous-sol
- utilisation de magnétomètres quantiques à bord de véhicules autonomes pour améliorer leur navigation et permettre leur fonctionnement en continu
- utilisation de la géophotonique pour obtenir des données minéralogiques en temps réel et mettre en œuvre des méthodes optiques pour la surveillance des contraintes subies par les roches et le sol

En plus des exemples cités ci-dessus, les membres de la communauté quantique ont cerné un certain nombre de technologies quantiques qui pourraient être développées et déployées pour répondre aux besoins précités du secteur minier.

Tableau 1: Exemples de technologies quantiques susceptibles de répondre aux besoins

du secteur minier	
Besoin Capteur	Application informatique
Recherche et caractérisation des gisements pour améliorer l'efficience et l'efficacité de l'exploration et du développement	 Des capteurs quantiques gravimétriques et magnétiques pourraient être utilisés pour trouver des gisements souterrains sans forage Certaines technologies quantiques pourraient être incorporées à la diagraphie, notamment: Magnétomètres de terrain – utiles pour déterminer les différents types de roche Capteurs de champ électrique – peuvent être utilisés à haute fréquence en combinaison avec les capteurs quantiques pour la caractérisation des roches Détecteurs ultra-son – pour la mesure du col d'entrée Capteurs gravimétriques – maintenant compatibles avec la diagraphie Méthodes basées sur la résonnance magnétique – renseignent sur le type de fluide, la mobilité, le type de roche et la teneur en hydrocarbures Certains capteurs quantiques ont été appliqués avec succès à l'exploration pétrolière et gazière, notamment pour :
Traitement en temps réel	 Capteurs magnétiques – pour l'analyse des échantillons géologiques à l'échelle du micron Certaines technologies quantiques peuvent être utilisées pour lire avec une plus grande précision le signal des capteurs

pour optimiser les opérations et réduire l'empreinte environnementale ainsi que les responsabilités à long terme et les coûts associés à la fermeture des sites





- > Détection quantique par satellite peut être utilisée pour surveiller les émissions de méthane et possiblement d'autres gaz
- > Magnétomètres quantiques embarqués peuvent être utilisés sur les véhicules autonomes pour améliorer leur navigation et automatiser les mines et les usines de traitement
- > Réseaux de Bragg à fibres optiques pour l'analyse en continu de l'intégrité structurale des bassins de résidus
- > Géophotonique utilisable notamment pour l'imagerie des matières carbonées qui capturent l'or complexé (preg-robbing) lors de la cyanuration du minerai, l'imagerie de l'arsénopyrite dans le cadre de la prévention de la lixiviation de l'arsenic dans les refus de broyage, l'imagerie de la morphologie de surface lors de la flottation par mousse, l'imagerie de la kimberlite et des carbonates lors de l'extraction des diamants, l'imagerie des agglomérats, des fines d'argile et des asphaltènes durant le traitement du bitume, une meilleure récupération à partir de vieux refus de broyage, l'obtention de données instantanées en minéralogie industrielle, l'analyse rapide in situ pour le mélange du minerai et la détection du méthane
- » Informatique quantique optimisation de l'exploitation de la mine (énergie, utilisation de l'eau, distribution), résolution de problèmes complexes et simulations (p. ex. systèmes chimiques), apprentissage machine et automatisation, défense contre les cybermenaces

4. Facteurs nécessaires à la collaboration

L'atelier se voulait la première rencontre entre les chercheurs du domaine quantique et les acteurs du secteur minier. Les participants ont été invités à cerner les éléments nécessaires pour soutenir la collaboration entre les deux communautés, tant au niveau de l'information, des ressources, des programmes, des mesures incitatives et des liens entre personnes. Un certain nombre de participants ont donné leur avis sur cette question et leur rétroaction est résumée dans le tableau 2. Leurs idées peuvent servir de point de départ pour encourager de nouvelles collaborations et donner naissance à d'autres idées.

Tableau 2 : Qu'est-ce qui vous semble nécessaire pour soutenir la collaboration entre la communauté quantique et le secteur minier?

Information Ressources > Plus d'information sur les technologies quantiques > Accès facilité au financement pour permettre aux équipes universitaires et industrielles de travailler > Liste d'applications potentielles des technologies sur les projets visant à élaborer les prototypes de quantiques, accompagnée d'une comparaison première génération directe avec les technologies «concurrentes» > Des experts reconnus à l'intérieur des organisations > Bibliothèque de données permettant de valider les peuvent explorer la puissance des ordinateurs résultats obtenus lors des démonstrations de quantiques pour la résolution de problèmes nouvelles technologies spécifiques à leur secteur > Travaux contribuant à la définition de la stratégie > Aide à la coordination avec le gouvernement fédéral nationale et au cadrage des débats (p. ex., exposition au Royaume-Uni) > Identification et définition des secteurs canadiens > Plus d'ateliers comme celui-ci susceptibles d'obtenir assez vite des résultats Relations Programmes et mesures incitatives > Financement des collaborations entre les institutions > Continuer à organiser des petites réunions d'enseignements supérieurs et l'industrie par et à encourager le suivi l'intermédiaire du CRSNG > Construire des relations internationales > Activités à l'échelle nationale (Royaume-Uni / Europe) > Programme consistant à déléguer un expert-conseil > Laboratoires d'innovation au sein des organisations pour cerner les possibilités > Collaborer pour encourager le transfert des d'application de manière plus proactive; des fonds connaissances gouvernementaux pourraient être utilisés pour > Trouver des sujets de recherche conjointe financer ces ressources > Mettre sur pied des petits groupes de discussion > Faire un suivi du programme de Fonds d'excellence constitués de chercheurs et d'industriels en recherche Apogée Canada (FERAC) > Partager les conclusions des ateliers axés sur la participation des industriels avec les autres secteurs pour faciliter la communication et l'apprentissage intersectoriels > Collaborer pour inclure les technologies quantiques sur la feuille de route de l'industrie





5. Conclusion et prochaines étapes

Les participants ont trouvé l'atelier très utile et ont souhaité de pouvoir poursuivre les discussions et les collaborations dans ce domaine. Cette première activité leur a permis de cerner un certain nombre de domaines dans lesquels les technologies quantiques pourraient répondre aux besoins fondamentaux du secteur minier. Plusieurs possibilités d'application identifiées durant l'atelier ont ainsi fait l'objet d'un suivi et des initiatives ont été lancées pour explorer plus avant comment appliquer les technologies quantiques au secteur minier. Ces activités soulignent l'intérêt d'une telle rencontre entre chercheurs et représentants industriels pour catalyser ce type de collaboration.

Les prochaines étapes consisteront à cultiver les liens établis et à développer les idées de collaboration évoquées durant l'atelier. Les organisateurs et la communauté continueront également à maximiser les contributions stratégiques dans le milieu des technologies quantiques.

QuantumCanada@nrc-cnrc.gc.ca www.nrc-cnrc.gc.ca/quantiquecanada