Correction d'erreurs quantiques avec des circuits supraconducteurs

Numéro de la fiche : OPR-1457

Sommaire

DIRECTION DE RECHERCHE

Benjamin Brock, Professeur - Département de physique

RENSEIGNEMENTS

benjamin.brock@usherbrooke.ca

UNITÉ(S) ADMINISTRATIVE(S)

Faculté des sciences
Département de physique

CYCLE(S)

1er cycle
2e cycle
3e cycle

LIEU(X)

Département de physique et Institut quantique de l'Université de Sherbrooke

Description du projet

Rejoindre le Laboratoire Brock - nous recrutons des stagiaires, des étudiants à la maîtrise et des étudiants au doctorat pour développer et démontrer de nouvelles stratégies expérimentales de correction d'erreurs quantiques avec des circuits supraconducteurs.

Contexte

L'informatique quantique promet des capacités transformatrices, allant de la simulation de matériaux complexes et de réactions chimiques à la résolution de problèmes d'optimisation bien au-delà des possibilités des ordinateurs classiques. Le principal obstacle sur la voie de la concrétisation de ces capacités est la correction d'erreurs quantiques (QEC) : sans elle, les états quantiques fragiles se décohèrent avant que tout calcul utile puisse être effectué. La QEC exige qu'un ordinateur quantique soit suffisamment grand pour héberger de nombreuses copies redondantes des états quantiques logiques utilisés pour le calcul, ce qui est conventionnellement réalisé en utilisant de nombreux qubits physiques pour encoder chaque qubit logique. Bien qu'efficace, cette approche est extrêmement gourmande en ressources, nécessitant des centaines, voire des milliers de qubits physiques par qubit logique. Réduire ce coût en ressources est l'un des défis centraux de l'informatique quantique aujourd'hui.

Notre laboratoire relève ce défi en utilisant des systèmes quantiques à niveaux multiples, tels que des oscillateurs (niveaux infinis) et des qudits (d niveaux), comme éléments fondamentaux d'un ordinateur quantique. Le premier avantage de ces systèmes à niveaux multiples est qu'ils offrent une plus grande redondance que les qubits, permettant des codes QEC qui nécessitent moins de systèmes physiques individuels par qubit logique. Le deuxième avantage est que travailler avec des qudits comme unité fondamentale d'information quantique permet une synthèse de portes, une compilation d'algorithmes et une simulation quantique plus efficaces. En combinant ces deux avantages, notre résultat phare est la première réalisation expérimentale de qudits logiques corrigés d'erreurs, obtenue en utilisant un oscillateur pour la redondance dans un « code bosonique » [Brock et al., Nature 641 (2025)].

Nous explorons ces idées expérimentalement à l'aide de circuits supraconducteurs, l'une des plateformes les plus prometteuses pour le calcul quantique. La recherche du groupe s'articule autour de deux thèmes, les codes bosoniques et les codes qudits, chacun avec plusieurs projets actifs.

Projets

Codes bosoniques : Les codes bosoniques stockent l'information quantique de manière redondante au sein du grand espace de Hilbert d'un oscillateur harmonique, protégeant cette information même lorsque des photons sont perdus. Les projets actifs dans ce thème comprennent : la QEC tolérante aux fautes de codes bosoniques avec des qubits à bruit biaisé, l'amélioration de la fidélité de préparation des états logiques bosoniques, et la fabrication de résonateurs 2D évolutifs pour la QEC bosonique.

Codes qudits : Les circuits supraconducteurs transmon sont naturellement des systèmes à niveaux multiples. Nous étudions comment exploiter directement ces niveaux supplémentaires pour la QEC, tant en intégrant des qubits logiques dans un seul qudit transmon qu'en construisant des codes multi-qudits. Les projets actifs dans ce thème comprennent : la fabrication de qudits transmon avec plus de 8 états disponibles, la caractérisation des erreurs des qudits transmon, la structuration des erreurs des qudits transmon par des excitations fortes, et le développement des éléments constitutifs des codes multi-qudits.

Formation

Les étudiants du Laboratoire Brock acquièrent une formation pratique en fabrication de dispositifs dans une salle blanche de pointe, en mesures cryogéniques dans des réfrigérateurs à dilution et en contrôle micro-ondes de systèmes quantiques. Ils développent également une forte intuition pour les codes QEC et les systèmes quantiques ouverts, autant de compétences très demandées dans l'industrie quantique en pleine croissance au Canada et dans le monde.

Candidature

Nous recrutons activement des étudiants talentueux et hautement motivés à tous les niveaux. Pour postuler, envoyez votre CV, vos relevés de notes et un court courriel de motivation à
Benjamin.Brock@USherbrooke.ca

Discipline(s) par secteur

Sciences naturelles et génie

Physique

Financement offert

Oui

La dernière mise à jour a été faite le 20 octobre 2026. L'Université se réserve le droit de modifier ses projets sans préavis.