

Proposition de stage
Master 1^{ère} et 2^{ème} année
Année 2027

Date de la proposition : 19 Octobre 2026

Responsable du stage :

Nom : **Brock** Prénom : **Benjamin**

Tél : Courriel : benjamin.brock@usherbrooke.ca

Nom du Laboratoire : Laboratoire Brock

Etablissement : Université de Sherbrooke Code d'identification : IRL CNRS-Sherbrooke

Site Internet : <https://scholar.google.com/citations?user=x62kz58AAAAJ>

Adresse : Sherbrooke, Québec, Canada

Lieu du stage : Laboratoire Brock – Département de physique et Institut quantique

Montant du financement de stage : 2 000 \$ / mois + déplacement remboursé jusqu'à 1000 \$

Titre du stage : Correction d'erreurs quantiques expérimentale 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.

SUJET DE STAGE

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 le développement de résonateurs 2D évolutifs

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 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.

ENVIRONNEMENT DE TRAVAIL

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, en France, et dans le monde.

DOCTORAT

Ce stage peut mener à une thèse au doctorat.

Ce stage pourra-t-il se prolonger en thèse ? OUI

Si oui, financement de thèse envisagé ou acquis ?
Financement acquis pour une thèse à Sherbrooke.

Possibilité de thèse en cotutelle Sherbrooke-France ? OUI

Le / la superviseur.e côté France sera identifié.e ultérieurement.