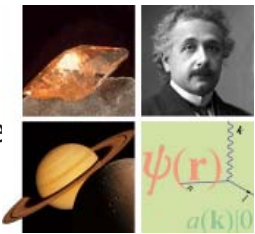




Université de  
Sherbrooke

Département de  
physique



Le Département de physique a le plaisir de solliciter votre présence  
lors de la soutenance de thèse de  
madame Catherine LEROUX



intitulée

# Conception de nouveaux couplages en circuits supraconducteurs

le vendredi 14 octobre 2022 à 15 h  
à l'amphithéâtre de l'IQ D9-0002

## JURY

Président :	P <sup>r</sup> Claude Bourbonnais
Direction de recherche :	P <sup>r</sup> Alexandre Blais
Membre externe :	P <sup>r</sup> Zaki Leghtas <i>Laboratoire de physique, École Normale Supérieure, Paris, France</i>
Membre :	P <sup>r</sup> Bertrand Reulet

# Résumé de la thèse

Les circuits supraconducteurs règnent maintenant dans le domaine de l'informatique quantique. En preuve, la récente confirmation de la suprématie quantique par Google. Des processeurs quantiques à grande échelle, cela fonctionne. Toutefois, l'architecture supraconductrice, tant du point de vue des qubits que des portes logiques, doit être améliorée. En effet, la propagation d'erreurs dans le processeur surpasse ce que les codes correcteurs peuvent limiter. Des solutions pour réduire les erreurs sont, par conséquent, primordiales.

Dans un processeur quantique, la propagation d'erreurs provient du couplage entre les qubits, une nécessité pour réaliser des portes logiques. La réduction des erreurs dans le processeur découlera de l'optimisation de ces couplages. Dans cette présentation, je propose de nouvelles façons de coupler des modes en circuits supraconducteurs et décris trois projets réalisés pendant mon doctorat.

Premièrement, afin de mieux concevoir les processeurs quantiques, il est nécessaire de pouvoir estimer, avec le plus de précision possible, la vitesse et la fidélité des portes logiques ainsi que l'amplitude des erreurs logiques. J'introduirai une théorie de perturbation qui permet d'analyser les effets du couplage fort des qubits en présence de pilotage dans un processeur quantique.

Deuxièmement, les coupleurs à deux qubits permettent de mitiger les erreurs dans les processeurs à plusieurs qubits. Cependant, la plupart des coupleurs y arrivent en ajustant de manière précise leurs paramètres de circuit et ne se concentrent généralement que sur l'élimination de certaines interactions parasites. J'introduirai un coupleur supraconducteur à deux qubits qui soulage ces limitations en supprimant toutes les interactions entre les qubits sur demande avec un rapport marche-arrêt exponentiellement grand.

Finalement, j'introduirai une nouvelle interaction de type charge-flux entre deux modes dans une architecture hybride supraconductrice-semiconductrice. L'interaction devient non-réciproque en présence d'un champ magnétique externe statique. Cette interaction permet de concevoir un gyrateur passif et potentiellement des qubits GKP.

In English

# Design of new couplings in superconducting circuits

Superconducting circuits have emerged as a promising platform for quantum computing as suggested, in part, by a recent experimental demonstration of quantum supremacy by Google. Large-scale quantum processors are already being built and used. Improvements on both the qubits and the logical gates are nonetheless necessary in order for these processors to be useful. Indeed, error propagation is still too significant to be strictly limited by quantum error correcting codes for example. Solutions to reduce the amplitude of these errors are therefore still needed.

Error propagation results from qubit-qubit coupling which is needed to implement two-qubit gates. Optimisation of these couplings would help in reducing these errors. In this talk, I propose new ways to couple circuit modes and focus on three projects realized during my PhD.

First, from the viewpoint of processor design, precise analytical estimate for two-qubit gate fidelity and rate are useful. I will introduce a new perturbation theory that takes into account the effects of strong couplings and drives in the processor.

Second, two-qubit couplers are able to mitigate crosstalk in processors. However, most couplers require fine tuning of their circuit parameters and focus only on the suppression of specific parasitic qubit-qubit couplings. I will introduce a superconducting two-qubit coupler which alleviates these constraints and can suppress all qubit-qubit interactions on demand with an exponential on:off ratio.

Finally, I will introduce a new charge-flux interaction for hybrid semiconducting-superconducting circuits. This interaction becomes nonreciprocal in presence of a static external magnetic field and can be used to build a gyrator and potentially GKP qubits.