IRAMIS : Institut Rayonnement Matlère de Saclay

Saclay

SPEC/GQ

Vers le calcul quantique hybride : des circuits supraconducteurs aux spins nucléaires

Spécialité Physique théorique, mécanique quantique

Niveau d'étude Bac+5

Formation Master 2

Unité d'accueil SPEC/GQ

Candidature avant le 21/03/2019

Durée 3 mois

Poursuite possible en thèse oui

Contact FLURIN Emmanuel
+33 1 69 08 04 93
emmanuel.flurin@cea.fr

Résumé

Le stage s'inscrit dans un projet de recherche visant à utiliser des impuretés piégées dans les solides comme des bits quantiques pouvant être intégrés comme mémoire de très haute fidélité pour les processeurs quantiques supraconducteurs.

Sujet détaillé

Les défauts cristallins du silicium et du diamant peuvent être appréhendés comme des ions naturellement piégés dans un environnement cristallin inerte proche du vide. Du fait de leur immobilité et de leur isolement dans la maille cristalline, les spins électroniques et nucléaires de ces ions présentent d'excellents temps de cohérence, allant de quelques secondes pour les électrons jusqu'à quelques heures pour les noyaux. Ces systèmes sont ainsi d'excellents candidats pour encoder de l'information quantique.
D'autre part, les circuits supraconducteurs constituent une des plateformes technologiques les plus abouties du calcul quantique. Les bits quantiques sont encodés dans des oscillateurs électromagnétiques conçus sur mesure, ils sont facilement contrôlables et intégrables mais leur temps de cohérence ne dépasse pas quelques dizaines de microsecondes et leur fabrication est peu reproductible, ce qui constitue une des barrières pour le développement de processeurs de plus de 10 qubits.
Notre groupe, pionnier des circuits supraconducteurs, est engagé dans un projet de recherche de long terme, qui vise à interfacer ces circuits avec le spin électronique et nucléaire d'uniques défauts cristallins et ainsi d'allier la robustesse des éléments naturels avec l'intégrabilité des circuits artificiels.

Le stage s'appuie sur des résultats récents de notre équipe démontrant le couplage de circuits supraconducteurs à un faible nombre de spins. Il s'agira d'optimiser le couplage entre le circuit et un unique spin piégé dans une matrice de diamant ou de silicium afin de réussir à détecter l'unique photon micro-onde généré par la désexcitation du spin électronique. Ce photon unique sera capté au moyen d'un qubit supraconducteur de type transmon, élément clé du processeur quantique supraconducteur, jetant ainsi les bases de cette nouvelle architecture.

Mots clés

Circuit supraconducteur

Compétences

Ce stage expérimental sera co-encadré par deux chercheurs permanents experts du domaine, conjointement avec un étudiant en thèse travaillant sur le sujet. Il constituera une solide introduction aux technologies quantiques supraconductrices et à la physique des défauts dans les solides, comprenant la conception et fabrication de circuits quantiques ainsi que la mesure micro-onde aux températures cryogéniques (10 mK).

Logiciels

Towards hybrid quantum computing: from superconducting circuits to nuclear spins

Summary

The internship is part of a research project aiming at using impurities trapped in solids as quantum bits integrated as a very high fidelity memory in superconducting quantum processors.

Full description

The crystalline defects of silicon and diamond can be apprehended as naturally trapped ions in an inert crystalline environment close to vacuum. Due to their immobility and their isolation in the crystal lattice, the electronic and nuclear spins of these ions exhibit excellent coherence times, ranging from a few seconds for electrons to a few hours for nuclei. These systems are thus excellent candidates for encoding quantum information. On the other hand, superconducting circuits constitute one of the most successful technological platforms for quantum computation. Quantum bits are encoded in artificial electromagnetic oscillators, they are easily controllable and integrable. However their coherence time does not exceed a few tens of microseconds and their manufacture is not reproducible, this is one of the main barriers toward the development of processors of more than 10 qubits.

Our group, a pioneer of superconducting circuits, is engaged in a long-term research project which aims at interfacing circuits with the electronic and nuclear spin of a unique crystal defect and thus combine the robustness of natural elements with the integrability of artificial circuits. The internship is based on recent results [1,2] of our team demonstrating the coupling of superconducting circuits with a low number of spins. The goal will be first to optimize the coupling between the circuit and a single spin trapped in diamond or silicon lattice and second to successfully detect the unique microwave photon generated by the de-excitation of the electron spin. This single photon will be captured based on a superconducting qubit of the transmon type, a key element of the superconducting quantum processor, thus laying the foundations for this new architecture.

[1] A. Bienfait et al., Nature Nanotechnology (2015)
[2] A. Bienfait et al., Nature (2016)

Keywords

Superconducting circuits

Skills

Methods and techniques: This experimental internship will be co-supervised by two permanent researchers who are experts in the field, together with a PhD student working on the subject. It will provide a solid introduction to superconducting quantum technologies and the physics of defects in solids, including defects optical characterization, quantum circuit design and nanofabrication as well as microwave measurement at cryogenic temperatures (10 mK).

Softwares