

PHD PROJECT

FABRICATION AND CHARACTERIZATION OF JOSEPHSON JUNCTIONS FOR PROCESS-AWARE COMPACT MODELS

- [Institut Interdisciplinaire d'Innovation Technologique \(3IT\)](#)
- [Institut Quantique \(IQ\)](#)
- [Nanoacademic Technologies Inc](#)
- [Axelys](#)

Context: Superconducting circuits are one of the leading candidates for the implementation of practical quantum computers. In this context, Canada's first semi-industrial fabrication facility for superconducting circuits will soon be established at the Institut interdisciplinaire d'innovation technologique (3IT) at Université de Sherbrooke. This will involve the elaboration of a Process Design Kit (PDK) for academic and industrial users of the facility wishing to fabricate chips according to certain specifications. An important aspect in the success of this fabrication is the capability to predict device performance before fabrication using numerical simulations to avoid excessive trial and error. While classical components like capacitors, inductors, and resonators may be modeled efficiently with commercially available finite-element codes, properties of the Josephson junction are determined by quantum transport physics at the atomistic scale.

Research project: The aim of **this thesis project** is to develop a compact model of Josephson junctions, including the impact of atomic defects specific to the 3IT fabrication processes. Supported by the expertise of 3IT, IQ and Nanoacademic Technologies Inc. in the fields of fabrication, finite-element and atomistic simulation for superconducting circuits, **the student will have to** (i) fabricate junctions in the 3IT cleanroom and measure their room-temperature and cryogenic current-voltage characteristics at the IQ Quantum FabLab, (ii) characterize the physical properties of junctions using analytical tools (atomic-force and scanning electron microscopy and more advance analytical tool (transmission electron microscopy, atom-probe tomography), (iii) collaborate with team members to fit current-voltage characteristics derived from analytic or numerical ab initio calculations, (iv) provide the experimental insights and support the integration of the Josephson junction's models into the 3IT PDK and combine it with Nanoacademic's QTCAD[®] software, leading to more predictive design and fabrication workflows.

Supervision & work environment: Under the supervision of Profs. Dominique Drouin and Max Hofheinz, the work will be carried out mainly at the Interdisciplinary Institute for Technological Innovation (3IT) and at the Quantum Institute (IQ) of UdeS, in close collaboration with the company Nanoacademic Technologies Inc. 3IT is a unique institute in Canada, specializing in the research and development of innovative technologies for energy, electronics, robotics and health. The IQ is a state-of-the-art institute whose mission is to invent the quantum technologies of tomorrow and transfer them to the industry. Nanoacademic Technologies Inc. is a small scientific software company based in Montréal. Founded in 2008 as a spin-out of research done by the group of Prof. Hong Guo at the McGill Physics Department, Nanoacademic develops and distributes atomistic and quantum modeling software for material science and nanodevice engineering applications. Nanoacademic is currently leveraging its finite-element and atomistic simulation backends to develop new design tools for superconducting circuits. The student will thus benefit from an exceptional research environment that combines students, professionals, professors, and industrialists working hand-in-hand to develop the future technologies.

Researched profile:

- Masters in micro-nanofabrication, electrical or quantum engineering, or materials science.
- Strengths: knowledge of superconductivity and Josephson junctions, superconducting qubits or other superconducting devices.
- Experience with semiconductor characterization.
- Excellent adaptability, autonomy, teamwork and problem-solving skills.
- Strong taste for design, experimental cleanroom work and interdisciplinary research and development.

Contacts: jobnano@usherbrooke.ca

Documents to provide: CV, all post-secondary transcripts and references.

OFFRE DE DOCTORAT

FABRICATION ET CARACTÉRISATION DE JONCTIONS JOSEPHSON POUR DES MODÈLES COMPACTS SENSIBLES AUX PROCESSUS

- [Institut Interdisciplinaire d'Innovation Technologique \(3IT\)](#)
- [Institut Quantique \(IQ\)](#)
- [Nanoacademic Technologies Inc](#)
- [Axelys](#)

Contexte : Les circuits supraconducteurs sont l'un des principaux candidats pour la mise en œuvre d'ordinateurs quantiques pratiques. Dans ce contexte, la première usine de fabrication semi-industrielle de circuits supraconducteurs au Canada sera bientôt implantée à l'Institut interdisciplinaire d'innovation technologique (3IT) de l'Université de Sherbrooke. Il s'agira de l'élaboration d'un Kit de design de processus (PDK) destiné aux utilisateurs académiques et industriels de l'installation souhaitant fabriquer des puces selon certaines spécifications. Un aspect important du succès de cette fabrication est la capacité de prédire les performances du dispositif avant la fabrication à l'aide de simulations numériques afin d'éviter des essais et des erreurs excessifs. Tandis que les composants classiques tels que les condensateurs, les inductances et les résonateurs peuvent être modélisés efficacement avec des codes d'éléments finis disponibles dans le commerce, les propriétés de la jonction Josephson sont déterminées par la physique du transport quantique à l'échelle atomistique.

Sujet : L'objectif de **ce projet de thèse proposé** est de développer un modèle compact de jonctions Josephson incluant l'impact des défauts atomistiques spécifiques aux processus de fabrication au 3IT. Soutenu par les expertises de 3IT, IQ et Nanoacademic Technologies Inc dans les domaines de la fabrication et de la simulation par éléments finis et atomistique pour les circuits supraconducteurs, **l'étudiant (e) sera en charge de** (i) fabriquer les jonctions Josephson dans les salles propres du 3IT et de mesurer leurs caractéristiques courant-tension à température ambiante et à température cryogénique au Quantum Fab Lab de l'IQ. (ii) caractériser les propriétés physiques des jonctions à l'aide d'outils de caractérisation de surface (microscopie à force atomique et électronique) ainsi qu'avec des outils de caractérisation plus avancés (microscopie électronique en transmission, sonde atomique tomographique), (iii) collaborer avec l'équipe pour comparer les caractéristiques courant-tension mesurées avec ceux dérivés de calculs analytiques ou ab initio (iv) intégrer les modèles de la jonction Josephson dans le PDK 3IT et les combiner avec le logiciel QTCAD de Nanoacademic, conduisant ainsi à un logiciel de conception plus prédictif.

Environnement de travail : Cette thèse sera réalisée sous la supervision des Prs. Dominique Drouin et Max Hofheinz et se déroulera au 3IT/IQ. Le travail sera effectué principalement à l'Institut Interdisciplinaire d'Innovation Technologique (3IT) et à l'Institut Quantique (IQ) de l'UdeS, en collaboration étroite avec l'entreprise Nanoacademic Technologies Inc. Le 3IT est un institut unique au Canada, spécialisé dans la recherche et le développement de technologies innovantes pour l'énergie, l'électronique, la robotique et la santé. L'IQ est un institut de pointe ayant pour mission d'inventer les technologies quantiques de demain et de les transférer en milieu industriel. Nanoacademic Technologies Inc. est une petite entreprise de logiciels scientifiques basée à Montréal. Fondée en 2008 En tant que dérivé de la recherche effectuée par le groupe du professeur Hong Guo du département de physique de McGill, Nanoacademic développe et distribue des logiciels de modélisation atomistique et quantique pour les applications en science des matériaux et en ingénierie des nanodispositifs. Nanoacademic exploite actuellement ses moteurs de simulations par éléments finis et atomistiques pour développer de nouveaux outils de conception de circuits supraconducteurs. L'étudiant(e) bénéficiera ainsi d'un environnement de recherche exceptionnel où le personnel étudiant, professionnel, professoral et industriel travaillent main dans la main pour développer les technologies futures.

Profil recherché :

- Maîtrise en micro-nanotechnologie, génie électrique, science et ingénierie quantiques ou science des matériaux.
- Connaissance de la supraconductivité et des jonctions Josephson, des qubits supraconducteurs ou autres dispositifs supraconducteurs,
- Expérience en caractérisation des semi-conducteurs.
- Forte capacité d'adaptation, d'autonomie, de travail en équipe et de résolution de problèmes.
- Goût prononcé pour la conception, le travail expérimental en salle blanche, la R&D interdisciplinaire.

Contacts : jobnano@usherbrooke.ca

Documents à fournir : CV, relevés de notes de toute l'éducation post-secondaire et références