

## PHD PROJECT

### STUDY OF HZO-BASED MEMORIES FOR CRYOGENIC IN-MEMORY COMPUTING

- [Groupe INPAQT - Laboratoire Nanotechnologies et Nanosystèmes \(LN2\)](#)
- [Institut Interdisciplinaire d'Innovation Technologique \(3IT\)](#)
- [Institut Quantique \(IQ\)](#)

**Context:** The development of quantum bits (qubits) for quantum computing (QC) is advancing at a very promising pace. Major research centers around the world are developing various low-cost and highly scalable qubit technologies with the goal of integrating hundreds of qubits on a single chip. However, the tuning and control of the qubits are still performed mostly by hand with bulky classical electronics located outside the cryostat. The absence of fully integrated cryo-electronics capable of automatically controlling the qubits creates a “wiring bottleneck” between the quantum devices and the control electronics, which significantly hinders the realization of large-scale quantum computers. In that scope, recent studies have found that artificial intelligence based (AI) on artificial neural networks can play a key role in automating qubit control. However, cryogenic-compatible AI hardware remains to be developed to allow the use of ultralow-power ANN close as possible to the quantum chip inside the cryostat. We therefore propose a PhD project to study the use of ferroelectric memories based on Hafnium Zirconium oxide (HZO) for cryogenic in-memory computing. Through this innovative approach, we will explore the transformative impact of combining emerging memory technologies, AI and quantum technologies.

**Research project:** In collaboration with other students and researchers at 3IT and IQ, the PhD student recruited will be in charge of the realization of crossbar arrays of HZO-based memories and the implementation of in-memory computing exploiting either memristive or memcapacitive properties of the devices. The behavior and performance of the HZO-based circuits will be investigated at room and cryogenic temperatures. This project will build upon our recent work at 3IT:

- [Fully CMOS-compatible passive TiO<sub>2</sub>-based memristor crossbars for in-memory computing - ScienceDirect](#)
- [Miniaturizing neural networks for charge state autotuning in quantum dots - IOPscience](#)

Working at the interface between nanoelectronics, AI and quantum technologies, the student will have to (i) fabricate in 3IT's clean room crossbar arrays of HZO-based memories, (ii) perform the physico-chemical, morphological and electrical characterizations of the HZO-based devices at room and cryogenic temperatures down to 1.5 K, (iii) develop memristive and memcapacitive in-memory computing paradigms using crossbars of HZO-based memories, (iv) Demonstrate and study in-memory computing with HZO-based memories at room and cryogenic temperatures using our custom FPGA-controlled PCB test platform.

**Supervision & work environment:** The thesis will be realized under the co-supervision of Prof. Yann Beilliard and Prof. Dominique Drouin within the IRL-LN2, an International Research Laboratory of the French CNRS based in Sherbrooke (QC, Canada). Prof. Serge Ecoffey and Prof. Fabien Alibart will also participate in the supervision. The work will be carried out mainly at the Interdisciplinary Institute for Technological Innovation (3IT) and the Quantum Fab Lab of the Quantum Institute (IQ) of UdeS. 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. The student will thus benefit from an exceptional research environment that combines students, professors and industrials working hand-in-hand to develop the future technologies for AI and QC.

#### Researched profile:

- Specialization in micro-nanoelectronics or electrical engineering
- Strengths: knowledge in nanofabrication, resistive memories, neural networks, Python
- Excellent adaptability, autonomy, teamwork and problem solving skills
- Strong taste for design, experimental cleanroom work and interdisciplinary research and development
- Fluent in English

**Contacts:** [jobnano@usherbrooke.ca](mailto:jobnano@usherbrooke.ca)

**Documents to provide:** CV, transcripts of the past two years and references

## PROJET DE DOCTORAT

### ÉTUDE DE MÉMOIRES À BASE DE HZO POUR LE CALCUL EN MÉMOIRE CRYOGÉNIQUE

- [Groupe INPAQT - Laboratoire Nanotechnologies et Nanosystèmes \(LN2\)](#)
- [Institut Interdisciplinaire d'Innovation Technologique \(3IT\)](#)
- [Institut Quantique \(IQ\)](#)

**Contexte :** Le développement de bits quantiques (qubits) pour l'informatique quantique (QC) progresse à un rythme très prometteur. Les principaux centres de recherche du monde entier développent diverses technologies de qubits à faible coût et hautement miniaturisable, dans le but d'intégrer des centaines de qubits sur une seule puce. Cependant, la calibration et le contrôle des qubits sont encore effectués principalement à la main avec une électronique classique encombrante située à l'extérieur du cryostat. L'absence de cryo-électronique entièrement intégrée capable de contrôler automatiquement les qubits crée un "goulot d'étranglement de câblage" entre les dispositifs quantiques et l'électronique de contrôle, ce qui entrave considérablement la réalisation d'ordinateurs quantiques à grande échelle. Dans ce contexte, des études récentes ont montré que l'intelligence artificielle basée sur les réseaux neuronaux artificiels (RNA) peut jouer un rôle clé dans l'automatisation du contrôle des qubits. Cependant, il reste à développer du matériel d'IA compatible avec la cryogénie pour permettre l'utilisation de RNA à très faible puissance à l'intérieur du cryostat. Nous proposons donc un projet de doctorat visant à étudier l'utilisation de mémoires ferroélectriques basées sur l'oxyde d'Hafnium Zirconium (HZO) pour le calcul en mémoire en condition cryogénique.

**Sujet :** En collaboration avec les personnes étudiantes du 3IT et de l'IQ, la personne recrutée sera chargée de la réalisation de réseaux de mémoires à base de HZO et de la démonstration du calcul en mémoire exploitant les propriétés memristives ou memcapacitives des dispositifs. Le comportement et les performances des circuits à base de HZO seront étudiés à température ambiante et cryogénique. Ce projet s'appuiera sur nos récents travaux au 3IT :

- [Fully CMOS-compatible passive TiO<sub>2</sub>-based memristor crossbars for in-memory computing - ScienceDirect](#)
- [Miniaturizing neural networks for charge state autotuning in quantum dots - IOPscience](#)

Travaillant à l'interface entre la nanoélectronique, l'IA et les technologies quantiques, l'étudiant(e) devra (i) fabriquer dans la salle blanche du 3IT des réseaux de mémoires à base de HZO, (ii) effectuer les caractérisations physico-chimiques, morphologiques et électriques des dispositifs à base de HZO à températures ambiante et cryogénique (1.5 K), (iii) développer des paradigmes memristif et/ou memcapacitif de calcul en mémoire en utilisant des réseaux de mémoires à base de HZO, (iv) démontrer et étudier le calcul en mémoire à températures ambiante et cryogénique en utilisant notre plateforme PCB contrôlée par FPGA.

**Environnement de travail :** La thèse sera réalisée sous la co-direction des Professeurs Yann Beilliard et Dominique Drouin au sein de l'IRL-LN2, un laboratoire de recherche international du CNRS français basé à Sherbrooke (QC, Canada). Pr. Serge Ecoffey et Pr. Fabien Alibert participeront également à la supervision. Les travaux seront réalisés principalement à l'Institut Interdisciplinaire d'Innovation Technologique (3IT) et au Quantum Fab Lab de l'Institut Quantique (IQ) de l'UdeS. 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 dont la mission est d'inventer les technologies quantiques de demain et de les transférer à l'industrie. L'étudiant(e) bénéficiera ainsi d'un environnement de recherche exceptionnel où étudiants, professeurs et industriels travaillent main dans la main pour développer les futures technologies de l'IA et du QC.

#### Profil recherché :

- Spécialisation en micro-nanoélectronique ou génie électrique
- Atouts : connaissances en nanofabrication, mémoires résistives, Python, réseaux de neurones
- 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
- Anglais courant

**Contacts :** [jobnano@usherbrooke.ca](mailto:jobnano@usherbrooke.ca)

**Documents à fournir :** CV, relevés de notes des 2 dernières années et références