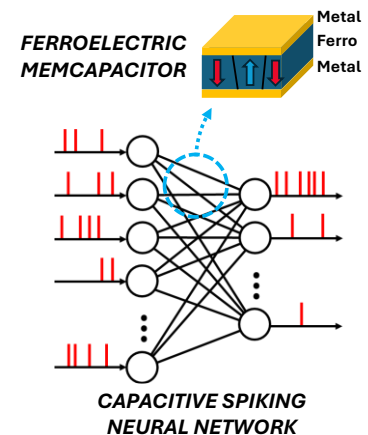


PhD PROJECT OFFER

Ferroelectric Memories for Capacitive Neuromorphic Computing & Edge AI

RESEARCH OPPORTUNITY: The electronic von Neumann architecture has today reached its energy limits, hindering the deployment of high-performance AI at the edge. To overcome this bottleneck, neuromorphic electronics based on Spiking Neural Networks (SNNs) and the In-Memory Computing (IMC) paradigm have emerged as the leading solution. While the community has so far favored resistive IMC using memristors, this approach faces physical barriers when scaling up: high static currents, Joule heating losses, leakage, and voltage drops (IR drop). **This PhD project proposes a paradigm shift by turning to capacitive IMC via voltage summation.** Thanks to the emergence of ferroelectric capacitive memories (memcapacitors), this approach offers an ultra-low-energy alternative, free from the imperfections of the resistive model and well-suited for SNN applications. We are seeking a motivated PhD candidate passionate about materials science, microelectronics, and artificial intelligence to develop high-performance memcapacitors and exploit them as artificial synapses for capacitive neuromorphic computing enabling ultra-low-energy AI.



SCIENTIFIC CHALLENGES: Within an ecosystem of experts, you will lead the following research axes:

- **Microfabrication & material innovations:** Development of cleanroom processes to fabricate memcapacitors in *crosspoint* and *crossbar* architectures. You will explore doped HfO_2 (Gd, Zr, La) as the reference ferroelectric layer and optimize performance (memory window, multi-level capacitance programming, endurance) through thin-film engineering (interlayers, superlattices) and electrode design (Ru, Mo).
- **Advanced characterizations:** Memcapacitors will be studied using advanced physico-chemical (XRD, XRR, XPS, TEM) and electrical characterization techniques. You will develop semi-automated characterization protocols (I-V, C-V, pulsed) on samples and 300 mm wafers. You will analyze the write and read variability of capacitance levels, a critical factor for physical SNN performance.
- **Contribution to neuromorphic demonstrators:** You will actively participate in the development of capacitive neuromorphic circuits and demonstrations of capacitive IMC (charge or voltage summation). This work will be part of a collective dynamic, involving constant interaction with other team researchers (PhD students, postdocs, interns) working on system integration and modeling.

AN EXCEPTIONAL ENVIRONMENT IN EUROPE: The PhD will take place at the Laboratory of Microelectronics Technology (LTM), a core member of the LabEx Microelectronics, located in the heart of Europe's largest R&D hub for nanotechnologies.

- **Technology platforms:** You will benefit from direct access to state-of-the-art cleanrooms at the Upstream Technological Platform (PTA) and CIME Nanotech, working on fabrication lines up to 200 mm, a rarity in the academic world.
- **Network & collaborations:** Your work will leverage strategic collaborations with laboratories within the LabEx (CEA-Leti, CROMA, TIMA, LMGP) for process development, advanced characterizations, and neuromorphic circuit design.
- **Excellence training:** You will develop a unique hybrid profile (materials, fabrication, neuromorphic electronics) within a world-renowned interdisciplinary ecosystem that fosters innovation and scientific excellence. Includes the opportunity for a 6-month internship in another academic or industrial research laboratory specializing in ferroelectric devices and neuromorphic electronics.

Candidate profile: Requires a Master's degree or Engineering Diploma in Microelectronics, Materials Science, or Nanotechnologies. You demonstrate academic excellence and confirmed experimental skills in cleanroom processing and/or electrical characterization. Scientific rigor, autonomy, curiosity and fluent technical English are required. A strong interest in emerging memories and brain-inspired technologies for low-power AI is essential.

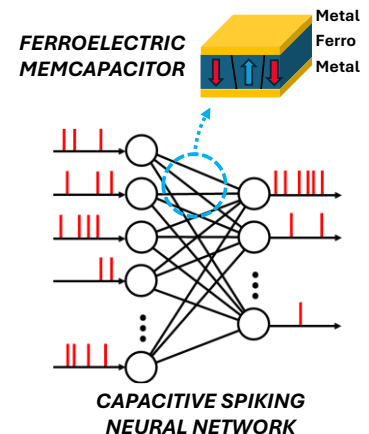
Application: Please submit your CV, transcripts from the last two years, and, if possible, letters of recommendation.

Contact: yann.beilliard@univ-grenoble-alpes.fr

OFFRE DE DOCTORAT

Mémoires Ferroélectriques pour le Calcul Neuromorphique Capacitif & l'IA Embarquée

OPPORTUNITÉ DE RECHERCHE : L'architecture électronique de von Neumann atteint aujourd'hui ses limites énergétiques, freinant le déploiement d'une IA embarquée performante. Pour surmonter ce verrou, l'électronique neuromorphique fondée sur les réseaux de neurones impulsionnels (RNI) et le paradigme du calcul-en-mémoire (CEM) s'impose comme la voie la plus prometteuse. Si la communauté a jusqu'ici privilégié le CEM résistif à l'aide de memristors, cette approche se heurte à des barrières physiques lors du passage à l'échelle : courants statiques élevés, pertes par effet Joule, fuites et chutes de tension (IR drop). **Ce projet de thèse propose une rupture de paradigme en se tournant vers le CEM capacitif par sommation de tensions.** Grâce à l'émergence des mémoires capacitives ferroélectriques (memcapacitors), cette approche offre une alternative ultra-basse énergie, exempte des imperfections du modèle résistif et adaptée aux RNI. Nous recherchons un(e) doctorant(e) passionné(e) par la science des matériaux, la microélectronique et l'intelligence artificielle pour développer des memcapacitors à hautes performances et les exploiter en tant que synapses artificielles pour le calcul neuromorphique capacitif permettant l'IA à ultra-basse énergie.



DÉFIS SCIENTIFIQUES : Intégré(e) dans un écosystème d'experts, vous piloterez les axes suivants :

- **Microfabrication et innovations matériaux :** Développement de procédés en salle blanche pour réaliser des mémoires capacitives en architectures de type *crosspoint* et *crossbar*. Vous explorerez le HfO_2 dopé (Gd, Zr, La) comme couche ferroélectrique de référence et optimiserez les performances (fenêtre mémoire, écriture multiniveau, endurance) via l'ingénierie fine de couches minces (interlayers, superlattices) et d'électrodes (Ru, Mo).
- **Caractérisations de pointe :** Les memcapacitors seront étudiés à l'aide de caractérisations physico-chimiques (XRD, XRR, XPS, TEM) et électriques avancées. Vous mettrez au point des protocoles de caractérisation semi-automatiques (I-V, C-V, pulsé) sur échantillons et wafers 300 mm. Vous analyserez la variabilité d'écriture et de lecture des niveaux de capacitance, une donnée critique pour la performance des réseaux de neurones matériels.
- **Contribution aux démonstrateurs neuromorphiques :** Vous participerez activement au développement de circuits neuromorphiques capacitifs et aux démonstrations de calcul-en-mémoire (sommation de charges ou de tensions). Ce travail s'inscrira dans une dynamique collective, en interaction constante avec les autres chercheurs et chercheuses de l'équipe (doctorants, postdocs, stagiaires) travaillant sur l'intégration système et la modélisation.

UN ENVIRONNEMENT D'EXCEPTION EN EUROPE : La thèse se déroulera au Laboratoire de la Technologie de la Microélectronique (LTM), membre central du LabEx Microélectronique, au cœur du plus grand pôle de R&D européen en nanotechnologies.

- **Plateformes technologies :** Vous bénéficierez d'un accès direct aux salles blanches à l'état de l'art de la Plateforme Technologie Amont (PTA) et du CIME Nanotech, travaillant sur des lignes de fabrication jusqu'à 200 mm, une rareté dans le monde académique.
- **Réseau & collaborations :** Vos travaux s'appuieront sur des collaborations stratégiques avec les laboratoires membres du LabEx (CEA-Leti, CROMA, TIMA, LMGP) pour le développement de procédés, métrologies avancées et de circuits neuromorphiques.
- **Formation d'excellence :** Vous développerez un profil hybride unique (matériaux, fabrication, électronique neuromorphique) au sein d'un écosystème interdisciplinaire de renommée mondiale, favorisant l'innovation et l'excellence scientifique. Possibilité d'effectuer un stage de 6 mois dans un autre laboratoire de recherche académique ou industriel spécialisé dans les dispositifs ferroélectriques et l'électronique neuromorphique.

Profil recherché : Titulaire d'un Master ou diplôme d'ingénieur en Microélectronique, Science des Matériaux ou Nanotechnologies, vous justifiez d'une excellence académique et de compétences expérimentales confirmées en salle blanche et/ou en caractérisations électriques. Rigueur scientifique, autonomie, curiosité et un anglais technique courant sont requis. Vous avez un intérêt particulier pour les mémoires émergentes et les technologies bio-inspirées pour l'IA.

Candidature : CV, relevés de notes des 2 dernières années et si possible lettre(s) de recommandation

Contact : yann.beilliard@univ-grenoble-alpes.fr