

DOSSIER DE PRESSE

Grenoble, le 23 octobre 2018

Un ERC Synergy Grant pour la recherche grenobloise sur les technologies quantiques

Le projet QuCube, lauréat de l'appel à proposition ERC Synergy Grant, recevra 14 millions d'euros sur 6 ans pour réaliser un processeur quantique. Mené dans trois instituts de recherche grenoblois (CEA-Leti, INAC et Institut Néel) et impliquant des scientifiques du CEA, du CNRS et de l'UGA, QuCube associe des technologies silicium de niveau industriel et de fortes compétences en recherche fondamentale.



De gauche à droite : Tristan Meunier, Maud Vinet, Silvano De Franceschi

Un financement européen pour une recherche collaborative

Le Conseil européen de la recherche (ERC) a lancé un appel « ERC Synergy Grant 2018 », d'un budget global de 250 millions d'euros pour le financement de projets de recherche exploratoire dans toutes les disciplines sur une durée maximale de 6 ans. L'ERC a reçu 300 candidatures pour cet appel. Parmi

les 27 projets-lauréats, le projet QuCube porté par Silvano De Franceschi (CEA), Tristan Meunier (CNRS), et Maud Vinet (CEA) bénéficiera d'un financement de 14 M€ sur 6 ans. Les travaux seront menés au sein de trois instituts de recherche grenoblois : le CEA-Leti, l'INAC et l'Institut Néel.

L'objectif du financement Synergy du Conseil européen de la recherche (ERC) est d'aborder des questions de recherche ambitieuses auxquelles seul le travail coordonné d'un petit groupe de deux à quatre responsables de recherche et de leurs équipes peut répondre en combinant leurs connaissances et compétences complémentaires de manière unique. Le but ultime de ce programme est de soutenir une interaction collaborative étroite qui permettra une recherche transformatrice à la pointe de la science, capable de produire des résultats scientifiques révolutionnaires, voire imprévisibles et/ou de nouvelles disciplines. L'ambition est d'ouvrir la voie à des résultats plus importants que la somme des contributions individuelles de chaque responsable de recherche.

Le projet QuCube

Contexte

Le calcul quantique, théorisé dans les années 90, se présente actuellement comme une prolongation révolutionnaire du calcul haute performance. Il permet théoriquement de résoudre des problèmes auxquels les supercalculateurs classiques n'ont pas accès. Sans surprise les domaines qui pourraient être touchés par le calcul quantique s'étendent à toutes les industries majeures : transport, finance, énergie, chimie, pharmaceutique...

État de l'art

En pratique, la recherche dans ce domaine a obtenu des premières preuves de concept de bits quantiques, l'analogie quantique du bit élémentaire dans les ordinateurs classiques. Les bits quantiques réalisés jusqu'à présent s'appuient sur des technologies telles que les ions piégés ou les matériaux supraconducteurs. Malgré des progrès remarquables, il n'est pas encore certain que ces premières démonstrations puissent être transposées à grande échelle. Pour surpasser les capacités de calcul d'un ordinateur classique (lequel comprend aujourd'hui plusieurs milliards de transistors), le nombre de bits quantiques élémentaires doit atteindre plusieurs millions.

Ce sont des nombres que l'industrie de la microélectronique silicium a l'habitude de manipuler. En effet, les circuits intégrés actuels comportent jusqu'à une vingtaine de milliards de transistors.

Ambition du projet

Issus de l'institut technologique CEA-Leti, et des instituts de recherche fondamentale INAC et Néel, les porteurs du projet QuCube combinent les forces de leurs équipes pour viser la réalisation d'un processeur quantique rassemblant au moins une centaine de bits quantiques (qubit) physiques, et permettant la démonstration d'un premier qubit logique fonctionnel, étape décisive vers un futur ordinateur quantique.

Une telle réalisation placerait les technologies quantiques silicium à l'état de l'art actuel en termes de nombre de bits quantiques, avec l'atout de réelles perspectives de passage à l'échelle, en utilisant les solutions les plus avancées en microfabrication et intégration 3D.

La réussite du projet implique à la fois des percées technologiques, y compris sur les architectures mises en œuvre ; des progrès importants sur les questions fondamentales associées par exemple au contrôle de la variabilité des bits quantiques ou encore la mise en œuvre des processus de correction d'erreurs quantiques ; et enfin une maîtrise poussée des électroniques classiques de contrôle, par exemple sur les enjeux liés à la dissipation thermique.

Pour effectuer ces recherches, des compétences multidisciplinaires sont requises : la maîtrise des technologies silicium et de la conception de circuits apportée par Maud Vinet et les équipes du CEA-Leti ; la connaissance de la physique et des propriétés quantiques des dispositifs nano-électroniques apportée par Silvano De Franceschi et les équipes de l'INAC ; et enfin une expertise en contrôle cohérent d'objets quantiques individuels apportée par Tristan Meunier et ses coéquipiers de l'Institut Néel. La proximité géographique des partenaires, la richesse de l'écosystème académique et industriel

et la culture scientifique commune des équipes impliquées offrent un potentiel unique face aux défis de la réalisation d'un ordinateur quantique.

Réaliser le futur ordinateur quantique : besoin d'un très grand nombre de bits quantiques

Dans un ordinateur quantique, les bits d'information élémentaires sont codés sur des systèmes quantiques à deux niveaux appelés qubits. Comme les qubits physiques interagissent avec leur environnement, l'évolution de leurs états quantique peut devenir rapidement imprévisible, ce que les physiciens appellent la décohérence. Aussi, des méthodologies de correction d'erreur ont été développées, par exemple le code de surface : les phénomènes de décohérence sont compensés en utilisant des qubits logiques constitués d'un grand nombre ($\sim 10^3$) de qubits physiques enchevêtrés. En conséquence, un processeur quantique utile devrait comprendre un nombre de qubits physiques bien supérieur à celui des qubits logiques effectivement utilisés pour réaliser des calculs, probablement des millions de qubits physiques. Ce nombre, encore faible par rapport au nombre de transistors présents dans un microprocesseur, représente néanmoins un défi de taille pour les technologies qui se disputent l'enjeu de l'ordinateur quantique.

Univ. Grenoble Alpes, au cœur de la recherche en ingénierie quantique

Le développement des technologies quantiques est au cœur des préoccupations de l'Europe qui a lancé en 2018 le Quantum Flagship, projet phare conduit sur 10 ans avec un investissement de plus d'1 milliard d'euros.

Univ. Grenoble Alpes bénéficie de nombreuses années d'expertise en recherche amont sur la physique du transport électronique dans le silicium et les technologies quantiques, et d'une plateforme technologique de rang mondial. Univ. Grenoble Alpes est ainsi au cœur d'un écosystème rassemblant tous les acteurs clefs, de la recherche académique, de la recherche technologique et de l'industrie avec des grands groupes et des PME performants.

Univ. Grenoble Alpes occupe ainsi une place de choix parmi les acteurs mondiaux de la recherche en ingénierie quantique, une recherche pour laquelle des applications majeures existent ou émergent dans de nombreuses thématiques :

- Cybersécurité et cryptographie quantique
- Simulation de composants et réactions chimiques complexes
- Simulation de nouveaux matériaux tels que des supraconducteurs à haute température
- Quantum machine learning (apprentissage et intelligence artificielle)
- Métrologie quantique et capteurs ultrasensibles

Pour rassembler les équipes de recherche de Grenoble et contribuer à leur dynamique, Univ. Grenoble Alpes a lancé en 2017 le programme pluridisciplinaire [Quantum Engineering](#). De plus, un ambitieux programme de formation doctorale, [GreQue](#), finance 25 doctorats en lien avec la recherche publique et l'industrie, en appui sur un contrat européen Marie Skłodowska-Curie.

Dr. Maud Vinet (CEA-Leti) gère actuellement les activités de l'équipe d'intégration CMOS avancée au CEA-Leti (~ 50 personnes). Depuis 2001, ses activités de recherche sont axées sur l'intégration pour les technologies CMOS avancées et évoluent vers les nouveaux paradigmes de calcul. Son équipe est chargée de développer et d'évaluer les performances technologiques en vue d'applications potentielles. Elle couvre la technologie FDSOI (Fully Depleted SOI), les nanofils empilés, les transistors à haute mobilité et, au-delà des dispositifs unitaires CMOS, l'intégration 3D monolithique et le calcul quantique à base de spins dans le Si. Elle est responsable du programme de technologie de traitement de l'information quantique au sein du CEA-Leti. Elle fait partie du conseil d'administration de Quantum Engineering Grenoble, un projet Univ. Grenoble des Alpes qui vise à consolider la communauté de Grenoble Quantum Technologies, des universitaires aux industriels.

Dr. Tristan Meunier (CNRS/Institut Néel) est chercheur au CNRS à l'Institut Néel. Ses recherches et ses intérêts portent principalement sur le contrôle cohérent d'objets quantiques individuels. Il a étudié des systèmes dans différents domaines de recherche en commençant par la physique atomique (travail de thèse sur le CQED avec des atomes de Rydberg). Depuis 2005, et après sa formation postdoctorale à l'université TU Delft, il participe à l'effort mondial pour le contrôle cohérent des spins d'électrons individuels dans des boîtes quantiques définies électrostatiquement dans des semi-conducteurs. En 2012, il a reçu une Starting Grant du Conseil européen de la recherche (ERC) pour développer la manipulation et le transport quantique de spins électroniques individuels. Il a obtenu plusieurs résultats clés sur le contrôle cohérent et la lecture de spins d'électrons individuels dans des réseaux de boîtes quantiques latérales. Il est engagé dans plusieurs organisations de recherche (GDR IQFA, Projet Quantum Engineering Grenoble) visant au développement des technologies quantiques.

Dr. Silvano De Franceschi (CEA/INAC) est un expert en nanoélectronique quantique et en physique mésoscopique expérimentale. Il a obtenu son doctorat en 1999 à la Scuola Normale Superiore de Pise et occupe depuis 2007 un poste de chercheur scientifique à l'INAC. En 2005, il a reçu le prix européen Nicholas Kurti pour ses réalisations dans le domaine du transport quantique et, en particulier, pour ses travaux sur l'effet Kondo en points quantiques et sur des nanostructures hybrides normales / supraconducteur. Il a obtenu une bourse ERC Consolidator Grant (2012-2017), une chaire d'excellence « Juniors » (2007-2011) et une bourse Jeunes Chercheuses et Jeunes Chercheurs (2008-2013) de l'Agence française de la recherche. À l'heure actuelle, ses recherches portent principalement sur le développement de dispositifs à base de silicium pour le traitement de l'information quantique. Il coordonne le projet européen MOS-QUITO (MOS-based QUantum Information TechnOlogy).

Tous les trois co-dirigent avec Marc Sanquer le groupe Grenoble Quantum Silicon (<http://quantumsilicon-grenoble.eu>) visant au développement du calcul quantique à base de silicium.

CEA-Leti

Le CEA-Leti est le laboratoire d'électronique et de technologie de l'information du CEA. Basé à Grenoble, il est l'un des plus grands laboratoires de recherche appliquée en Europe dans le domaine de l'électronique et de la micro / nanotechnologie. Il emploie 1 700 scientifiques et ingénieurs, dont 240 doctorants et 200 employés détachés dans le laboratoire par des entreprises partenaires. Le CEA-Leti vise principalement à aider les entreprises à accroître leur compétitivité grâce à l'innovation technologique et au transfert de son savoir-faire technique vers l'industrie. Pour mener à bien cette mission, une recherche fondamentale très poussée est menée en collaboration avec des partenaires universitaires et la Division de la Recherche Fondamentale du CEA. Le CEA-Leti a également une politique active de création de start-up. Le CEA-Leti possède plus de 1 880 familles de brevets, dont environ 40% sont licenciés et dépose environ 350 brevets par an.

<http://www.leti-cea.fr>

INAC

L'Institut Nanoscience et Cryogénie (INAC), est un acteur majeur de la recherche fondamentale en nanoscience, sur les technologies cryogéniques, sur la santé et les biocapteurs. L'INAC développe de fortes activités de caractérisation des nanomatériaux et des matériaux (synchrotron, neutrons, RMN et EPR, TEM, ions...) par le biais de centres de recherche internes ou partagés et de groupes de recherche de l'INAC situés à l'ESRF et à l'ILL. L'INAC a trois engagements majeurs : créer des résultats scientifiques de pointe dans la recherche fondamentale (350 publications par an), valoriser les possibilités d'applications (au moyen de 20 brevets par an, start-up et partenariats avec la recherche appliquée) scientifiques par le biais de doctorats (110 en cours) et post-doc (50 en cours). L'INAC

emploie 500 personnes réparties dans 5 laboratoires, tous unités de recherche communes entre l'Université Grenoble Alpes (UGA) et le CEA, et pour certains avec le CNRS et Grenoble INP.

<http://inac.cea.fr>

Institut Néel

L'Institut Néel (CNRS) est un laboratoire de recherche fondamentale en physique de la matière condensée, enrichi d'activités interdisciplinaires à l'interface de l'ingénierie chimique et de la biologie. Le laboratoire est activement impliqué dans la promotion de ses résultats, à travers des partenariats avec l'industrie et également en synergie avec le monde académique.

Le groupe Quantum Coherence de l'Institut Néel, impliqué dans le projet QuCube, possède une forte expertise dans la mesure du transport de nanostructures à base de GaAs dans des environnements extrêmes (faible bruit, basse température et champ magnétique élevé). Ces dernières années, il a acquis une expertise de haut niveau dans le domaine de la manipulation quantique des électrons individuels, à la fois pour la charge et le spin. Il l'a démontré dans la mesure du spin, la manipulation du spin et le transfert rapide d'un seul électron entre des points quantiques distants.

L'Institut Néel possède également une infrastructure hautement compétente, notamment dans le domaine de l'électronique RF en environnement cryogénique et de la nanofabrication.

<http://neel.cnrs.fr>

À propos du CEA

Le Commissariat à l'Énergie Atomique et aux Énergies Alternatives (CEA) est un organisme public de recherche qui intervient dans quatre domaines : la défense et la sécurité, les énergies bas carbone (nucléaire et renouvelables), la recherche technologique pour l'industrie et la santé, ainsi que la recherche fondamentale.

S'appuyant sur une capacité d'expertise reconnue, le CEA participe à la mise en place de projets de collaboration avec de nombreux partenaires académiques et industriels. Fort de ses 20 000 chercheurs et collaborateurs, il est un acteur majeur de l'espace européen de la recherche et exerce une présence croissante à l'international. Le CEA a été identifié en 2017 par Thomson-Reuters/Clarivate comme l'organisme de recherche public le plus innovant en Europe.

<http://www.cea.fr>

À propos du CNRS

Le CNRS est un établissement public à caractère scientifique et technologique, placé sous la tutelle du ministère de l'Enseignement supérieur, de la Recherche et de l'Innovation. Il produit du savoir et met ce savoir au service de la société. Avec plus de 33 000 personnels répartis dans 1 140 unités de recherche et de service et un budget de 3,3 milliards d'euros, le CNRS est le premier centre de recherche fondamentale en Europe. Il figure également parmi les dix premiers déposants de brevets en France, ce qui fait de lui un véritable acteur de l'innovation et du développement économique de notre pays. 18 délégations en région assurent une gestion directe et locale des laboratoires et entretiennent les liens avec les partenaires locaux et les collectivités territoriales. La délégation Alpes regroupe 2 250 personnels CNRS répartis dans 84 unités de recherche et de service sur 4 départements : la Drôme, l'Isère, la Savoie et la Haute-Savoie. Plus de 90% des laboratoires du CNRS Alpes sont des unités mixtes de recherche en partenariat avec des universités, des organismes nationaux, et des instituts européens et internationaux.

<http://www.alpes.cnrs.fr>

À propos de l'Université Grenoble Alpes – UGA

Fruit de la fusion en 2016 des universités Joseph Fourier, Pierre-Mendès-France et Stendhal, l'Université Grenoble Alpes représente un acteur majeur de l'enseignement supérieur et de la recherche en France. Dans un monde de plus en plus compétitif, l'UGA a pour ambition de mieux répondre à l'ensemble des défis posés aux universités par le monde d'aujourd'hui et de demain, et d'être encore plus visible et attractif à l'international. Grâce à ses 80 laboratoires, en partenariat avec

les organismes de recherche et les grandes écoles du site, la recherche à l'UGA gagne en interdisciplinarité pour être à la pointe de l'innovation. Son offre de formation couvre également l'ensemble des champs disciplinaires. L'UGA est aujourd'hui en mesure de proposer à ses 45 000 étudiants des formations transversales et de faciliter les passerelles entre les diplômes.

<https://www.univ-grenoble-alpes.fr>

À propos d'Univ. Grenoble Alpes, université de l'innovation

Univ. Grenoble Alpes, l'université intégrée rassemblant les acteurs de l'enseignement supérieur et de la recherche de Grenoble, correspond à un des principaux sites scientifiques français de renommée mondiale : 60 000 étudiants dont 9 000 internationaux, 5 500 enseignants-chercheurs et chercheurs, 3 700 doctorants, plus de 8 000 chercheurs accueillis chaque année, issus de tous les horizons.

Univ. Grenoble Alpes s'appuie sur un écosystème innovant et dynamique, situé au cœur des montagnes, qui allie qualité de vie, audace et ouverture au monde.

<http://edu.univ-grenoble-alpes.fr>

Contacts presse :

Xavier Oster

Directeur de la communication, **Communauté Université Grenoble Alpes**

xavier.oster@univ-grenoble-alpes.fr / Tel +33 (0)6 99 58 89 92

Guillaume Milot

Attaché de presse, **CEA**

Guillaume.milot@cea.fr / Tel +33 (0)1 64 50 14 88

Pascale Carrel-Natalini

Service Communication, **CNRS Alpes**

pascale.natalini@dr11.cnrs.fr / Tel +33 (0)4 76 88 79 59