

1. Contexte international et national

Les nouvelles technologies quantiques connaissent un intérêt croissant de la part de gouvernements et acteurs privés en raison de leur fort impact potentiel sur les domaines des capteurs, du calcul et des communications. Certains dispositifs quantiques de nouvelle génération sont d'ores et déjà exploités commercialement, notamment avec des applications en géosciences ou en cryptographie. Plusieurs entreprises de différents secteurs très appliqués explorent déjà l'apport d'une approche quantique pour leur champ d'activité. De plus, nous assistons à la naissance d'un nombre croissant de start-ups actives sur des technologies quantiques ou habilitantes, et travaillant sur des aspects différents allant du « hardware », jusqu'au « middleware » et au « software ». Dans ce contexte, au cours des cinq dernières années un grand nombre de programmes de recherches ont été lancés afin de propulser l'application de ces technologies dans le monde réel. L'Asie et l'Amérique du Nord, avec l'aide de grandes entreprises (Google, IBM, Microsoft, Alibaba), ont promu des actions ambitieuses sur les réseaux et les ordinateurs quantiques. En 2018, l'Europe a inauguré le projet Quantum Technologies Flagship, avec un budget d'1 milliard d'euros sur 10 ans et ayant pour objectif la création d'une industrie quantique européenne. En fédérant fonds publics et partenariats industriels, des programmes nationaux à plusieurs centaines de millions d'euros ont été lancés en Allemagne, Royaume-Uni et aux Pays-Bas. Au vu de ces initiatives et de la forte compétition internationale sur le sujet, en janvier 2021 la France a lancé un plan quantique national sur les technologies quantiques, avec un financement cumulé de l'état d'environ 1 milliard d'euros sur quatre ans, pour un engagement global public-privé de 1,8 milliards d'euros. L'objectif du plan est d'accélérer la maîtrise de technologies quantiques ayant un avantage stratégique décisif, notamment, autour de l'ordinateur et du calcul quantique, des capteurs et des systèmes de communication quantique. La stratégie quantique appuie et s'appuie sur la recherche à grande échelle et à long terme, ainsi que sur des projets d'innovation. Un volet important de cette stratégie est lié aux formations, qui auront pour but de permettre un transfert efficace entre recherche et environnement industriel. L'objectif est de positionner la France dans le premier cercle des pays qui maîtriseront les technologies quantiques.

2. Objectifs globaux de QuantAzur

Un recensement lancé récemment au sein d'UCA, et notamment au sein des Écoles Universitaires de Recherche Spectrum (Sciences fondamentales & Ingénierie) et DS4H (Digital Systems for Humans), a montré un grand intérêt local pour les nouvelles technologies quantiques avec environ une trentaine d'équipes actives sur le sujet ou souhaitant s'y impliquer. Les échanges entre ces deux communautés scientifiques permettent d'identifier de nombreuses passerelles entre les activités des différents acteurs et de retrouver des difficultés partagées. Les forces UCA offrent des compétences

très variées et complémentaires, permettant de couvrir une grande plage dans la chaîne de valeur, allant de la communication et le calcul quantiques aux capteurs quantiques. Les enjeux et la vitesse à laquelle évoluent ces nouvelles technologies demandent, en effet, une approche très multidisciplinaire qui combine la physique quantique avec un très large panel de savoir-faire pas nécessairement quantiques, tels qu'en photonique, en informatique, en mathématiques ou en science des matériaux. Notons par ailleurs que des technologies « habilitantes », comme par exemple, en électronique, lasers, câblage, etc., nécessaires à la réalisation de démonstrateurs, sont aussi disponibles au sein d'UCA, qui offre ainsi un environnement de choix pour répondre aux besoins des nouvelles technologies quantiques.

L'institut fédératif quantique azuréen (IF QuantAzur) vise à capitaliser sur les ressources du site et à coordonner et à promouvoir l'animation local autour du sujet.

Plus particulièrement, ses objectifs globaux sont :

- **Structurer et renforcer** l'expertise et l'excellence UCA sur les thématiques quantiques, en consolidant les collaborations existantes et en faisant émerger des nouvelles synergies entre les laboratoires du site ;
- **Contribuer au rayonnement local, national et international** des activités quantiques UCA, au regard des acteurs académiques français et étrangers aussi bien que du monde socio-économique (industrie, start-ups, Ville de Nice, Métropole, Département, Région...) ;
- **Identifier des projets fédérateurs et stratégiques** qui puissent permettre de répondre aux appels à projets sur les technologies quantiques incluant notamment les aspects qui relèvent de la formation.

Les activités des unités de recherche de l'IF QuantAzur s'inscrivent naturellement dans les thématiques d'intérêt de l'académie 1 (RISE, Réseaux, Information, Société Numérique), de l'académie 2 (Systèmes complexes) et des EURs Spectrum et DS4H. Cependant, le développement de nouvelles technologies quantiques nécessite également d'appréhender les perspectives économiques, juridiques et managériales capables d'encadrer et supporter l'évolution attendue de ces technologies. Ces sujets peuvent donc intéresser également les EURs ELMI (Economie et Management) et LexSociété (Faculté de Droit et Science Politique) aussi bien que l'académie 5 (Homme, Idées et Milieux). Dès sa création, la vocation de l'institut sera donc d'inclure l'ensemble des unités de recherche d'UCA ayant au moins une partie des équipes de recherche désirant travailler sur des thématiques « quantiques », ce qui permettra d'atteindre la masse critique nécessaire pour lancer des projets ambitieux et permettra d'enrichir mutuellement les activités quantiques au sein d'UCA.

3. Outils d'animations

Afin de remplir ses objectifs l'IF QuantAzur mettra en place divers outils :

- Développement d'un site web dédié à l'IF avec un annuaire évolutif des unités/équipes « Quantiques »
- Organisation de colloques thématiques autour de technologies quantiques à UCA 1 fois/an.
- Organisation d'écoles thématiques et tutoriels avec orateurs invités sur des sujets proposés par les membres des différents laboratoires.

- Recensement des acteurs industriels en région PACA actifs ou intéressés par les technologies quantiques ou souhaitant s'y impliquer.
- Développement des actions de culture scientifique en coordination avec les responsables communication/culture scientifiques des laboratoires, les masters locaux et les services communication/culture scientifiques d'UCA.

Les rencontres et les journées d'échange visent en premier lieu à mettre en contact des chercheurs UCA actifs sur les technologies quantiques ; dans un premier temps, elles permettront notamment de faire connaître les activités quantiques des collègues UCA et d'alimenter une synergie au niveau local qui n'est pas répandue aujourd'hui. Dans un second temps, au travers d'actions ciblées telles que les écoles thématiques et les tutoriels, QuantAzur permettra de renforcer les connaissances des scientifiques locaux sur un sujet spécifique, notamment par l'intervention d'un ou plusieurs experts locaux ou externes, capables de tenir compte des parcours divers de l'auditoire. Ceci permettra progressivement de développer un réseau de compétences quantiques UCA et de tisser des liens entre les divers acteurs pouvant aller de la simple collaboration jusqu'au dépôt de projets communs. Notons que QuantAzur jouera également le rôle de relais de diffusion d'informations importantes relatives aux appels à projets nationaux et internationaux sur les technologies quantiques, et à la tenue de colloques et de conférences tant en France qu'à l'étranger. Pour cela, il pourra bénéficier d'échanges avec les GDR, les GIS et les sociétés savantes.

Sur la base du recensement effectué fin 2021 et des axes de recherche du Flagship européen et du Plan Quantique National, il est déjà possible d'identifier quatre thématiques principales qui permettent de couvrir les intérêts locaux et de bénéficier des compétences déjà présentes sur le site.

- Calcul et Algorithmes Quantiques : des sous thématiques ont déjà été identifiées pour ce volet, notamment sur la logique quantique, les probabilités quantiques, le contrôle optimal quantique et l'algorithmique quantique au sens strict.
- Simulateurs Quantiques : ceci inclut notamment la réalisation expérimentale grâce à des systèmes à base d'atomes froids et à la photonique topologique, aussi bien que l'étude théorique de systèmes 1D de photons et atomes.
- Communication quantique : les systèmes étudiés couvriront les infrastructures, notamment sur des canaux de communication différents (fibre-optique, sol-espace..), aussi bien que la conception et la validation quantique des composants de photonique quantique intégrée et de nouvelles sources de lumière quantique. Des études seront également menées visant à développer des protocoles des nouveaux réseaux de communication quantique.
- Capteurs quantiques : ceci inclut des systèmes à base de lumière quantique, pour la métrologie quantique, avec des applications possibles à la caractérisation de matériaux, mais aussi à d'autres domaines telles que l'astrophysique et la géologie.

Les membres du bureau (voir section « Gouvernance ») chercheront, de façon coordonnée, à identifier au sein des différents laboratoires les chercheurs qui pourraient être intéressés par l'une ou l'autre thématique ; les échanges transversaux prévus lors du premier colloque UCA pourront leur permettre d'affiner ultérieurement leur choix. À cet effet, des tables rondes seront mises en place afin de renforcer le dynamisme au sein des quatre thématiques et, si pertinent, d'identifier de nouveaux axes de réflexion.

Afin de recenser les partenaires industriels et les start-ups potentiellement intéressées par participer aux discussions scientifiques et aux collaborations scientifiques qui se développeront grâce aux efforts de structuration, QuantAzur contactera les clusters et les pôles de compétitivités en région PACA, ainsi que les incubateurs et les R&D d'entreprises. De manière générale, afin de permettre un suivi régulier des avancées scientifiques issue de la structuration opérée par QuantAzur, des actions « grand public » pourront être mises en place. Cela inclut des rencontres avec des étudiants, qui seront également conviés aux actions spécifiques tels que les colloques thématiques ou les écoles, aussi bien que des rencontres avec la presse locale ou la participation à des festivals scientifiques (Fête de la science, Journées porte-ouvertes...).

4. Présentation des unités de recherche fondatrices de l'IFR

Les unités de recherche fondatrices (par ordre alphabétique) de l'IF QuantAzur sont l'unité de recherche ARTEMIS (**ARTEMIS**), le Centre de Recherches sur l'Hétéro-Epitaxie et ses Applications (**CRHEA**), le Laboratoire Géoazur (**GEOAZUR**), l'Institut de Physique de Nice (**INPHYNI**), Inria Sophia Antipolis (**INRIA**), le Laboratoire d'Informatique, Signaux et Systèmes de Sophia Antipolis (**I3S**), Laboratoire d'Électronique, Antennes et Télécommunications (**LEAT**) et le Laboratoire Jean Alexandre Dieudonné (**LJAD**). Ces laboratoires sont repartis de façon équilibrée sur les EURs SPECTRUM et DS4H, et couvrent les axes de travail déjà indiqués dans le paragraphe précédent. Des collaborations préliminaires existent déjà entre certains de ces laboratoires. Des nouvelles possibilités de collaboration et de synergies grandissantes entre équipes ont par ailleurs déjà été identifiées.

Aux compétences des laboratoires fondateurs peuvent être associées également celles en physique quantique fondamentale, détection de la lumière, traitement de données qui sont présentes à l'Unité Mixte Internationale MAJULAB et au laboratoire J.-L. LAGRANGE.

Une description des laboratoires fondateurs est fournie dans les pages suivantes.

ARTEMIS | Unité de recherche ARTEMIS

UMR 7250 – UCA, CNRS, Observatoire de la Côte Azur | Directeur d'unité : N. Christensen

Site web : <https://www.oca.eu/fr/accueil-artemis>

L'unité de recherche (UR) ARTEMIS, UMR 7250 (localisée à Nice à l'Observatoire de la Côte Azur, sur le site du Mont Gros) réunit des spécialistes des lasers et du traitement du signal, des mathématiciens, des astrophysiciens des objets compacts pour créer une antenne d'un type nouveau, pour détecter des ondes gravitationnelles : Virgo. Ceci est important car ARTEMIS avait, et a toujours, la responsabilité du laser Virgo et du système optique d'entrée. Les chercheurs et ingénieurs d'Artemis se rendent souvent à Pise pour installer les équipements et travailler sur le détecteur. Au cours des deux dernières décennies, ARTEMIS a participé à la recherche d'un futur détecteur d'ondes gravitationnelles dans l'espace, LISA (Laser Interferometer Space Antenna). Actuellement, ARTEMIS est impliqué dans le développement du futur détecteur d'ondes gravitationnelles de troisième génération, The Einstein Telescope. ARTEMIS a également contribué au détecteur atomique interférométrique d'ondes gravitationnelles, MIGA (Matter Wave laser Interferometric Gravitation Antenna). Si Virgo est toujours au centre de l'unité dans plusieurs disciplines, l'enthousiasme actuel pour LISA a créé de nombreuses opportunités scientifiques dans le laboratoire. En plus de sa longue expérience avec les lasers et l'optique, de nombreuses autres activités de recherche ont fleuri dans les domaines de la télémétrie, de la métrologie, et la stabilisation du laser. Notre recherche démontre que nos lasers de haute puissance peuvent être utilisés pour photo-détacher les faisceaux de Deutérium pour ITER. Grâce à son expertise dans le domaine des lasers et de l'optique, le laboratoire ARTEMIS a de nombreux projets en métrologie. Ceux-ci ont souvent des applications industrielles, ou des utilisations avec les agences spatiales. Les compétences d'ARTEMIS sur le traitement des signaux, les systèmes de stabilisation, les applications et la détection de lumière quantique représentent une valeur ajoutée pour le développement des nouvelles technologies quantiques. Le laboratoire compte 40 personnes, dont 24 permanentes.

Dans le cadre de ses projets de recherche liés aux technologies quantiques, ARTEMIS collabore localement avec INPHYNI.

CRHEA | Centre de Recherche sur l'Hétéro-Epitaxie et ses Applications, Sophia-Antipolis

UPR010 - UCA, CNRS | Directeur d'unité : P. Boucaud

Site web : <http://www.crhea.cnrs.fr/>

Le Centre de Recherche sur l'Hétéro-Epitaxie et ses Applications est une unité propre de recherche (CRHEA - UPR 010) du Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS) en cours de transformation en Unité Mixte de Recherche avec l'Université Côte d'Azur (UCA). Le laboratoire rassemble 60 chercheurs, enseignants-chercheurs, ingénieurs, techniciens et doctorants et bénéficie du support de 3 plateformes, une plateforme d'épitaxie (MBE+CVD), une plateforme technologique sur la micro- et nano-fabrication, et une plateforme de caractérisation avancée de matériaux.

Les activités du CRHEA sont structurées selon trois axes principaux, dont « Nanotechnologies » et « Optoélectronique », qui sont déjà actifs sur des sujets expérimentaux liés aux applications des technologies quantiques, notamment dans le domaine des communications quantiques (aussi bien au niveau de l'émission que de la détection et de la manipulation d'états quantiques).

Les compétences des équipes impliquées permettent d'adresser la fabrication d'émetteurs quantiques, allant de l'UV jusqu'aux longueurs d'onde télécom, la croissance de matériaux susceptibles d'améliorer les détecteurs actuels de photons uniques actuels, la fabrication de circuits photoniques complexes permettant la génération de photons intriqués, et la fabrication de métasurfaces capables de modifier les propriétés quantiques des photons.

Par ailleurs, le savoir-faire historique du CRHEA dans la fabrication de LEDs, lasers et transistors s'intègre parfaitement dans une stratégie de rassemblement de technologies habilitantes autour des technologies quantiques.

Dans le cadre de ses projets de recherche sur les technologies quantiques, le CRHEA collabore localement avec INPHYNI et INRIA.

GEOAZUR | Laboratoire Géoazur

UMR7329 - UCA, CNRS, OCA | Directeur d'unité : M. Sosson

Site web : <https://geoazur.oca.eu/fr/acc-geoazur>

Le laboratoire GEOAZUR est une unité de recherche pluridisciplinaire composée de géophysiciens, de géologues, et d'astronomes se fédérant autour de grandes problématiques scientifiques : les aléas telluriques (sismiques, gravitaires et tsunamigéniques) et les risques associés, la dynamique de la lithosphère et l'imagerie de la Terre, la géodésie et la métrologie de la Terre et de l'Univers proche. Créé en 1996 de la fusion de quatre laboratoires de géosciences GEOAZUR regroupe aujourd'hui plus d'une centaine de personnels permanents rattachés à quatre tutelles, deux locales : l'Université Côte d'Azur - UCA et l'Observatoire de la Côte d'Azur - OCA ; deux nationales : le CNRS - UMR 7329 et l'IRD - UR 082.

Le Pôle R&D de GEOAZUR dispose d'un savoir-faire unique en France en termes de télémétrie laser sur les satellites et sur la Lune. Le site de Calern de l'OCA avec la station laser MéO, opérée par GEOAZUR, est situé à une altitude de 1270 m dans l'arrière-pays Grassois et bénéficie d'une qualité de ciel exceptionnelle pour les activités astronomiques et d'une proximité avec les laboratoires de la Côte d'Azur pour la R&D en instrumentation optique. Ce site offre plus de 300 nuits de ciel clair par an et accueille un laboratoire temps-fréquence équipé d'horloges atomiques et d'instruments de comparaison et de synchronisation des échelles de temps. GEOAZUR est expert dans l'établissement de liens optiques laser en espace libre en régime simple-photon, en

télécommunication optique sol-espace et en turbulence atmosphérique, compétences nécessaires pour les communications quantiques longue distance et sol-espace.

Dans le cadre de ses projets de recherche sur les liens optiques & laser sol-espace, GEOAZUR collabore localement avec les laboratoires suivants : Inphyni, Artemis, Lagrange.

INPHYNI | Institut de Physique de Nice Institute, Nice

UMR7010 - UCA, CNRS | Directeur d'unité : G. Huyet

Site web : <https://inphyni.univ-cotedazur.fr/>

L'Institut de Physique de Nice est une unité mixte de recherche (INPHYNI - UMR 7010) associée à l'Université Côte d'Azur (UCA) et au Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS). Le laboratoire rassemble 145 chercheurs, enseignants-chercheurs, ingénieurs, techniciens et doctorants et bénéficie du support de 5 plateformes technologiques.

Les activités de l'INPHYNI sont structurées selon trois axes principaux, dont « Ondes et physique quantique », « Photonique », qui sont déjà actifs sur des sujets théoriques ou expérimentaux liés aux technologies quantiques aussi bien qu'à la physique quantique fondamentale. Les projets développés au travers de ces axes couvrent aussi bien les aspects théoriques, fondamentaux, expérimentaux que les applications.

Dans l'axe « Ondes et physique quantique », l'équipe expérimentale « Atomes Froids » étudie la diffusion de la lumière dans des nuages d'atomes froids ou des vapeurs chaudes. Elle s'intéresse plus spécifiquement aux effets collectifs dans l'interaction lumière-atomes (diffusion multiple, diffusion coopérative,...). De nouveaux outils expérimentaux sont mis en place permettant en particulier d'étudier les effets quantiques de l'interaction lumière-atome ou entre atomes. Ces outils sont également appliqués en astrophysique avec des mesures déjà réalisées sur le ciel ouvrant la voie à l'observation quantique en astronomie. L'équipe « Ondes en milieux complexes », étudie quant à elle les fluides quantiques de lumière et la photonique topologique dans des structures diverses. Ses recherches trouvent des applications en simulation quantique mais également aux calculs quantiques et à l'ordinateur quantique. Ceci est aussi porté par les travaux de l'équipe « Physique Théorique » sur les systèmes 1D de photons et atomes pour les simulateurs quantiques. L'équipe « Photonique et Information Quantiques » est porteuse du projet qui a permis de démontrer sur le territoire azuréen le premier lien de cryptographie quantique de France. Elle est experte dans le domaine de l'ingénierie d'états quantiques de la lumière et des technologies quantiques photoniques compatibles avec les standards de la télécommunication classique. Ces activités s'inscrivent dans le cadre de la communication et de la métrologie quantiques. Le développement de systèmes photoniques quantiques fait également partie des compétences de l'équipe « Matériaux et systèmes photoniques complexes » et, pour le volet technologies habilitantes de l'équipe « Fibres optiques et applications ».

Dans le cadre de ses projets de recherche sur les technologies quantiques, INPHYNI collabore localement avec les laboratoires suivants : CRHEA, INRIA, Artemis, Lagrange, GeoAzur.

INRIA | Centre Inria d'Université Côte d'Azur

Directrice : Maureen Clerc

Site web : <https://www.inria.fr/fr/centre-inria-universite-cote-azur>

Inria est présent sur Sophia Antipolis et Nice avec 35 équipes-projets dont la moitié sont communes, et depuis 2003 sur le site de Montpellier avec, en 2021, 4 équipes-projets communes. Le centre a également une équipe à Marseille, à Bologne en Italie et une autre avec l'université d'Athènes. Son action mobilise 560 personnes, scientifiques et personnels d'appui à la recherche et à l'innovation, issues de 55 nationalités.

Les activités des équipes-projets INRIA dans le domaine du quantique portent sur différents aspects avec d'une part la conception de méthodes et d'outils numériques intervenants dans l'étude de différents phénomènes quantiques (méthodes de décomposition de tenseurs, réseaux de tenseurs, théorie des nœuds, etc.). Par exemple, INRIA apporte ses compétences dans les méthodes numériques pour l'étude de composants photonique pour le quantique. D'autre part, INRIA travaille sur la simulation d'ordinateurs quantiques par des méthodes classiques et sur la conception d'algorithmes capables d'exploiter les performances annoncées des ordinateurs quantiques (algorithmes quantiques, méthodes d'apprentissage quantique, etc.). Enfin, INRIA travaille à la modélisation de réseaux quantiques et à l'étude des réseaux de communications quantiques.

Dans le cadre de ses projets de recherche dans les domaines du quantique, INRIA collabore localement avec : CHREA, INPHYNI et LJAD.

I3S | Laboratoire d'Informatique, Signaux et Systèmes de Sophia Antipolis

UMR7271 - UCA, CNRS | Directeur d'unité : F. Mallet

Site web: <https://www.i3s.unice.fr/>

Le Laboratoire d'Informatique, Signaux et Systèmes de Sophia Antipolis est une unité mixte de recherche (I3S - UMR7271) associée à l'Université Côte d'Azur (UCA) et au Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS). Il compte aussi des équipes communes avec l'INRIA. Le laboratoire rassemble un peu moins de 300 chercheurs, enseignants-chercheurs, ingénieurs, techniciens et doctorants.

Les thématiques de recherche du laboratoire I3S couvrent un spectre assez large des thématiques des sections (découpage thématique de l'enseignement supérieur et de la recherche) 27 "Informatique" et 61 "Génie informatique, automatique et traitement du signal" du CNU.

Ces thématiques de recherche sont structurées autour de quatre équipes : (i) l'équipe Communications, Réseaux, systèmes Embarqués et Distribués (COMRED), (ii) l'équipe Modèles Discrets pour les Systèmes Complexes (MDSC), (iii) l'équipe Signal, Images, Systèmes (SIS), et (iv) l'équipe Scalable and Pervasive softwARE and Knowledge Systems (SPARKS). A l'heure actuelle, ces équipes ne participent pas de manière intense à la recherche dans le domaine du quantique, mais elles pourraient éventuellement intervenir sur deux des quatre axes principaux mentionnés auparavant : (i) le Calcul et Algorithmes Quantiques ; et (ii) la Communication quantique. En effet, l'I3S possède une expertise dans le contrôle optimal, l'algorithmique, le calcul et les réseaux de communication dits classiques, susceptible d'être élargie au paradigme quantique.

Dans le cadre de ses projets de recherche dans les domaines du quantique, I3S collabore localement avec : INRIA et LJAD.

LEAT | Laboratoire d'Electronique, Antennes et Télécommunications, Sophia-Antipolis

UMR7248- UCA, CNRS | Directeur d'unité : R. Staraj

Site web : <https://leat.univ-cotedazur.fr>

Le **Laboratoire d'Electronique, Antennes et Télécommunications (LEAT)** est une Unité Mixte Université Côte d'Azur – CNRS (UMR n°7248). Il est situé sur le campus SophiaTech qui est un pôle de formation et de recherche dédié aux Technologies de l'Information et de la Communication (TIC) associant les acteurs académiques (UCA, INRIA, EURECOM, CNRS, Polytech'Nice Sophia, Mines Paris Tech, etc.), des pôles de compétitivité, de nombreuses associations et des plateformes technologiques (Sophiatech 2.0).

Les activités de recherche, historiquement basées sur les antennes, sont menées dans le domaine des télécommunications, du radar, de l'intelligence artificielle, de l'électronique embarquée, de l'e-santé, de la sécurité, des bâtiments intelligents, de l'observation de la terre, du développement durable, etc. Elles sont organisées en trois thématiques : **EDGE** (Edge Computing and Digital Systems), **CMA** (Conception et Modélisation d'Antennes) et **ISA** (Imagerie microonde et Systèmes d'Antennes).

Le LEAT dispose aussi un laboratoire commun avec Orange. Le **Centre de REcherche Mutualisé sur les ANTennes (CREMANT)**, créé en 2008, est un laboratoire commun entre l'Université Nice Sophia Antipolis (désormais Université Côte d'Azur), le CNRS et Orange. Il a permis la mise en commun de personnels et d'équipements entre chercheurs académiques du LEAT et ingénieurs d'Orange Labs sur des sujets de recherche communs (intégration d'antennes, ingénierie pour l'e-santé, systèmes multicapteurs, MIMO et massive MIMO, antennes à base de nouveaux matériaux, modélisation électromagnétique, 5G).

Le LEAT développe depuis de nombreuses années le logiciel de simulation électromagnétique TLM qui pourrait être appliqué dans le domaine quantique. De nombreux articles parus dernièrement montrent également que dans le domaine quantique, la technologie quantique appliquée actuellement utilisée dans le domaine des communications (par exemple, les dispositifs de communication et les antennes à l'échelle nanométrique) peut encore se développer. Le LEAT peut également apporter son expertise dans le domaine des dispositifs électroniques HF, RF et millimétrique et permettre une chaîne complète d'étude dans le domaine quantique depuis la physique jusqu'aux algorithmes liés à l'IA notamment.

LJAD | Laboratoire Jean Alexandre Dieudonné, Nice

UMR 7351 - UCA, CNRS | Directeur d'unité : Y. D'Angelo

Site web : <https://math.unice.fr/>

Le laboratoire Jean Alexandre Dieudonné est une unité mixte de recherche (UMR) du CNRS associée à UCA. Le laboratoire rassemble 137 chercheurs et enseignants-chercheurs, 15 personnels administratifs et ingénieurs d'assistance à la recherche et 66 doctorants et post-doctorants. Le laboratoire est partenaire de l'Institut national de recherche en sciences et technologies du numérique (INRIA) avec 6 équipes-projet communes et du Centre de l'énergie atomique (CEA) dans le cadre du laboratoire de recherche conventionné CEA-CNRS sur la fusion contrôlée (LRC Fusion).

Les activités du LJAD sont structurées selon six équipes thématiques. L'équipe « Algèbre, Topologie et Géométrie (ATG) », a parmi ses centres d'intérêt les rapports entre la théorie des catégories et d'une part, les langages de programmation quantiques, et d'autre part, l'intrication quantique vue comme un phénomène catégoriel faible, les probabilités quantiques qui apparaissent

naturellement dans des algèbres non-commutatives, ou encore, la cryptographie quantique. Les équipes « Géométrie, Analyse et Dynamique (GAD) » et « Probabilités et Statistique » (PS) s'intéressent au contrôle optimal quantique en particulier pour ses applications à la résonance magnétique nucléaire, ainsi qu'à des systèmes quantiques susceptibles d'être traités par équations probabilistes classiques. Les équipes « Equations aux Dérivées Partielles et Analyse Numérique » (EDPAN) et « Interfaces des Mathématiques et Systèmes Complexes » (IMSC) cherchent à porter sur les ordinateurs quantiques « NISQ (Noisy Intermediate-Scale Quantum) », déjà disponibles actuellement, leurs codes de calculs numériques intensifs, notamment des codes de simulation de plasma pour la fusion nucléaire, et des codes de chimie quantique.

Dans le cadre de ses projets de recherche le LJAD collabore localement avec INRIA.

5. Gouvernance

L'IF QuantAzur est constitué d'une directrice, d'un directeur/directrice adjoint/e et d'un comité de pilotage constitué par des représentants des différents laboratoires pilotes (le bureau). Le comité de pilotage se réunit au moins quatre fois par an pour prévoir les prochaines actions de l'IF.

Le conseil à ce jour est constitué des membres suivants :

- Virginia D'Auria, Directrice de l'IF QuantAzur, INPHYNI, UCA-CNRS UMR 7010
- Patrick Cassam Chenai, Directeur adjoint de l'IF QuantAzur, UCA-CNRS LJAD, UMR 7351
- XXX, ARTEMIS, UCA-OCA-CNRS UMR 7250
- Jesus Zuniga Perez, CRHEA, UPR10 et Majulab, IRL 3654
- Clément Courde, GeoAzur, UCA-OCA-CNRS UMR 7329
- Mathilde Hugbart, INPHYNI, UCA-CNRS UMR 7010
- David Coudert, Inria, Sophia Antipolis
- Ramon Aparicio Pardo, I3S, UCA-CNRS UMR7271
- Abdelrahman Ijeh, LEAT, UCA-CNRS UMR7248

La gestion administrative / aide organisationnelle / gestion site web / coordination culture scientifique de l'IF est effectuée par les laboratoires fondateurs et *via* la mobilisation d'étudiants, voire, si possible, par une personne affectée par UCA.

Un règlement intérieur et des statuts de l'IF QuantAzur seront définis ultérieurement.

6. Demande de moyens prévisionnels

Pour la mise en œuvre des outils d'animation, l'IF nécessite d'un financement de base annuel permettant d'assurer :

- L'organisation de journées thématiques UCA.
- L'organisation d'écoles thématiques (une/an initialement).
- Le développement d'actions de visibilité et de culture scientifique auprès du grand public.
- La mobilisation d'étudiants dans des projets ponctuels (médiation scientifique)

Comme expliqué, un support de ressource humaine pour développer le site web de l'IF aussi bien que pour les tâches de communication est également souhaité.

7. Impact attendu pour UCA

Les technologies quantiques promettent de relever de grands défis dans des domaines tels que l'énergie, la santé, la sécurité et l'environnement, avec des répercussions scientifiques, technologiques et sociétales importantes. La science de l'information quantique (« hardware » et « software ») aussi bien que le développement de capteurs quantiques représentent donc des sujets à fort impact potentiel et, pour ces raisons, représentent un axe de recherche stratégique pour UCA. À ce sujet il est pertinent de rappeler qu'en 2021, en partenariat avec Orange, UCA a déployé le

premier réseau quantique expérimentale en France grâce à un projet structurant soutenu par l'Idex et porté par INPHYNI.

La création de l'IF QuantAzur permettra de propulser l'écosystème quantique local et donc la visibilité d'UCA dans le contexte national et international des recherches sur les technologies quantiques. Structurée de façon opportune, la pluralité des compétences quantiques UCA permettra en effet de renforcer et de consolider le rôle du site en ce qui concerne la communication quantique, mais également de positionner UCA dans le devant de la scène technologique sur des volets allant du développement de systèmes quantiques photoniques jusqu'à l'algorithmique et au calcul quantique. La création de l'IF QuantAzur, en rassemblant et organisant les expertises UCA autour de ces sujets, jouera un rôle essentiel de facilitateur dans le processus et elle a, donc, le support des tutelles UCA. Les objectifs de l'IF répondent d'ailleurs parfaitement à la stratégie de recherche du site, qui vise à explorer des nouveaux axes interdisciplinaires en fédérant l'excellence individuelle des unités de recherche impliquées.

Tout en gardant pleinement visible l'identité des laboratoires impliqués, l'institut jouera le rôle d'interlocuteur privilégié et facilement identifiable par des partenaires externes intéressés par des à interagir interactions avec des laboratoires UCA sur des thématiques quantiques. Ceci permettra de simplifier et rendre plus agile les échanges avec les acteurs politiques locaux (Ville de Nice, Métropole, Département, Région), ainsi qu'avec les industriels et les start-ups, en favorisant les aspects liés au volet innovation. La volonté d'améliorer le transfert de connaissances entre les institutions académiques et l'industrie est préconisée par la Commission européenne et le Plan Quantique National comme l'un des domaines clés d'action.

La structuration des forces locales, juxtaposée au gain de visibilité lié à la création de QuantAzur, renforcera l'impact d'UCA au regard des nombreux appels à projets des divers outils de financement autour des technologies quantiques. Ceux-ci incluent les PEPR (Programmes et équipements prioritaires de recherche) prévus par le Plan Quantique National, les AMLs relatifs au volet formation, les AAP ANR en CES 47 (Technologies quantiques), et les appels internationaux type EIC, Quanterra, et Cofund du Flagship Européen. Les consortia prévus par ces programmes associent des équipes aux compétences complémentaires. L'institut quantique azuréen permettra d'identifier ces complémentarités au sein d'UCA aussi bien que d'en augmenter la visibilité. La création d'instituts structurants est d'ailleurs une démarche entreprise par plusieurs sites en France, tels que Bordeaux-Limoges, Toulouse-Montpellier, Saclay, Paris centre et Grenoble.

Enfin, la création de l'institut permettra également de favoriser l'implication des laboratoires UCA dans toutes les initiatives pédagogiques et de formation « Quantique » au niveau national et, vice-versa, d'augmenter l'attractivité du site auprès d'étudiants de toute la géographie nationale souhaitant se spécialiser dans le domaine au sein d'un milieu scientifique effervescent et compétitif. Les actions d'animation promues par l'institut, telles que journées d'études, séminaires, rencontres scientifiques, permettront de stimuler la « quantum awareness » des étudiants de filières différentes, y compris les étudiants en formation continue, et de leur présenter les activités locales en matière de technologies quantiques. Des stages de Master et de thèses de doctorat pourront être financés grâce aux programmes de financement déjà mentionnés, l'appartenance à QuantAzur ne pouvant que rendre plus solide ces demandes dans le paysage national de la recherche. La mise en œuvre de systèmes quantiques opérationnels et leurs applications industrielles nécessitent de l'émergence d'une nouvelle génération de scientifiques. Issus de parcours très différents, ces nouveaux scientifiques et ingénieurs seront capables de comprendre le langage des technologies quantiques et d'anticiper les besoins associés.