

RAPPORT D'ÉVALUATION DE L'UNITÉ

LTCl – Laboratoire Traitement et Communication
de l'Information

SOUS TUTELLE DES ÉTABLISSEMENTS ET ORGANISMES :

Télécom Paris – Institut Mines-Telecom / Institut
Polytechnique de Paris

CAMPAGNE D'ÉVALUATION 2024-2025
VAGUE E

Rapport publié le 18/07/2025



Au nom du comité d'experts :

Stéphane Canu, président du comité

Pour le Hcéres :

Coralie Chevallier, présidente

En application des articles R. 114-15 et R. 114-10 du code de la recherche, les rapports d'évaluation établis par les comités d'experts sont signés par les présidents de ces comités et contresignés par la présidente du Hcéres.

Pour faciliter la lecture du document, les noms employés dans ce rapport pour désigner des fonctions, des métiers ou des responsabilités (expert, chercheur, enseignant-chercheur, professeur, maître de conférences, ingénieur, technicien, directeur, doctorant, etc.) le sont au sens générique et ont une valeur neutre.

Ce rapport est le résultat de l'évaluation du comité d'experts dont la composition est précisée ci-dessous. Les appréciations qu'il contient sont l'expression de la délibération indépendante et collégiale de ce comité. Les données chiffrées de ce rapport sont les données certifiées exactes extraites des fichiers déposés par la tutelle au nom de l'unité.

MEMBRES DU COMITÉ D'EXPERTS

Président :	M. Stéphane Canu, INSA Rouen, Saint-Étienne-du-Rouvray
Vice-président :	M. Stephan Merz, Inria, Villers-lès-Nancy
	M. Mohamed Daoudi, École nationale supérieure Mines-Télécom Lille Douai/ Institut Mines-Télécom, Villeneuve-d'Ascq
	Mme Nathalie Furmento, CNRS, Talence (personnel d'appui à la recherche)
	Mme Laure Huitema, Université de Limoges
	M. Christophe Jego, Bordeaux INP, Talence
Experts :	M. Hachem Kadri, Aix-Marseille Université
	Mme Nathalie Mitton, Inria, Villeneuve-d'Ascq
	Mme Caroline Petitjean, Université de Rouen Normandie, Saint-Étienne-du-Rouvray
	M. Frédéric Petrot, Institut polytechnique de Grenoble / Université Grenoble Alpes
	M. Jean-Pierre Tillich, Inria, Paris
	Mme Serena Villata, CNRS, Sophia Antipolis

REPRÉSENTANTS DU HCÉRES

M. Nicolas Dobigeon
M. Fabrice Meriaudeau

REPRÉSENTANTS DES ÉTABLISSEMENTS ET ORGANISMES TUTELLES DE L'UNITÉ DE RECHERCHE

M. Kees van der Beek, Vice-Président Recherche, Institut Polytechnique de Paris
Mme Sophie Marain, Directrice (par intérim), Télécom Paris

CARACTÉRISATION DE L'UNITÉ

- Nom : Laboratoire Traitement et Communication de l'Information
- Acronyme : LTCI
- Label et numéro : 200319327Z (N° RNSR)
- Nombre d'équipes : quinze équipes
- Composition de l'équipe de direction : M. Talel Abdessalem (directeur), M. Romain Alléaume (directeur adjoint), M. Van-Tam Nguyen (directeur adjoint), Mme Florence Tupin (directrice adjointe)

PANELS SCIENTIFIQUES DE L'UNITÉ

ST Sciences et technologies

ST6 Sciences et technologies de l'information et de la communication – STIC

THÉMATIQUES DE L'UNITÉ

Les activités du Laboratoire Traitement et Communication de l'Information couvrent un large spectre, allant des aspects matériels (électronique, optoélectronique, systèmes sur puce, antennes, micro-ondes) aux aspects logiciels (complexité, systèmes, algorithmes, protocoles), en passant par les mathématiques appliquées (théorie des graphes, optimisation, probabilités, statistiques), souvent en relation avec l'intelligence artificielle. L'unité mène également des recherches sur différents types de données (audio, vidéo, images, données semi-structurées, texte), éventuellement multimodales ainsi que des travaux sur les performances et services réseaux, l'information quantique et la cryptographie.

Les thématiques de recherche de l'unité sont structurées autour de trois départements, composés de quinze équipes, liés à la formation au sein de Telecom Paris :

- le département « Image, Données et Signal » (IDS) qui comprend les équipes Image, Modélisation, Analyse, GEométrie, Synthèse (IMAGES), Signal, Statistique et Apprentissage (S²A) et Multimédia (MM) ;
- le département « Informatique et Réseaux » (INFRES) qui comprend les équipes Data, Intelligence and Graphs (DIG), Automatic and Critical Embedded Systems (ACES), Design, Interaction, Visualization & Applications (DIVA), Quantum Information Processing and Communication Saclay (QURIOSITY), Cybersécurité et Cryptographie (C2) et Réseaux, Mobilité et Services (RMS) ;
- le département « Communications et Électronique » (COMELEC) qui comprend les équipes Communications Numériques (ComNum), Circuit et Systèmes de Communication (C2S), Radio-Fréquences, Micro-ondes et ondes Millimétriques (RFM²), Secure and Safe Hardware (SSH), System on Chip (LabSoc) et Télécommunications Optiques (GTO).

Les thématiques de recherche du département « Communications et Électronique » portent sur les fondements physiques et matériels du traitement algorithmique intelligent des signaux et des données, ainsi que sur leur intégration dans un système d'information global. Elles intègrent les problématiques liées à la conception, la modélisation et l'intégration d'objets dans le système d'information intelligent.

Le département « Informatique et Réseaux » effectue ses recherches sur divers aspects de l'informatique incluant les systèmes autonomes, embarqués et temps réel, les systèmes distribués, la gestion et exploitation des données, l'interaction homme-machine, la cybersécurité, la cryptographie, le traitement de l'information quantique, et des réseaux (évaluation des performances, contrôle et surveillance des réseaux, conception de services réseau innovants).

Les thématiques scientifiques du département « Image, Données et Signal » couvrent de nombreux aspects de l'intelligence artificielle, de la science des données et du calcul visuel et audio (statistiques, optimisation, apprentissage automatique, traitement du signal et de l'image, vision par ordinateur, infographie, codage vidéo, applications audio, traitement du langage naturel, imagerie médicale, télédétection).

De façon transverse, l'unité affiche six axes scientifiques : Data Science & Artificial Intelligence (axe 1), Visual and Audio Computing, Interaction (axe 2), Digital Trust (axe 3), Embedded Systems (axe 4), Communication Systems & Networks (axe 5) et Mathematics & Applications (axe 6).

La thématique transversale des mathématiques appliquées (axe 6) est une des spécificités de l'unité. Dans ce domaine, les recherches portent principalement sur les mathématiques discrètes, les statistiques, les probabilités et l'optimisation.

HISTORIQUE ET LOCALISATION GÉOGRAPHIQUE DE L'UNITÉ

Fondé en 1982, le LTCI (Laboratoire Traitement et Communication de l'Information) est une unité sous la seule tutelle de Télécom Paris, l'une des écoles d'Institut Mines-Télécom (IMT) et membre de l'Institut Polytechnique de Paris, ou IP Paris. Elle poursuit les travaux initiés au sein de l'UMR LTCI (Unité Mixte de Recherche), un laboratoire de recherche conjoint avec le CNRS (Centre National de la Recherche Scientifique) dont le CNRS s'est désengagé le 31 décembre 2016.

Historiquement, l'unité était localisée dans les locaux de l'école Télécom ParisTech au 46 rue Barrault à Paris et au 23 avenue d'Italie. Le déménagement au 19 place Marguerite Perey à Palaiseau, sur le campus de l'Institut polytechnique de Paris du plateau de Saclay, de l'unité dans un seul et unique bâtiment à partir de septembre 2019 a permis de lui restituer une unité de lieu, à l'exception de la petite équipe LabSoc basée sur le campus d'Eurecom à Sophia Antipolis.

ENVIRONNEMENT DE RECHERCHE DE L'UNITÉ

Au sein de son établissement, l'unité entretient des relations fortes avec le laboratoire I3 (Institut interdisciplinaire de l'innovation) qui regroupe notamment les recherches en sciences économiques et sociales menées à Télécom Paris.

L'unité est membre de trois départements de IP Paris. La grande majorité de ses membres (2/3 environ) est dans le département IDIA (Informatique, Données et Intelligence Artificielle), regroupant les chercheurs et enseignants-chercheurs du domaine issus des cinq écoles de l'institut. Une trentaine de membres de l'unité est dans le département ICE (Information, Communication, Electronique) de IP Paris et une douzaine de membres est dans le département de Mathématiques. L'unité est aussi membre de l'école doctorale de l'Institut Polytechnique de Paris (ED IP Paris). Elle est une entité moteur de l'IA Cluster Hi!PARIS qui fédère les forces en intelligence artificielle de l'institut. Elle est fortement impliquée dans le programme « PhD track » de cinq ans d'IP Paris, accueillant régulièrement des étudiants prometteurs au niveau international.

Plus largement au sein du site du plateau de Saclay, l'unité est fortement impliquée dans l'IRT SystemX et dans le labex Digicosme en sciences du numérique sur trois thématiques : les programmes sûrs et fiables, les réseaux labex et la science des données et l'interaction. L'unité est aussi labellisée pour la qualité de sa recherche partenariale, dans le cadre de l'Institut Carnot Télécom & Société numérique. L'unité participe activement à plusieurs programmes de master, notamment le Master Data Science d'IP Paris et le Master Mathématiques, Vision, Apprentissage (MVA) de l'ENS Paris Saclay.

Dans le domaine des mathématiques, l'unité est affiliée à l'école doctorale mathématiques Hadamard (EDMH). L'unité était membre du labex mathématique Hadamard (LMH) et fait désormais partie de la fondation mathématique Jacques Hadamard (FMJH). Elle est aussi membre du département de mathématiques d'IP Paris, associant cinq autres laboratoires du campus.

L'unité héberge le centre pour l'innovation en matière de logiciels libres (Center for Open Software Innovation ou COSI), créé en 2018 en son sein. Parmi les projets auxquels contribue le COSI, le comité a noté une plateforme multimédia open source GPAC (Generic Package for Audio-visual Content), l'archive ouverte pour les codes source des logiciels Software Heritage, la base de connaissance YAGO (Yet Another Great Ontology) et Scikit-network.

L'unité dispose d'une cellule d'Ingénierie de Recherche attachée au département INFRES. Sa mission est de mettre à disposition des chercheurs de l'établissement, et donc de l'unité, les ressources informatiques dont elle a besoin pour sa recherche. Elle dispose actuellement d'une cinquantaine de serveurs rack en accès libre (CPU et GPU) avec un serveur de stockage rapide (NFS) de 80 To.

EFFECTIFS DE L'UNITÉ : en personnes physiques au 31/12/2023

Catégories de personnel	Effectifs
Professeurs et assimilés	54
Maîtres de conférences et assimilés	70
Directeurs de recherche et assimilés	1
Chargés de recherche et assimilés	1
Personnels d'appui à la recherche	49
Sous-total personnels permanents en activité	175

Enseignants-chercheurs et chercheurs non permanents et assimilés	30
Personnels d'appui non permanents	4
Post-doctorants	19
Doctorants	221
Sous-total personnels non permanents en activité	274
Total personnels	449

RÉPARTITION DES PERMANENTS DE L'UNITÉ PAR EMPLOYEUR : en personnes physiques au 31/12/2023. Les employeurs non tutelles sont regroupés sous l'intitulé « autres ».

Nom de l'employeur	EC	C	PAR
Telecom Paris	124	1	49
Autres	0	1	0
Total personnels	124	2	49

AVIS GLOBAL

Les activités du Laboratoire Traitement et Communication de l'Information couvrent un large spectre, allant des aspects matériels (électronique, optoélectronique, systèmes sur puce, antennes, micro-ondes) aux aspects logiciels (complexité, systèmes, algorithmes, protocoles), en passant par les mathématiques appliquées (théorie des graphes, optimisation, probabilités, statistiques), souvent en relation avec l'intelligence artificielle. L'unité mène des recherches sur différents types de données (audio, vidéo, images, données semi-structurées, texte), éventuellement multimodales ainsi que des travaux sur les performances et services réseaux, l'information quantique et la cryptographie. La thématique transversale des mathématiques appliquées est une des spécificités de l'unité.

L'unité s'est assigné des objectifs scientifiques de manière pragmatique, en lien avec ses forces et une trajectoire historique ayant fait ses preuves, en maintenant une composante fondamentale et mathématique solide qui lui confère un statut original et pertinent au regard des résultats obtenus. Parmi les réalisations remarquables, l'une d'entre elles porte sur le développement de modèles stochastiques pour décrire le comportement d'antennes déformables, équipant par exemple des matériaux textiles (IEEE Trans. Antennas Propag. 2018). Une autre avancée majeure a consisté à analyser et démontrer expérimentalement pour la première fois l'existence d'un chemin d'attaque critique contre la distribution de clés quantiques à variable continue (Phys. Rev. A 2018). Cependant, cette politique scientifique, et notamment son affichage par axe, ne met pas assez en valeur de fructueuses potentielles synergies, par exemple au niveau du quantique ou de l'IA (qui devrait aussi concerner l'électronique).

Le fonctionnement de l'unité est aligné avec celui de son établissement qui repose sur une structure en départements, ce qui lui confère cohérence et efficacité. En dépit d'un renouvellement de ses membres important, l'unité a su recruter au meilleur niveau international, démontrant une excellente attractivité et une excellente gestion de son personnel. La gestion de la sécurité et de la protection des données ainsi que du patrimoine scientifique est excellente, attestée par un zonage pertinent. L'unité dispose d'excellentes ressources adaptées à son profil d'activités, fortement alignées avec la structure en département de l'unité.

L'attractivité de l'unité est globalement excellente, voire remarquable pour les équipes ComNum, GTO et S²A. Le rayonnement scientifique est de niveau international avec notamment l'obtention de prix prestigieux. Le succès de l'unité à des appels à projets compétitifs est excellent et notamment attesté par l'obtention de quatre financements ERC au cours de la période.

La production scientifique de l'unité est globalement excellente. La qualité et la quantité sont très bonnes pour les équipes LabSoC et C2S malgré des difficultés matérielles temporaires, excellentes pour le reste de l'unité et remarquables pour l'équipe S²A et en théorie de l'information, thématique à laquelle contribuent principalement les équipes ComNum, C2 et RMS. La production scientifique est globalement répartie entre ses personnels. Le respect des principes de l'intégrité scientifique, de l'éthique et de la science ouverte est excellent, notamment soutenue par l'initiative du *center for open software innovation*.

La qualité et la quantité des interactions avec le monde socio-économique sont remarquables avec

notamment de très nombreuses conventions Cifre et chaires industrielles. L'une de ces chaires, soutenue par Airbus Defence & Space, Engie, Idemia, Safran et Valeo, concerne par exemple le développement d'outils d'intelligence artificielle applicables dans des contextes opérationnels réalistes. L'activité de l'unité en termes de dépôts de brevets est remarquable. Elle a notamment permis une excellente activité de valorisation. L'unité partage très bien ses connaissances avec le grand public et intervient dans des débats de société grâce à l'activité de certains de ses membres dans des médias nationaux et internationaux.

En termes de trajectoire, l'unité entend bénéficier de l'adhésion de l'école à l'Institut Polytechnique de Paris afin de favoriser des interactions et de contribuer à la définition d'une stratégie cohérente de recherche. Le comité soutient le principe de ce projet qui augmentera la visibilité des équipes de recherche du site qui travaillent dans le domaine du numérique. Il conviendra cependant à être attentif à une mise en œuvre à laquelle adhèrent les membres de l'unité et à la préservation de ses atouts en matière de pluridisciplinarité, avec notamment la présence de chercheurs en sciences de l'ingénierie, électronique et en mathématiques. Le comité recommande à l'unité de profiter de cette réorganisation pour afficher des thématiques prioritaires comme les télécommunications, le quantique, la cybersécurité et l'intelligence artificielle (avec toutes ses composantes, des mathématiques à l'électronique). L'unité héberge actuellement une équipe-projet commune Inria-Télécom, et d'autres équipes réfléchissent à la création d'EPC Inria. Le comité salue ces initiatives qui peuvent renforcer les équipes dont les thématiques intéressent les deux établissements.

ÉVALUATION DÉTAILLÉE DE L'UNITÉ

A - PRISE EN COMPTE DES RECOMMANDATIONS DU PRÉCÉDENT RAPPORT

Les recommandations du précédent rapport ont globalement bien été prises en compte, même si, comme précisé dans la suite du présent rapport, certaines de ces recommandations restent d'actualité.

En particulier, les points listés ci-dessous ont fait l'objet d'évolutions tout à fait positives :

- Le comité estime que la recommandation de poursuivre les travaux menant à l'excellence des productions tant en quantité qu'en qualité a été suivie, la suite du rapport le montrera.
- Le comité a aussi convenu que l'unité a bien veillé, notamment à travers sa politique de recrutements, à continuer de développer des travaux de recherche fondamentale soutenus. Au cours de la période d'évaluation, elle est restée attentive aux équipes de petite taille ayant subi des transformations structurelles importantes en les accompagnant afin qu'elles puissent recentrer leurs activités sur leurs expertises restantes.
- L'unité a poursuivi les actions mises en place ces deux dernières années dans l'organisation managériale de l'unité conduisant à des circuits de décision collégiale qui font l'adhésion des personnels. À cet égard, le comité a apprécié le processus coopératif entamé pour préparer une possible fusion des unités du domaine au niveau de IP Paris.
- Des efforts ont été entrepris pour poursuivre l'animation scientifique matricielle mise en place comme l'organisation de séminaires transverses (p. ex. Data Science Seminar). Ils auraient pu être de plus grande ampleur.
- Le déménagement des plateformes n'a pas impacté durablement l'avancement des travaux de recherche des équipes et de leurs doctorants. Cependant, la pandémie couplée à l'éloignement de Paris et la concurrence du secteur privé ont entamé l'attractivité de l'unité.
- Le site Web du laboratoire a été intégré au site de Télécom Paris ce qui a permis son actualisation et sa professionnalisation, au prix d'une institutionnalisation et d'un éloignement entravant sa réactivité.

Le précédent rapport encourageait l'unité à poursuivre dans une dynamique de décloisonnement des équipes par la définition d'axes transverses soutenus par des moyens dédiés. Ce décloisonnement a été freiné par l'importance de la structure par départements de l'établissement tutelle Télécom Paris.

Aussi, le précédent rapport soulignait le risque d'isolement de l'équipe située à Sophia Antipolis. Le comité n'a pas été convaincu par le traitement de ce risque, que la pandémie n'a pas contribué à réduire.

B - DOMAINES D'ÉVALUATION

DOMAINE 1 : PROFIL, RESSOURCES ET ORGANISATION DE L'UNITÉ

Appréciation sur les objectifs scientifiques de l'unité

L'unité s'est assigné des objectifs scientifiques de manière pragmatique, en lien avec ses forces et une trajectoire historique ayant fait ses preuves, en maintenant une composante fondamentale et mathématique solide qui lui confère un statut original et pertinent au regard des résultats obtenus.

Cependant, cette politique scientifique, et notamment son affichage par axe, ne met pas assez en valeur de fructueuses potentielles synergies, par exemple au niveau du quantique ou de l'IA (qui devrait aussi concerner l'électronique).

Appréciation sur les ressources de l'unité

L'unité dispose d'excellentes ressources adaptées à son profil d'activités, fortement alignées avec la structure en département de l'unité. Le mode de fonctionnement est très bien adapté au contexte de l'unité, chaque département disposant d'un cadre administratif, d'un secrétariat et d'ingénieurs, ces personnels étant mis à disposition de l'unité, ce qui lui permet de disposer efficacement de son excellent environnement de recherche.

Appréciation sur le fonctionnement de l'unité

Le fonctionnement de l'unité est aligné avec celui de son établissement qui repose sur sa structure en départements, ce qui lui confère cohérence et efficacité. En dépit d'un turnover important dû à la perte de son association au CNRS, à l'éloignement de Paris et à la concurrence, l'unité a su recruter au meilleur niveau international, démontrant une excellente gestion de son personnel. La gestion de la sécurité et de la protection des données ainsi que du patrimoine scientifique est excellente, attestée par un zonage pertinent.

1/ L'unité s'est assigné des objectifs scientifiques pertinents.

Points forts et possibilités liées au contexte

L'organisation scientifique de l'unité est imbriquée dans celle de Télécom Paris et hérite de son organisation en départements. C'est une force qui lui donne une certaine cohérence.

Les points saillants sont les axes « Systèmes et réseaux de communication » très en ligne avec son histoire et « Science des données et IA » autour duquel l'unité dispose d'une masse critique et d'expertises très complémentaires allant des mathématiques à l'électronique en passant par l'informatique et le traitement du signal, lui permettant de jouer un rôle de premier plan international dans ce domaine. La composante théorique et mathématique forte de l'unité, qui est à la fois un point fort, une signature et une singularité, est associée à un axe sur lequel aucune équipe ne s'est positionnée de manière principale.

Les objectifs scientifiques de l'unité sont alignés avec ceux de son environnement et notamment avec ceux de l'institut Polytechnique de Paris et d'Inria ce qui est extrêmement profitable à l'unité et à la dynamique de site. Avec IP Paris, un projet de fusion est en cours d'instruction qui pourrait engendrer un rapprochement avec le CNRS. Avec Inria, une convention a été signée. Elle a débouché sur la création d'une première équipe-projet qui pourrait être suivie par d'autres.

Points faibles et risques liés au contexte

L'interdépendance de la structure de l'unité avec celle de l'école constitue un frein à la flexibilité et son agilité organisationnelle. Les orientations stratégiques de l'unité se déclinent en six axes scientifiques par rapport auxquels les quinze équipes de l'unité se sont positionnées. Chaque axe associe prioritairement entre une et cinq équipes. Ces axes fédérateurs affichés par l'unité offrent une grille de lecture de haut niveau de son activité, mais ne reflètent pas toujours l'état de ses forces tant ces axes sont hétérogènes en taille et du fait de leur nature scientifique. Cela donne plus une impression de mots clés que de véritables objectifs scientifiques ambitieux liés à des défis sociétaux. Ce constat est renforcé par la présentation matricielle de l'unité qui donne l'impression d'une certaine dispersion.

Par exemple, sur l'axe « science des données et IA », l'unité dispose d'une masse critique et d'expertises très complémentaires alors que les travaux sur le quantique sont invisibilisés dans cette matrice. Seule l'équipe LabSoc a choisi l'axe « systèmes embarqués », comme orientation principale alors que l'axe « Systèmes et réseaux de communication » a été choisi par cinq équipes. La présence d'un axe « Mathématiques et applications » ne reflète pas bien la spécificité de l'unité qui dispose d'une composante théorique et mathématique forte s'appliquant dans de nombreux domaines. Enfin, il n'y a pas d'axe sur le quantique malgré l'excellente dynamique de l'unité dans ce domaine.

L'unité n'affiche pas encore explicitement son souci accru en termes d'impact environnemental.

2/ L'unité dispose de ressources adaptées à son profil d'activités et à son environnement de recherche et les mobilise.

Points forts et possibilités liées au contexte

Grâce à son intégration dans une grande école centrée sur le numérique, l'unité dispose de moyens humains et financiers importants, un budget cumulé moyen de plus de 8 M€ par an également réparti entre ses trois départements. Elle dispose aussi d'un vivier d'étudiants d'excellent niveau qu'elle sait attirer grâce notamment à son implication dans les principaux masters franciliens en STIC comme MVA ou MPRI.

L'unité évolue dans un environnement de recherche très dynamique et collaboratif, bénéficiant de multiples partenariats et ressources au sein de l'Institut Polytechnique de Paris, de l'université Paris-Saclay, et du plateau de Saclay avec des entreprises comme EDF et Thales. L'unité est aussi impliquée dans le IA Cluster Hi!Paris, dans un Institut Carnot et dans deux pôles de compétitivité (Systematic et Cap Digital).

En matière d'équipement, l'unité a bénéficié de son déménagement pour renouveler une grande partie de ses installations. Elle dispose de clusters informatiques partagés et d'une infrastructure réseau gérée par sa cellule d'Ingénierie de Recherche du département INFRES. Elle dispose de cinq plateformes de recherche. De plus, l'unité gère des plateformes logicielles ouvertes, accessibles via le Centre pour l'Innovation des Logiciels Ouverts (COSI).

Chaque département dispose de personnel administratif propre, au total de dix personnes, ce qui est bien. Un service de communication scientifique de deux personnes ainsi qu'une cheffe de projet à mi-temps, apportent également leur appui à l'unité.

Points faibles et risques liés au contexte

Le comité relève que les personnels administratifs témoignent d'un fort sentiment d'appartenance à leur département de rattachement plutôt qu'à l'unité. Cette perception représente un risque d'affaiblissement de la cohésion à l'échelle de l'unité.

La structure administrative de l'unité, son organigramme, n'est pas encore utilisé comme un moyen de communication.

3/ Les pratiques de l'unité sont conformes aux règles et aux directives définies par ses tutelles en matière de gestion des ressources humaines, de sécurité, d'environnement, de protocoles éthiques et de protection des données ainsi que du patrimoine scientifique.

Points forts et possibilités liées au contexte

L'unité est composée de quinze équipes de recherche réparties dans trois des quatre départements d'enseignement et de recherche de Télécom Paris : « Communications et Électronique », « Informatique et Réseaux » et « Images, Données, Signal ». Chaque département est dirigé par un chef de département qui est le responsable hiérarchique de l'ensemble des personnels académiques de son département. Cette structure impacte très fortement celle de l'unité.

L'établissement ne définit pas et ne négocie pas explicitement les charges d'enseignement, qui sont définies par les départements d'enseignement et de recherche. La moyenne annuelle se situe autour de 140 heures par enseignant-chercheur ce qui leur laisse plus de disponibilité pour la recherche que leurs homologues universitaires.

Au cours de la période d'évaluation, l'unité a su recruter au meilleur niveau international (p. ex. Royaume-Uni, Italie, États-Unis), démontrant une excellente gestion de son personnel.

L'unité mène une politique active en matière de protection de son patrimoine scientifique et de ses systèmes d'information. Elle a notamment mis en place quatre espaces sécurisés dans les domaines de la cybersécurité, sécurité matérielle/logicielle, 5G et réseaux de nouvelle génération, notamment dans le cadre de travaux communs avec des partenaires industriels.

Points faibles et risques liés au contexte

Chaque année de 2021 à 2023, l'unité a géré en moyenne huit recrutements d'enseignants-chercheurs (sans compter les chercheurs Inria de l'équipe Curiosity), ce qui est nettement supérieur à la moyenne. Ce renouvellement important s'explique à la fois par la pyramide des âges de l'unité, son déménagement qui l'a éloigné de Paris, l'attractivité du secteur privé dans le domaine du numérique et le fait que certaines universités étrangères se remettent à recruter. C'est un point de vigilance, bien que le caractère conjoncturel des trois dernières causes devrait permettre de ramener naturellement le renouvellement des personnels de l'unité dans la moyenne.

Aucun poste n'a été créé dans l'équipe LabSoc au cours de la période, isolée à Sophia Antipolis ce qui pose question sur la place de l'équipe au sein de l'unité.

Les tailles d'équipes de l'unité sont très hétérogènes, certaines étant très grandes et d'autres très petites, parfois travaillant sur des domaines connexes. C'est le cas par exemple des équipes Multimédia et S²A qui travaillent toutes les deux sur l'IA et qui comptent chacune respectivement vingt et cinq enseignants-chercheurs permanents à la date du 31 décembre 2023. Le comité y voit là un risque si l'unité n'y prêtait pas suffisamment attention.

Malgré des initiatives de l'unité dans le domaine de l'animation scientifique à destination des doctorants, le comité a noté que leur participation n'était pas toujours au rendez-vous.

En termes d'impact environnemental, à la suite de la présentation faite en conseil de l'unité en décembre 2023 par un groupe de travail, il a été convenu de créer un groupe de référents « impact environnemental » et de demander à chaque équipe de désigner son représentant.

DOMAINE 2 : ATTRACTIVITÉ

Appréciation sur l'attractivité de l'unité

L'attractivité de l'unité est globalement excellente, voire remarquable pour les équipes ComNum, GTO et S²A. Le rayonnement scientifique est de niveau international avec notamment l'obtention de prix prestigieux. La qualité des recrutements de l'unité est excellente. La politique d'accompagnement des personnels est très bonne, mais le comité relève un renouvellement important des membres de l'unité. Le succès de l'unité à des appels à projets compétitifs est excellent et notamment attesté par l'obtention de quatre financements ERC au cours de la période. La qualité de ses équipements et de ses compétences techniques est excellente.

- 1/ *L'unité est attractive par son rayonnement scientifique et s'insère dans l'espace européen de la recherche.*
- 2/ *L'unité est attractive par la qualité de sa politique d'accompagnement des personnels.*
- 3/ *L'unité est attractive par la reconnaissance de ses succès à des appels à projets compétitifs.*
- 4/ *L'unité est attractive par la qualité de ses équipements et de ses compétences techniques.*

Points forts et possibilités liées au contexte pour les quatre références ci-dessus

L'excellence de l'attractivité et du rayonnement scientifique de l'unité est attestée par d'excellents recrutements au niveau international, 44 prix ou distinctions scientifiques, dont deux prix de l'Académie des Sciences (médaillon des sciences mécaniques et informatiques en 2023, le grand prix IMT en 2020 et le prix Ampère de la SEE en 2023). Des membres de l'équipe ComNum et GTO ont été nommés Distinguished Lecturers par les sociétés IEEE sur la théorie de l'information et la photonique, respectivement.

Le rayonnement international est marqué au niveau européen par un succès important aux appels à projets, dont deux financements ERC, trois projets MSCA-ITN, un projet MSCA-DN et un projet soutenu dans le cadre de l'initiative Quantum Flagship. Ce dernier vise à intégrer les technologies quantiques dans les réseaux de télécommunications classiques afin de renforcer leur sécurité.

Le succès aux appels à projets nationaux est excellent. L'unité est impliquée dans 33 projets ANR (dont six portés) et onze projets financés par les programmes PEPR Cybersécurité, Quantique, Réseaux du futur ou Intelligence Artificielle. Elle bénéficie d'un fort soutien du cluster IA Hi! Paris qui lui a permis d'obtenir treize co-financements de thèse.

L'unité a obtenu de nombreux financements auprès de l'Agence de l'Innovation de Défense du ministère des Armées à travers le Centre Interdisciplinaire d'Études pour la Défense et la Sécurité, six co-financements de thèse, deux dispositifs RAPID et deux projets ANR-AID ASTRID.

L'implication des membres dans leurs communautés scientifiques est excellente, par leur participation à des comités éditoriaux (p. ex. Deputy Editor de Optics Express et Action Editor de Machine Learning) ou à des comités techniques de sociétés savantes au niveau international (IFIP, IEEE, IACR, IAPR, ISMIR, URSI) et national (AFIHM, GRETSI).

L'unité a été impliquée dans l'organisation de nombreux événements scientifiques (workshops, écoles d'été, conférences). Des membres de l'équipe S²A ont notamment co-présidé la conférence majeure en recherche d'informations musicales (ISMIR 2018, plus de 400 participants) et la conférence NeurIPS, événement majeur en IA.

L'unité dispose d'une infrastructure de recherche avancée, comprenant un réseau, des clusters de calcul et une infrastructure réseau spécialisée. Les ressources de calcul incluent 24 serveurs haute performance avec 1500 threads et 10 TB de mémoire, ainsi que neuf serveurs équipés au total de plus de 130 cartes NVIDIA. Le stockage est assuré par 80 TB de stockage rapide et 433 TB de stockage mécanique. Le tout est installé dans une salle serveurs dédiée équipée d'un système de refroidissement (liquide) pour une efficacité énergétique. Ces équipements sont supportés par un excellent centre de compétence : la cellule d'Ingénierie de Recherche composée de trois ingénieurs.

L'unité possède également quatre plateformes spécialisées. L'Optical Communication Lab est dédié à la génération et à la caractérisation de signaux haute performance. Le RF Wave Characterization Lab est équipé pour la caractérisation non linéaire des amplificateurs de puissance en ondes millimétriques. Le Trust Analysis Lab est consacré à l'analyse de la robustesse des circuits numériques par sondage de phénomènes physiques ou injection de perturbations. La plateforme Free 5G permet la conception, le développement et l'évaluation de nouvelles fonctionnalités réseau dans un environnement de radio logicielle. Enfin, le FIT IoT-Lab est utilisé pour tester le réseau avec des dispositifs de capteurs sans fil et des objets communicants hétérogènes.

Points faibles et risques liés au contexte pour les quatre références ci-dessus

L'unité ne dispose pas de chercheurs à temps plein. Cependant, la réflexion en cours à IP Paris sur la recomposition des unités de recherche au périmètre du numérique se fait en coordination avec le CNRS et Inria. Si ce projet venait à aboutir, les équipes du LTCl pourraient avoir la possibilité d'accueillir des chercheurs à plein temps. Le succès de la création de l'équipe-projet commune avec Inria (EPC) Curiosity devrait aider l'unité à lancer d'autres projets de création d'EPC.

Les pratiques d'accueil des nouveaux doctorants et des nouveaux permanents ne sont pas formalisées, ce qui peut potentiellement entraîner des disparités.

Dans certaines équipes, des membres expérimentés n'ont pas encore obtenu leur habilitation à diriger les recherches ce qui limite leur potentiel d'encadrement des doctorants.

L'exploitation et le développement des quatre plateformes spécialisées de l'unité pour l'expérimentation physique a un coût important et se pose à l'unité la question de la source de financement pour ces installations.

DOMAINE 3 : PRODUCTION SCIENTIFIQUE

Appréciation sur la production scientifique de l'unité

La production scientifique de l'unité est globalement excellente mais pas homogène selon les équipes. La qualité et la quantité sont très bonnes pour les équipes LabSoC et C2S malgré des difficultés temporaires rencontrées au cours de la période pour avoir accès à des ressources matérielles (fonderie par exemple), excellentes pour le reste de l'unité et remarquables pour l'équipe S²A et pour les autres équipes en théorie de l'information. Le respect des principes de l'intégrité scientifique, de l'éthique et de la science ouverte est excellent, notamment soutenue par l'initiative du « center for open software innovation » (COSI).

- 1/ La production scientifique de l'unité satisfait à des critères de qualité.*
- 2/ La production scientifique de l'unité est proportionnée à son potentiel de recherche et correctement répartie entre ses personnels.*
- 3/ La production scientifique de l'unité respecte les principes de l'intégrité scientifique, de l'éthique et de la science ouverte. Elle est conforme aux directives applicables dans ce domaine.*

Points forts et possibilités liées au contexte pour les trois références ci-dessus

La production scientifique de l'unité est globalement excellente avec près de 1000 articles publiés dans des revues internationales et 2000 communications dans des conférences. La qualité et la quantité de cette production sont très bonnes pour les équipes LabSoC et C2S, excellentes pour le reste de l'unité et remarquables pour l'équipe S²A et sur la thématique de la théorie de l'information, thématique à laquelle contribuent principalement les équipes ComNum, C2 et RMS (avec par exemple 41 articles à IEEE Trans. Inf. Theory). Environ 20 % de cette production cible les meilleurs supports de publication notamment dans les domaines de l'apprentissage automatique (28 articles à NeurIPS, 29 articles à ICML, quatorze articles à AISTATS, sept articles dans J. Mach. Learn. Res.), le traitement du signal audio (onze articles dans IEEE Trans. Audio Speech Lang. Process.), la sécurité de l'information (sept articles dans IEEE Trans. Inf. Forensics Secur.) ou l'informatique graphique (neuf articles dans Comput. Graph. Forum).

L'unité produit de nombreux logiciels dans une démarche de science ouverte soutenue par l'initiative du Center for Open Software Innovation (COSI). Certains de ces logiciels bénéficient d'une très grande visibilité, comme la librairie River dédiée à l'apprentissage automatique pour les flux de données dynamiques (J. Mach. Learn. Res. 2021). En collaboration avec le Max Planck Institute for Informatics, elle maintient la base de connaissances publiques mondialement reconnue YAGO dont la quatrième version a été livrée en 2020. Pour cette contribution, un membre de l'unité a été distingué du Test-of-Time Award à la plus prestigieuse conférence du domaine du Web (WWW 2018).

Points faibles et risques liés au contexte pour les trois références ci-dessus

La production scientifique n'est pas homogène selon les équipes, et les équipes LabSoc System on Chip et C2S Circuit et Systèmes de Communication ont des marges de progression.

La production scientifique est inégalement répartie entre les membres de certaines équipes, notamment ACES, C2, GTO, RFM2 et RMS.

La production scientifique comporte quelques références dans des revues opérées par des éditeurs déconseillés par la communauté scientifique.

DOMAINE 4 : INSCRIPTION DES ACTIVITÉS DE RECHERCHE DANS LA SOCIÉTÉ

Appréciation sur l'inscription des activités de recherche de l'unité dans la société

L'inscription des activités de recherche de l'unité dans la société est globalement excellente. La qualité et la quantité de ses interactions avec le monde socio-économique sont remarquables avec notamment de très nombreuses chaires industrielles et conventions Cifre. L'activité de l'unité en termes de dépôts de brevets est remarquable. Elle a notamment permis une excellente activité de valorisation. L'unité partage très bien ses connaissances avec le grand public et intervient dans des débats de société grâce à l'activité de certains de ses membres dans des médias nationaux et internationaux.

- 1/ L'unité se distingue par la qualité et la quantité de ses interactions avec le monde non-académique.*
- 2/ L'unité développe des produits à destination du monde culturel, économique et social.*
- 3/ L'unité partage ses connaissances avec le grand public et intervient dans des débats de société.*

Points forts et possibilités liées au contexte pour les trois références ci-dessus

L'unité se distingue par la qualité exceptionnelle de ses interactions avec le monde industriel avec, au cours de la période d'évaluation, 90 contrats bilatéraux industriels (par exemple avec Orange, Atos ou Meta), 95 thèses associées à des conventions Cifre (de l'ordre de 30 % des thèses encadrées par l'unité), quatorze chaires industrielles « Enseignement & Recherche » avec un financement total dépassant dix millions d'euros. La chaire d'enseignement et de recherche DSAIDIS, soutenue par Airbus Defence & Space, Engie, Idemia, Safran et Valeo pour un montant global de plus de 2 M€, vise par exemple à développer des outils d'intelligence artificielle et de sciences des données qui sont applicables dans des contextes opérationnels réalistes

L'unité est engagée dans trois labcom, dont le LISTEN dédié à l'écoute automatique porté par l'équipe S²A avec Valéo, Bruitparif, Orosound et Sony AI.

L'activité de valorisation est excellente. Elle s'est traduite par seize contrats de prématuration, huit financements de la BPI et le dépôt de 95 brevets.

L'unité a participé à la création de trois start-up. Par exemple, en transférant six de ses brevets, l'unité a créé la start-up MiMOPT dont les activités sont centrées autour des communications optiques.

L'unité affiche aussi des liens forts avec le monde hospitalo-universitaire (comme Necker Enfants Malades, Sainte-Anne, Pitié-Salpêtrière, Lariboisière, Robert Debré, Cochin, HEGP), notamment à travers l'équipe IMAGES.

La médiation scientifique est très bonne voire excellente. Quatre équipes ont participé à des émissions de radio ou dans des podcasts. Des membres de l'unité ont contribué à des médias nationaux tels que « Les Echos », « La Recherche » et « Sciences et Vie », et participé à des actions destinées au grand public ou à des organismes de formation scientifiques ou médicaux. Cette activité repose essentiellement sur quelques personnels de l'unité régulièrement sollicités pour leur expertise, notamment, sur les enjeux sociétaux du numérique. Par exemple, l'impact environnemental de la téléphonie 5G a fait l'objet de nombreuses interventions dans de grands médias nationaux (Le Monde Diplomatique, Télérama, France Inter).

Points faibles et risques liés au contexte pour les trois références ci-dessus

Vu le nombre très élevé des initiatives de médiation scientifiques de l'unité, elle ne capitalise pas assez sur leur valorisation. Par exemple, au-delà des actualités, il n'y a pas de rubrique « médias » dans le site Web de l'Unité.

ANALYSE DE LA TRAJECTOIRE DE L'UNITÉ

Les forces de ses équipes et la reconnaissance de leurs membres confèrent au LTCl son statut d'une unité phare dans le domaine du numérique, intégrant les sciences de l'information au sens large, les sciences de l'ingénierie (électronique, optique, matériaux) et les mathématiques appliquées. L'unité soutient les équipes en mettant à leur disposition un appui administratif efficace, des plateformes performantes, et un processus de recrutement souple et réactif. La trajectoire scientifique de l'unité est construite autour de six axes thématiques ; chaque équipe affiche un axe principal et un ou plusieurs axes secondaires. Les projets scientifiques concrets sont définis au niveau des équipes et s'inscrivent dans l'ensemble parfaitement dans les orientations et les défis actuels, allant des sciences des données et de l'intelligence artificielle aux couches physiques des réseaux 6G en passant par l'informatique visuelle et les interactions ou la confiance dans le numérique et les systèmes embarqués. Une force historique de l'unité est d'héberger des mathématiciens qui font avancer les connaissances fondamentales au sein des équipes du numérique. Les forces vives en sciences de données permettent à l'unité de constituer une masse critique dans le cluster en intelligence artificielle Hi!Paris.

L'organisation de l'unité est fortement imbriquée dans celle de l'école, structurée en trois départements d'enseignement et de recherche. Ces départements, en concertation avec la direction, décident de la répartition des postes, des charges d'enseignement, des promotions et de l'attribution de ressources. Le comité soutient l'objectif affiché par l'unité d'intensifier l'accompagnement des recrutements d'enseignants-chercheurs qui a déjà permis des recrutements au meilleur niveau international, et d'étendre la priorisation des profils au recrutement des ingénieurs pour les plateformes. Si l'unité se donne pour objectif de décloisonner les travaux des équipes et de favoriser les collaborations et faire émerger des sujets aux interfaces, elle ne dispose que de peu de moyens pour mettre en œuvre cette stratégie, par exemple en ciblant quelques contrats doctoraux. L'organisation de séminaires transverses à destination des enseignants-chercheurs et des jeunes chercheurs fait défaut dans l'animation scientifique, au-delà de la journée annuelle organisée actuellement.

L'unité entend bénéficier de l'adhésion de l'école à l'Institut Polytechnique de Paris afin de favoriser des interactions et de contribuer à la définition d'une stratégie cohérente de recherche. S'appuyant sur les conclusions d'un groupe de travail ayant réuni des membres des quatre unités de recherche (LIX, LTCl, SAMOVAR et U2IS), elle est partie prenante du projet d'une fusion de ces unités en une UMR organisée en trois pôles (sciences des données, informatique et systèmes de communication). Le comité soutient le principe de ce projet qui augmentera davantage la visibilité des équipes de recherche dans le numérique du site et qui permettrait à la future unité d'accueillir à nouveau des chercheurs CNRS dont le départ en 2017 a affaibli le LTCl. Il conviendra cependant à être attentif à une mise en œuvre à laquelle adhèrent les membres de l'unité et à la préservation de ses atouts en matière de pluridisciplinarité, avec notamment la présence de chercheurs en sciences de l'ingénierie et en mathématiques.

L'unité héberge actuellement une équipe-projet commune Inria-Télécom, et d'autres équipes réfléchissent à la création d'EPC Inria. Le comité salue ces initiatives qui peuvent renforcer les équipes dont les thématiques intéressent les deux établissements. Il reste à élaborer des règles budgétaires et d'organisation afin d'éviter un fonctionnement à deux vitesses qui serait nuisible au bon fonctionnement de l'unité.

RECOMMANDATIONS À L'UNITÉ

Recommandations concernant le domaine 1 : Profil, ressources et organisation de l'unité

En termes de trajectoire, le comité recommande à l'unité de continuer le processus de fusion entamé avec ses partenaires d'IP Paris et de le mener à terme en veillant à bien associer tous ses personnels et à ne pas invisibiliser la composante électronique.

Le comité recommande à l'unité de profiter de cette réorganisation pour afficher des thématiques prioritaires comme le quantique, la cybersécurité et l'intelligence artificielle (avec toutes ses composantes, des mathématiques à l'électronique). Elle recommande aussi de continuer à y associer un volet théorique et mathématique fort afin de cultiver la singularité de l'unité. Cette réorganisation devrait aussi permettre de travailler sur le décroisement des départements.

L'unité devrait faire apparaître clairement l'organisation de ses personnels d'appui à la recherche, au-delà de la structure en département.

Comme déjà évoqué lors de la dernière évaluation, et constatant qu'aucun poste n'a été créé dans l'équipe au cours de la période, le comité recommande à l'équipe LabSoC isolée à Sophia Antipolis de s'orienter vers une intégration plus forte dans l'environnement niçois.

Le comité recommande à l'unité d'être vigilante sur l'évolution de ses très petites équipes à fort potentiel en encourageant leurs collaborations au sein de l'unité pour préparer, en cas besoin, les futures évolutions structurelles de l'unité.

L'animation des doctorants doit être soutenue, en collaboration avec les écoles doctorales partenaires de l'unité.

Recommandations concernant le domaine 2 : Attractivité

Le comité recommande à l'unité d'homogénéiser et de formuler ses bonnes pratiques en termes d'accueil des nouveaux enseignants-chercheurs et des personnels non permanents (doctorants et post-doctorants).

Le comité recommande à l'unité de soutenir ses membres expérimentés dans leur préparation à l'habilitation à diriger les recherches.

Recommandations concernant le domaine 3 : Production scientifique

Le comité recommande à l'unité de continuer sur sa trajectoire en termes de production scientifique.

Le comité recommande à l'unité de prêter une attention particulière aux revues en zone grise, de fortement déconseiller les éditeurs prédateurs et, en général, de s'aligner avec les directives des grands organismes de recherche.

Recommandations concernant le domaine 4 : Inscription des activités de recherche dans la société

Afin de gagner en visibilité dans la société, le comité suggère à l'unité de mieux coordonner ses actions de valorisation de la recherche, notamment dans les médias.

ÉVALUATION PAR ÉQUIPE

Équipe 1 : IMAGES – Image, Modélisation, Analyse, GEométrie, Synthèse

Nom du responsable : M. Yann Gousseau

THÉMATIQUES DE L'ÉQUIPE

L'équipe IMAGES concentre ses recherches sur le traitement, l'analyse et la synthèse d'images, de volumes et de vidéos numériques, avec une évolution récente vers des approches d'apprentissage profond. Ses travaux se divisent en quatre axes : (i) en imagerie médicale, elle conçoit des méthodes d'intelligence artificielle inspirées par le raisonnement clinique ; (ii) en télédétection, elle développe des méthodes d'apprentissage profond intégrant les spécificités des systèmes d'acquisition pour des applications environnementales et de défense ; (iii) en computer graphics, elle crée des outils pour la simulation de fluides et la manipulation artistique en 2D ; (iv) en vision par ordinateur, elle conçoit des méthodes de modélisation d'images et de textures naturelles.

PRISE EN COMPTE DES RECOMMANDATIONS DU PRÉCÉDENT RAPPORT

Suite aux recommandations du précédent rapport, deux axes prioritaires avaient été identifiés : d'une part, le renforcement de la participation à l'animation des axes transverses de l'unité, et d'autre part, l'approfondissement des travaux en modélisation mathématique des images, tout en maintenant l'expertise reconnue en imagerie médicale et en télédétection. L'équipe a parfaitement pris en compte les recommandations du précédent rapport, ainsi que décrit comme suit.

En particulier, l'équipe IMAGES est particulièrement impliquée dans l'axe 2 (Visual and Audio Computing, Interaction) et l'axe 1 (Data Science & Artificial Intelligence) de l'unité. L'équipe s'est fortement impliquée dans l'animation de l'axe 1, avec la co-responsabilité des ateliers organisés sur ce thème et l'organisation de séminaires regroupant des équipes des laboratoires LIX (École Polytechnique), SAMOVAR (Télécom SudParis) et U2IS (ENSTA).

Par ailleurs, l'équipe a procédé à six recrutements au cours de la période. Ces recrutements ont permis l'élargissement des compétences de l'équipe en optimisation, apprentissage automatique, modélisation stochastique, transport optimal et méthodes « plug-and-play », entre autres. L'expertise historique en imagerie médicale a été renforcée grâce au retour d'un membre, et à un recrutement. Les thématiques de restauration d'images et de télédétection d'une part, et d'informatique graphique d'autre part, ont chacune été consolidées via deux autres recrutements.

EFFECTIFS DE L'ÉQUIPE : EN PERSONNES PHYSIQUES AU 31/12/2023

Catégories de personnel	Effectifs
Professeurs et assimilés	3
Maîtres de conférences et assimilés	8
Directeurs de recherche et assimilés	0
Chargés de recherche et assimilés	0
Personnels d'appui à la recherche	3
Sous-total personnels permanents en activité	14
Enseignants-chercheurs et chercheurs non permanents et assimilés	1
Personnels d'appui non permanents	0
Post-doctorants	1
Doctorants	30
Sous-total personnels non permanents en activité	32
Total personnels	46

ÉVALUATION

Appréciation générale sur l'équipe

L'équipe IMAGES possède une excellente production scientifique, valorisée dans des revues et conférences prestigieuses, et par une reconnaissance de certains de ses membres au meilleur niveau international. Son attractivité est aussi excellente notamment grâce à son investissement au niveau de la formation pré doctorale et à ses partenariats. L'encadrement doctoral est là encore excellent sur tous les critères. L'activité contractuelle est excellente au niveau national. Les récents départs de membres senior et un turn-over important pourraient fragiliser l'équipe, notamment en informatique graphique.

Points forts et possibilités liées au contexte

Les travaux de l'équipe ont connu une évolution fondamentale vers l'apprentissage profond, mais l'équipe a su conserver sa forte expertise dans les domaines de la modélisation d'images et des mathématiques appliquées. L'équipe maintient un bon équilibre entre la méthodologie et les applications, ce malgré un renouvellement important de ses membres (sept départs et six arrivées ou retour). Par exemple, l'équipe a notamment eu des contributions méthodologiques sur des stratégies d'apprentissage contrastif dans des cadres supervisé (ICLR 2023), faiblement supervisé (ICML 2023) ou plus récemment non-supervisé, avancées qui ont trouvé des applications en imagerie médicale (MICCAI 2023, MICCAI 2024). Des résultats marquants concernent également le développement de méthodes de restauration d'images à l'aide d'approches plug-and-play, avec des résultats théoriques et méthodologiques importants (NeurIPS 2023).

L'équipe valorise ses travaux dans les meilleurs supports de publication. En particulier 95 articles ont été publiés dans des revues internationales (MedIA, JMIV, IJAR, Signal Processing, Computer Graphics), soit un excellent taux de publication de 3.4 articles par ETPR et par an. L'équipe a publié dix articles en conférences internationales les plus prestigieuses des domaines concernées (p. ex. MICCAI, ECML-KDD, SIGGRAPH, ICLR).

L'équipe IMAGES est très fortement impliquée dans la formation doctorale, en ayant formé 80 doctorants au cours de la période considérée, et ce avec un encadrement efficace, la durée moyenne des thèses étant de 40 mois. L'équipe est aussi active dans des programmes de Master prestigieux tels que le Master MVA de Paris Saclay, ce qui est particulièrement important pour le recrutement de doctorants.

L'équipe participe à neuf projets ANR dont cinq comme porteur et est notamment impliquée dans un programme Européen Horizon AQTIVATE (financement Marie Curie), qui est très compétitif.

Les membres de l'équipe sont particulièrement actifs et reconnus dans leurs communautés : co-organisation de conférences internationales (IEEE ISBI 2024, IEEE Int. Ultrasonics Symposium 2022), participation à des comités éditoriaux de revues prestigieuses (Medical Image Analysis, JMIV, Image Processing Online) et des comités de programme de conférences (Eurographics, Pacific Graphics, Computer Graphics International). Ils participent à des instances de pilotage de la recherche et d'expertise scientifique, en France et à l'étranger (comité d'évaluation Hcéres, comité scientifique de l'IRCAM, EPITA, IGN, la CID55 du CoNRS, ISCETS [Portugal], E4Health).

Les recherches de l'équipe sont menées en partenariat avec de nombreux acteurs sociétaux et industriels. L'équipe collabore notamment avec les meilleurs hôpitaux de la région parisienne (Bicêtre, Necker Enfants Malades, Sainte-Anne, Pitié-Salpêtrière, Lariboisière, Robert Debré, XV-XX, Cochin, HEGP). Ses partenariats avec de nombreuses entreprises (Valeo, Kanop, Interdigital, Incepto, Guerbet, General Electric, Philips, L'Oréal, Skairos, etc.) ont permis le montage de 21 conventions Cifre (thèses soutenues ou en cours). Le transfert de technologies s'est traduit par huit brevets déposés et un dépôt de code à l'APP.

Les membres ont participé à des présentations destinées au grand public, en particulier au jeune public (Maths en Jeans, Maison Poincaré, Cité des Sciences) et ont rédigé plusieurs articles de vulgarisation pour des organismes de formation scientifiques ou médicaux.

Points faibles et risques liés au contexte

Le grand nombre de départs de membres de l'équipe durant la période (sept dont quatre titulaires de la HDR) impacte l'attractivité, et aussi la possibilité de direction de thèse, le nombre d'HDR étant limité (quatre sur onze permanents). La thématique de l'informatique graphique pourrait s'en trouver fragilisée, notamment car les derniers recrutements au cours de la période n'ont pas permis de la renforcer.

Les activités de valorisation de la recherche et de transfert restent encore timides, malgré un grand nombre de collaborations avec des entreprises privées.

L'équipe possède des collaborations de longue date avec des hôpitaux parisiens renommés, mais le déménagement à Saclay et l'absence de partenariat formalisé sur le long terme représente un handicap pour le développement et la visibilité des activités en imagerie médicale.

Analyse de la trajectoire de l'équipe

Les recherches de l'équipe IMAGES ayant largement évolué vers les modèles d'apprentissage profond, les travaux à venir s'attelleront à développer des approches plus explicables, dont on puisse comprendre les mécanismes internes, avec des stratégies d'apprentissage auto-supervisées ou faiblement supervisées, ou d'apprentissage de représentation, et ce avec des données issues de modalités diverses. Compte tenu des thématiques actuelles dans les communautés de l'imagerie, cette stratégie est tout à fait pertinente.

En imagerie médicale, l'équipe continuera également de développer son expertise en reconstruction d'images et problème inverse. Les collaborations cliniques seront maintenues et étendues, notamment avec le nouvel hôpital Paris-Saclay et des partenaires locaux, pour développer des méthodes d'IA adaptées à de nouveaux systèmes d'imagerie.

En télédétection, l'équipe s'intéressera aux images optiques, hyperspectrales et radar, notamment en provenance de nouveaux capteurs (agences spatiales et entreprises privées). L'équipe travaillera aussi sur des approches permettant d'introduire des connaissances physiques dans les systèmes d'acquisition et sur la conception de réseaux profonds pour résoudre des problèmes inverses (deep unrolling). Dans leurs travaux en restauration, amélioration, édition et synthèse d'images et de vidéos, les membres de l'équipe auront pour objectif de réduire la grande taille des modèles génératifs habituellement utilisés, ce qui est opportun dans le contexte actuel de sobriété numérique. Un autre axe sera l'étude des espaces latents des modèles génératifs, une approche prometteuse pour mieux comprendre les mécanismes internes de ces modèles et améliorer leur contrôlabilité.

RECOMMANDATIONS À L'ÉQUIPE

Le comité encourage l'équipe IMAGES à maintenir son excellente production scientifique, son attractivité, ainsi que ses nombreuses collaborations avec le monde industriel et hospitalier.

La thématique Informatique graphique se situe à la marge des activités de l'équipe, que ce soit en termes de personnel permanent ou dans la trajectoire. Il faudrait veiller à favoriser les collaborations en interne, renforcer le recrutement sur cette thématique, et bien inscrire les axes recherches futurs en synergie avec les autres thématiques.

En plus des brevets déposés et des thèses Cifre encadrées qui participent au transfert technologique, l'équipe est encouragée à valoriser ses résultats de recherche par le biais de création de start-up par exemple.

Concernant l'imagerie médicale, en plus de ses partenariats avec des hôpitaux parisiens, l'équipe est invitée à investir pleinement une collaboration pérenne avec un partenaire hospitalier privilégié sur site, comme le futur hôpital Paris-Saclay.

Équipe 2 : S²A – Signal, Statistique et Apprentissage

Nom du responsable : M. Stephan Cléménçon

THÉMATIQUES DE L'ÉQUIPE

L'équipe S²A (Signal, Statistiques et Apprentissage Automatique) est rattachée au département « Image, données, Signal » de l'unité. Elle mène des recherches sur les fondements méthodologiques et le développement algorithmique de l'intelligence artificielle, et en particulier de l'apprentissage automatique, le traitement du signal et l'informatique sociale. Les thématiques de recherche s'articulent principalement autour des thèmes suivants : la modélisation probabiliste et la statistique mathématique, l'apprentissage automatique et l'optimisation, l'analyse de données audio et le traitement du signal et l'informatique sociale.

PRISE EN COMPTE DES RECOMMANDATIONS DU PRÉCÉDENT RAPPORT

Les recommandations du précédent rapport d'évaluation portent sur trois points.

Le précédent comité recommandait à l'équipe de maintenir la qualité de sa production scientifique. Malgré un fort roulement de personnel, l'équipe S²A a réussi à maintenir une production scientifique de haute qualité et à consolider, voire renforcer son excellente activité partenariale avec le milieu industriel.

Le précédent comité recommandait, vu le caractère fortement méthodologique d'une partie de l'équipe, le développement de collaborations plus étroites avec d'autres équipes de l'unité. Cette recommandation a été intégralement prise en compte. Des collaborations concrétisées à travers des co-encadrements de thèses et des publications communes ont été établies pendant la période de référence avec l'équipe DIG. Des collaborations avec d'autres équipes du LTCI ont été aussi mises en place, notamment avec l'équipe MM du département IDS et les équipes ComNum et GTO du département COMELEC.

Le précédent comité recommandait à l'équipe de dégager des priorités parmi les sollicitations qu'elle est amenée à rencontrer. L'équipe est très sollicitée mais a réussi à donner des priorités claires à son projet que ce soit en recherche (traitement statistique du signal audio, informatique sociale et fondements de l'apprentissage automatique), en enseignement (Master Data Science d'IP Paris et MVA de l'ENS Paris Saclay) ou dans l'implication dans les structures de gouvernance (IP Paris et le centre interdisciplinaire Hi! PARIS).

EFFECTIFS DE L'ÉQUIPE : EN PERSONNES PHYSIQUES AU 31/12/2023

Catégories de personnel	Effectifs
Professeurs et assimilés	11
Maîtres de conférences et assimilés	9
Directeurs de recherche et assimilés	0
Chargés de recherche et assimilés	0
Personnels d'appui à la recherche	10
Sous-total personnels permanents en activité	30
Enseignants-chercheurs et chercheurs non permanents et assimilés	6
Personnels d'appui non permanents	1
Post-doctorants	4
Doctorants	50
Sous-total personnels non permanents en activité	61
Total personnels	91

ÉVALUATION

Appréciation générale sur l'équipe

La production scientifique de l'équipe est excellente. La remarquable attractivité de l'équipe est attestée par des récompenses scientifiques (par exemple un grand prix IMT de l'académie des sciences) et la présidence de plusieurs événements internationaux majeurs. L'activité contractuelle de l'équipe, soutenue aux plans régional, national et européen (dont un projet ERC et deux projets ITN), est exceptionnelle. Les collaborations industrielles sont à un niveau remarquable. L'activité de médiation scientifique vers le grand public est excellente en particulier sur l'informatique émotionnelle, avec des actions variées et souvent à grande audience.

Points forts et possibilités liées au contexte

L'équipe S²A est un acteur important dans le domaine de l'IA et de la science des données. Son expertise et son positionnement scientifique lui permettent d'affirmer son identité et sa place au meilleur niveau scientifique dans son champ de compétence. L'équipe est au tout meilleur niveau international dans les domaines du traitement du signal audio, de l'apprentissage statistique et de l'informatique sociale. Plusieurs résultats majeurs ont été obtenus, notamment par une approche multidisciplinaire, à l'interface de ces trois domaines scientifiques ; comme par exemple les travaux sur l'interprétabilité audio dans les modèles d'apprentissage profond publiés dans la conférence prestigieuse « Neural Information Processing Systems » (NeurIPS) ou bien les travaux sur la détection des conversations problématiques avec peu de données publiés dans des conférences de référence en IA et en traitement automatique du langage telles que « Association for the Advancement of Artificial Intelligence » (AAAI) et « Empirical Methods in Natural Language Processing » (EMNLP).

La production scientifique de l'équipe est excellente et se distingue par sa qualité avec des publications dans des revues et conférences de premier plan (p. ex. JMLR, Annals of Statistics, IEEE SPM, IEEE PAMI, NeurIPS, ICML, ICLR, EMNLP) et son volume (une vingtaine d'articles de journaux et une cinquantaine d'articles de conférence par an en moyenne, soit l'équivalent de 3,5 publications internationales / ETP / an). Les publications couvrent les différents thèmes de l'équipe avec une bonne répartition entre les thèmes. La quasi-totalité des membres permanents ont une activité de publication significative. Les doctorants sont bien présents dans cette production (une quarantaine de doctorants ont une publication journal en tant que premier auteur pour une cinquantaine de thèses soutenues pendant la période).

Le rayonnement scientifique de l'équipe est remarquable. Le comité souligne que des membres de l'équipe S²A ont obtenu des prix prestigieux pendant la période (Grand prix IMT-Académie des Sciences en 2020 et 2^{ème} prix Joseph Fourier en 2018) et que l'équipe a accueilli, en tant qu'invité, des chercheurs de renom, venant par exemple de l'université d'Aalto ou de l'université de Pennsylvanie. Les membres de l'unité assurent plusieurs responsabilités éditoriales et de participation à des instances de pilotage de la recherche de premier plan (comité de programme de NeurIPS en 2019, comité éditorial du journal IEEE SPM, comité de pilotage du réseau d'excellence européen en IA ELLIS, co-directeur scientifique de Hi! Paris). L'équipe a en outre porté l'organisation de la conférence internationale ISMIR en 2018 qui a compté plus de 430 participants. Le rayonnement de l'équipe S²A et ses moyens financiers ont permis à l'équipe d'avoir une excellente attractivité avec une capacité à recruter au cours de la période huit enseignants-chercheurs, une dizaine de postdoctorants et une centaine de doctorants (dont une cinquantaine ont soutenu en trois ou quatre ans).

L'équipe a d'excellentes capacités de financement : elle s'appuie sur plusieurs contrats européens (dont un financement ERC et deux financements ITN – Innovative training networks) et nationaux (une dizaine de projets ANR dont deux en tant que porteur).

L'équipe a de fortes interactions avec le tissu industriel local et national. Ceci se traduit à travers une dizaine de contrats de collaboration laboratoire/entreprise, cinq chaires industrielles (dont la chaire DSAIDIS d'un budget de 2,2 M€ sponsorisé par plusieurs acteurs industriels de premier plan tels que Airbus, Engie, Safran et Valeo) et une vingtaine de conventions Cifre.

Au niveau de l'organisation de manifestations destinées au grand public, l'équipe S²A a une activité riche : contribution à des émissions radio (France Culture par exemple) large public sur les technologies d'IA, comité de rédaction de Polytechnique Insights, contribution au musée Maison Poincaré dédié à la vulgarisation des maths.

Points faibles et risques liés au contexte

L'équipe a connu un fort roulement de personnel au cours de la période. Ceci peut affecter sa stabilité et la continuité de ses projets.

Le thème informatique sociale est fragilisé à la suite du départ de membres leaders sur ce thème.

Les membres de l'équipe, en particulier les membres seniors, sont soumis à de nombreuses sollicitations (comités, projets collaboratifs, conseils d'administration, etc.), ce qui peut affecter leur temps de recherche.

Analyse de la trajectoire de l'équipe

Des départs ont affecté le thème informatique sociale. L'équipe souhaite resserrer ses thématiques autour de trois axes de recherches : fondements mathématiques de l'IA, analyse des données audio et traitement du signal et IA multimodale. Ce dernier axe se développera en collaboration avec l'équipe MM de l'unité. A plus court terme, l'équipe donnera une importance particulière à l'IA explicable, frugale et de confiance. L'équipe est en train de mettre en place une nouvelle chaire industrielle sur l'IA responsable et compte développer son laboratoire joint avec des partenaires industriels sur l'écoute automatique (ou machine Listening). Cette trajectoire est cohérente et adaptée aux compétences de l'équipe.

RECOMMANDATIONS À L'ÉQUIPE

L'équipe S²A a su s'adapter aux changements de personnel et a renforcé son positionnement scientifique au cours de la période. L'équipe est très sollicitée pour des partenariats industriels ce qui lui permet d'avoir une très bonne santé financière. Ceci peut conduire à une dispersion scientifique. L'équipe doit donc veiller à concentrer ses efforts sur des axes de recherche prioritaires et des projets à fort impact,

Le comité invite l'unité à pérenniser ses ressources financières. Compte tenu de la qualité des travaux menés en son sein et afin d'accroître la visibilité des recherches de l'équipe, la possibilité de répondre à des appels à projets de type ERC (notamment au niveau Starting ou Consolidator) mérite d'être envisagée.

Le comité encourage l'unité à maintenir son attractivité en offrant un environnement de travail stimulant et des opportunités de développement professionnel.

Équipe 3 : MM – Multimédia
 Nom du responsable : M. Stéphane Lathuilière

THÉMATIQUES DE L'ÉQUIPE

Les thématiques de l'équipe portent principalement sur deux domaines : la transmission des données multimédias et le développement de nouvelles approches d'apprentissage profond pour les données visuelles et multimodales. L'équipe développe des approches de transmission vidéo robustes, le codage vidéo distribué, le codage réseau et le codage vidéo linéaire. L'équipe mène des activités de recherche sur l'apprentissage profond des données visuelles et multimodales telles que les images et les vidéos, tout en abordant également les problèmes liés aux données textuelles.

PRISE EN COMPTE DES RECOMMANDATIONS DU PRÉCÉDENT RAPPORT

Trois recommandations ont été émises dans le rapport précédent.

Le précédent rapport recommandait à l'équipe de réduire son périmètre d'activités.

À la suite des départs de membres seniors, l'équipe MM a été réorganisée autour de deux axes principaux : « Transmission des multimédias » et « Apprentissage profond efficace pour les données multimodales ». Parallèlement à ces changements, l'équipe a entamé plusieurs collaborations avec l'équipe ComNum et avec l'équipe IMAGES.

L'équipe avait été encouragée à participer à des projets européens ou soumettre un projet ERC pour accroître encore la visibilité des résultats. Ce point reste un point faible de l'équipe qui n'a pas participé à des projets européens pendant la période.

Le précédent rapport recommandait à l'équipe de renforcer les collaborations entre ses deux axes.

L'équipe a mis en place des séminaires internes hebdomadaires visant à encourager la collaboration entre les axes : « Transmission des multimédias » et « Apprentissage profond efficace pour les données multimodales ».

Le précédent rapport recommandait à l'équipe de rapprocher les deux axes de l'équipe et d'adapter ses thématiques de recherche.

Compte tenu des progrès rapides de l'apprentissage profond dans le traitement multimédia, l'équipe a adapté les objectifs et l'organisation de l'équipe en conséquence. Elle a concentré ses activités sur le développement de méthodologies d'apprentissage profond, en particulier pour le traitement des données multimédias et visuelles. L'équipe a maintenu une excellente production scientifique.

EFFECTIFS DE L'ÉQUIPE : EN PERSONNES PHYSIQUES AU 31/12/2023

Catégories de personnel	Effectifs
Professeurs et assimilés	1
Maîtres de conférences et assimilés	4
Directeurs de recherche et assimilés	0
Chargés de recherche et assimilés	0
Personnels d'appui à la recherche	4
Sous-total personnels permanents en activité	9
Enseignants-chercheurs et chercheurs non permanents et assimilés	0
Personnels d'appui non permanents	0
Post-doctorants	2
Doctorants	8
Sous-total personnels non permanents en activité	10
Total personnels	19

ÉVALUATION

Appréciation générale sur l'équipe

La production scientifique de la composante « Apprentissage efficace pour les données visuelles et multimodales » de l'équipe est excellente. La production scientifique de la composante « codage vidéo » est très bonne. L'attractivité de la composante « Apprentissage efficace pour les données visuelles et multimodales » est très bonne et celle de la composante « codage vidéo » est bonne. L'activité contractuelle est très bonne, notamment en ce qui concerne les conventions Cifre avec des partenaires prestigieux. Les départs récents et à venir fragilisent l'équipe.

Points forts et possibilités liées au contexte

Les activités de recherche de l'équipe sont structurées autour de deux axes principaux : la transmission et la compression de données multimédia et l'apprentissage efficace pour les données visuelles et multimodales. L'axe apprentissage efficace pour les données visuelles et multimodales a apporté des contributions majeures, notamment les modèles génératifs profonds, l'apprentissage avec supervision limitée ou imparfaite, et l'apprentissage profond efficace et apprentissage multimodal basé sur les graphes publiés dans conférences et journaux de premier plan tels que CVPR, ECCV, ICCV, ICLR, NeurIPS et TPAMI. L'axe Transmission et compression de données multimédias a également apporté des contributions significatives, en particulier dans le domaine du codage vidéo linéaire (LVC), qui ont donné lieu à des publications dans de très bonnes conférences (ICASSP, 2018 et 2019) et revues scientifiques (Image communication, 2019). Plus récemment, l'équipe s'est intéressée au tatouage des réseaux de neurones pour des applications multimédia. D'une manière générale, l'équipe a su renouveler les questions scientifiques qu'elle aborde en mettant l'accent sur l'apprentissage profond, tout en gardant ses compétences fondamentales dans les différents domaines.

La production scientifique de l'axe apprentissage efficace pour les données visuelles et multimodales est excellente. Les conférences et les journaux ciblés sont clairement des références dans la communauté scientifique. Les membres de l'équipe sont auteurs de nombreuses publications dans des conférences et revues d'excellent niveau comme IEEE TPAMI, CVPR, ECCV, ICCV, ICLR, NeurIPS. Ces publications sont souvent co-signées avec des chercheurs de renom d'autres établissements en France et à l'étranger (comme Univ. Trento, Univ. Torino), témoignant du réseau international de l'équipe. La production scientifique de l'axe Transmission et compression de données multimédias est très bonne, attestée par de nombreuses publications dans de très bons journaux tels que IEEE TMM, IEEE TIP, IEEE TCSVD, IEEE IFS.

Le taux de succès aux appels nationaux est très bon (participation à trois projets ANR dont un porté par l'équipe, un projet FUI).

L'équipe montre une très bonne interaction avec les partenaires industriels à travers la chaire industrielle Data Science et IA (avec Airbus, Engie, Idemia, Safran et Valéo) et par la signature de sept conventions Cifre en collaboration avec des industriels de premier plan (Meta, Atos, DXOMark, Zodiac, StreamRoot, Orange).

L'équipe a une activité de standardisation remarquable, notamment par une forte implication dans le comité de normalisation MPEG. Des membres de l'équipe ont été co-inventeurs de quatre brevets acceptés.

Points faibles et risques liés au contexte

Les départs d'un E/C senior et du responsable de l'équipe fragilisent l'équipe. C'est une équipe de recherche de taille modeste au niveau des permanents, au regard des défis scientifiques soulevés en vision par ordinateur et en codage et transmission vidéo.

Le succès aux appels internationaux est en retrait puisque, au cours de la période, l'équipe n'a participé et n'a coordonné aucun projet.

Analyse de la trajectoire de l'équipe

L'équipe a adapté ses objectifs pour faire face aux nombreux départs et prendre en compte l'expertise des nouveaux membres. Les recherches de l'équipe MM ont largement évolué vers les modèles d'apprentissage profond pour les données multimodales. En outre, l'équipe MM souhaite s'investir dans les grands modèles de langage (LLM) et les modèles de vision du langage (VLM), sujets de grande actualité. Cette évolution pourrait

lui offrir des collaborations très intéressantes avec les équipes IMAGES et S²A. Cependant, le départ de plusieurs membres pourrait la handicaper dans la réalisation de ces objectifs.

RECOMMANDATIONS À L'ÉQUIPE

Le comité encourage l'équipe à maintenir son excellente production scientifique. Des marges de progression sont possibles pour l'axe Transmission et compression de données multimédias.

L'équipe possède des collaborations au niveau européen. Le comité encourage l'équipe à les formaliser dans le cadre de projets européens, dont elle serait porteuse ou participante.

Le comité encourage l'équipe à continuer les collaborations avec les équipes IMAGES et S²A.

Équipe 4 : DIG - Data, Intelligence and Graphs

Nom du responsable : M. Thomas Bonald

THÉMATIQUES DE L'ÉQUIPE

Les thématiques principales de l'équipe portent sur la science des données, l'apprentissage automatique et l'intelligence artificielle. L'équipe se focalise sur l'extraction des connaissances, en particulier à partir de sources textuelles, afin de les stocker, de les traiter, de les interroger et de faire comprendre leurs sémantiques aux machines. L'originalité de l'équipe consiste dans la conjugaison d'approches théoriques et pratiques pour attaquer ces thématiques de recherche. Cinq axes de recherche sont développés : théorie des bases de données, fouille de graphes, apprentissage automatique, traitement automatique des langues, bases de connaissances, raisonnement automatique et intelligence collective.

PRISE EN COMPTE DES RECOMMANDATIONS DU PRÉCÉDENT RAPPORT

Le précédent rapport jugeait pertinente de développer une collaboration plus étroite entre l'équipe DIG et l'équipe SMA autour de l'activité « machine learning for data streams » et IoT. Cette recommandation a bien été prise en compte, avec la mise en place de collaborations avec l'équipe S²A et l'équipe ACES. Ces collaborations se sont manifestées à travers des thèses co-encadrées avec ces équipes, et des nombreuses publications communes avec S²A (AKBC 2021, ACL 2022, COLING 2022, EMNLP 2022).

L'équipe avait été encouragée à continuer à publier au meilleur niveau ses résultats scientifiques et poursuivre ses partenariats académiques et industriels. L'équipe confirme cette trajectoire excellente concernant les publications et les partenariats industriels.

L'équipe avait été encouragée à poursuivre les partenariats académiques et industriels dans des projets de plus grande ampleur (projet Européens, ERC) pour accroître encore la visibilité des résultats. Ce point reste un point faible de l'équipe qui n'a pas bénéficié de financements de projets européens pendant la période.

Dans le précédent rapport, le comité soulignait que l'implication de l'équipe dans les actions structurantes de l'unité, comme les « topics » et axes transversaux, devrait être renforcée. Les collaborations avec ACES et S²A sur les axes transversaux de l'unité montrent que l'équipe a bien pris en compte cette recommandation.

EFFECTIFS DE L'ÉQUIPE : EN PERSONNES PHYSIQUES AU 31/12/2023

Catégories de personnel	Effectifs
Professeurs et assimilés	5
Maîtres de conférences et assimilés	4
Directeurs de recherche et assimilés	0
Chargés de recherche et assimilés	0
Personnels d'appui à la recherche	2
Sous-total personnels permanents en activité	11
Enseignants-chercheurs et chercheurs non permanents et assimilés	1
Personnels d'appui non permanents	0
Post-doctorants	1
Doctorants	17
Sous-total personnels non permanents en activité	19
Total personnels	30

ÉVALUATION

Appréciation générale sur l'équipe

La production scientifique de l'équipe est excellente, notamment attestée par des prix dans des conférences majeures du domaine. L'activité de développement logiciel est aussi d'excellente qualité. L'équipe a une excellente visibilité internationale, attestée par les présentations plénières invitées dans des conférences et un « test of time award ». Le taux de succès dans des appels nationaux est très bon mais la participation de l'équipe à des projets internationaux est faible. L'équipe a une excellente activité contractuelle. L'activité de médiation scientifique vers le grand public est très bonne.

Points forts et possibilités liées au contexte

L'équipe se focalise sur l'extraction des connaissances, en particulier à partir de sources textuelles, afin de les stocker, de les traiter et de faire comprendre leurs sémantiques aux machines.

La reconnaissance globale de l'équipe sur ses activités est témoignée par exemple par la base de connaissance YAGO qui a un impact remarquable dans la communauté Web et qui a été récompensée avec le Test of Time Award à la conférence majeure du domaine World Wide Web (2018) et avec le French Open Science Award (2022). L'originalité de la contribution scientifique de l'équipe est aussi témoignée par la définition de nouveaux algorithmes de prédiction de liens, de clustering de graphes et de graph embeddings qui sont à l'origine d'applications innovantes de l'équipe par exemple dans la détection d'évènements (ESWC2020, ICWSM2018).

La production scientifique de l'équipe est excellente, avec 33 publications dans des conférences les plus réputées du domaine. Les membres de l'équipe sont auteurs de nombreuses publications dans des conférences et revues d'excellent niveau comme IJCAI, EMNLP, AAAI, WWW, JMLR, ICPR, Information Sciences, TKDD, qui sont clairement des références dans la communauté scientifique de l'équipe DIG. Plus de 60 % des publications de l'équipe sont co-signées avec des partenaires internationaux (Univ. of Waikato, Karlsruhe Institute of Technology, Johns Hopkins University). La production scientifique est proportionnée et bien répartie entre les membres. Les doctorants participent activement à la production scientifique de l'équipe. Les membres de l'équipe ont été lauréats de prestigieux prix dans des conférences internationales comme le best paper award à la International Conference on Database Theory (2020) et le best paper award à la ACM Conference on Fairness, Accountability, and Transparency (2023).

L'excellente visibilité internationale de l'équipe est aussi attestée par les exposés invités des membres dans conférences internationales du domaine, comme l'ACM International Conference on Distributed and Event-based Systems (2018) et le Local Chapter of ACM SIGKDD (2023). Les membres de l'équipe participent activement aux comités éditoriaux de revues importantes (Machine Learning Journal, Data Mining and Knowledge Discovery Journal) et aux comités de programme des conférences du domaine (ECAI, IJCAI, NeurIPS, KDD, TheWebConf, ICLR, ISWC).

Le taux de succès aux appels nationaux est très bon (participation à quatre projets ANR comme partenaire dont un PRCI, portage d'une chaire IA). L'équipe montre une excellente interaction avec les partenaires industriels dans les projets ANR et les conventions Cifre (Thales, Nokia, Huawei, Safran, ministère des Armées). L'équipe a aussi reçu la reconnaissance d'une prestigieuse bourse Google qui a permis de disposer de ressources pour stocker de larges volumes de données et l'entraînement de modèles neuronaux pour le traitement du langage naturel.

L'implication de permanents de l'équipe dans la médiation scientifique est bonne (intervention à la radio dans France Culture, article sur Science et Avenir) et il y a une forte implication de l'équipe dans l'open source par la contribution par exemple aux logiciels et bibliothèques Scikit-Network, River et TorchKGE.

Points faibles et risques liés au contexte

Bien que l'équipe ait de très nombreuses collaborations européennes et internationales, le taux de participation dans le cadre de projets financés au niveau européen et international est faible (au cours de la période, l'équipe n'a ni participé ni coordonné des projets européens).

Les activités de valorisation, transfert ou création de start-up, restent limitées malgré le dépôt d'un brevet au cours de la période.

Analyse de la trajectoire de l'équipe

L'équipe DIG étudie, sur le plan théorique, les fondements de la gestion des données, des langages formels et des algorithmes de graphes. L'équipe s'intéresse également aux aspects cognitifs, tels que la « simplicity theory », qui cherche à expliquer l'attraction des situations ou des événements sur les utilisateurs humains, à travers la notion de complexité algorithmique. Sur le plan pratique, l'équipe développe de nouvelles approches pour extraire automatiquement des connaissances structurées à partir du texte, de nouvelles structures de données et de nouveaux langages pour le stockage et l'interrogation de données, de nouveaux algorithmes d'apprentissage automatique, en mettant l'accent sur les algorithmes explicables (XAI) et les algorithmes en ligne. L'équipe étudie aussi de nouvelles techniques pour répondre à des questions complexes (par exemple formulées en langage naturel), ainsi que diverses applications de ces techniques dans les domaines de l'industrie, de la santé, du droit et de la société. Compte tenu des thématiques phares qui se profilent dans le futur en IA (par exemple XAI) et des enjeux sociétaux que ces technologies impliquent, la trajectoire de l'équipe est très pertinente et prometteuse.

RECOMMANDATIONS À L'ÉQUIPE

Le comité encourage l'équipe à maintenir son excellente production scientifique, ainsi que ses nombreuses collaborations avec le monde industriel et d'autres équipes de recherche internationales.

En plus du brevet déposé et des nombreuses conventions Cifre établies qui participent au transfert technologique, l'équipe est encouragée à valoriser ses résultats de recherche par le biais de création de start-up par exemple.

Le comité est surpris de ne pas voir plus de participation ou coordination de projets au niveau européen ou international. L'équipe possède de nombreuses collaborations internationales. Le comité recommande de formaliser ces collaborations dans le cadre de projets européens ou internationaux financés, dont elle serait porteuse ou participante.

Équipe 5 : ACES – Automatic and Critical Embedded Systems

Nom du responsable : M. Samuel Tardieu

THÉMATIQUES DE L'ÉQUIPE

L'équipe ACES couvre un large spectre de sujets incluant la cybersécurité, les systèmes distribués sûrs, le génie logiciel, les systèmes embarqués temps-réel et les systèmes autonomes soumis à des contraintes d'énergie. Ces sujets s'inscrivent dans l'axe confiance numérique de l'unité. Selon les spécificités de chacun de ces axes, les contributions vont d'études théoriques jusqu'à la mise en œuvre de systèmes, avec des domaines d'application tels que l'Internet des Objets, la blockchain ou des noyaux de systèmes sur puce.

PRISE EN COMPTE DES RECOMMANDATIONS DU PRÉCÉDENT RAPPORT

Quatre recommandations ont été émises dans le rapport précédent. La première incitait l'équipe à augmenter la qualité de sa production scientifique, en adéquation avec son rayonnement et sa forte activité contractuelle. Cette recommandation a été suivie car tous les axes de l'équipe visent désormais les supports de publication de très haut niveau.

La deuxième recommandation portait sur le développement des relations contractuelles avec les acteurs du site de Saclay. L'implantation de l'équipe sur le plateau de Saclay est excellente à travers des chaires industrielles, des thèses Cifre avec des industriels locaux, et son implication dans le labex Digicosme.

La troisième recommandation concernait le nombre des membres de l'équipe bénéficiant d'une habilitation à diriger des recherches. Cette recommandation a été prise en compte dans le sens où plusieurs membres ont obtenu une autorisation dérogatoire pour diriger des thèses. Deux de ces membres ont entretemps soutenu une HDR.

Enfin, le comité recommandait à l'équipe à bien gérer les départs prévus. L'équipe a réussi à renouveler ses thématiques en accueillant quatre nouveaux membres pour quatre départs, et elle a mis en place une forme de mentorat pour intégrer les nouveaux membres et pour les inciter à cibler des supports prestigieux de publication.

EFFECTIFS DE L'ÉQUIPE : EN PERSONNES PHYSIQUES AU 31/12/2023

Catégories de personnel	Effectifs
Professeurs et assimilés	4
Maîtres de conférences et assimilés	9
Directeurs de recherche et assimilés	0
Chargés de recherche et assimilés	0
Personnels d'appui à la recherche	0
Sous-total personnels permanents en activité	13
Enseignants-chercheurs et chercheurs non permanents et assimilés	1
Personnels d'appui non permanents	1
Post-doctorants	1
Doctorants	21
Sous-total personnels non permanents en activité	24
Total personnels	37

ÉVALUATION

Appréciation générale sur l'équipe

Sur l'ensemble de son spectre thématique, l'équipe a une production scientifique excellente en quantité et en qualité, avec une participation inégale des membres de l'équipe.

À effectif constant, l'équipe a recruté de nouveaux membres et mis en place un accompagnement volontariste pour assurer leur intégration. Elle a formé de nombreux docteurs et a enclenché une dynamique positive d'encadrement. Elle a accueilli des chercheurs invités de renom. Plusieurs membres de l'équipe bénéficient d'une visibilité internationale.

L'équipe a une très bonne implication dans des projets collaboratifs. Son interaction avec le monde socio-économique est excellente et repose principalement sur un investissement notable dans des chaires industrielles.

Points forts et possibilités liées au contexte

Les travaux de l'équipe ont donné lieu à plusieurs résultats remarquables pendant la période d'évaluation. Ces résultats portent sur des stratégies optimales de défense contre des attaques en s'appuyant sur la théorie des jeux (ACM Computing Surveys 2018), des algorithmes efficaces de consensus tolérants des attaques byzantines (PODC 2021), des techniques d'indexation de grands graphes motivés par Software Heritage (VLDB Journal 2022), des algorithmes de vérification formelle pour des systèmes multi-agents (Artificial Intelligence 2023), des stratégies d'ordonnancement (IEEE Trans. Computers 2021) et l'analyse des temps d'exécution de microcode. (Real-Time Systems 2021.) Certains travaux de l'équipe s'appuient sur des plateformes logicielles ou matérielles telles que Software Heritage, RAMSES ou SmartGarden.

La production scientifique est globalement excellente (55 articles dans des revues, environ 3,7 par permanent, et 113 dans des congrès, environ 7,5 par permanent), et la plupart de ces articles apparaissent dans des supports d'excellente qualité comme CCS, DISC, ECAI, FM, ICSE, IJCAI, MODELS, PODC, RTSS, VLDB ou TAAS.

Pour tous ces axes, l'équipe a su renouveler les questions scientifiques qu'elle aborde tout en gardant ses compétences fondamentales. Par exemple, des techniques d'apprentissage profond ont été adaptées pour la détection d'intrusions, des algorithmes de consensus dédiés aux blockchains et aux cryptomonnaies ont été conçus, et l'analyse de systèmes temps-réel a été étendue aux systèmes de criticité mixte.

Plusieurs membres de l'équipe ont co-présidé des comités de programme de conférences internationales de premier plan comme RTAS, RTNS, EuroPar ou SSS, ont été invités à donner des exposés pléniers dans des conférences comme OPODIS ou SSS ou exercent des activités éditoriales (ACM TAAS, IEEE Tech. & Soc., IEEE Software). Six articles ont été primés dans des conférences comme DISC, FM ou RTSS.

L'équipe a accueilli plusieurs invités étrangers de renom mondial en provenance des universités telles que UC Berkeley, UNAM Mexico, Universitat Autònoma de Barcelona, Università degli Studi di Milano et Technion. Réciproquement, des membres de l'équipe ont été invités à présenter leurs travaux dans des laboratoires importants à l'étranger (p. ex. CERN, TU Wien, Colorado State University, KTH Royal Institute of Technology). Un membre de l'équipe fait partie de conseils nationaux de l'enseignement supérieur (CNESER et CSE) et de la recherche et plusieurs portent des responsabilités locales (mastères spécialisés Information Systems Management ; Cybersecurity and Cyberdefense ; Embedded Systems ; Enterprise Digital Architecture ; Design, Network Architecture, and Cybersecurity).

L'attractivité de l'équipe est attestée par le recrutement de quatre nouveaux membres, pour quatre départs. L'équipe a remarquablement accompagné l'intégration des jeunes recrutés. L'équipe a formé de nombreux jeunes chercheurs (seize thèses soutenues et 21 en cours), avec des durées maîtrisées (moyenne de 40,9 mois), elle a aussi accueilli sept doctorants pour des séjours doctoraux.

L'arrivée dans l'équipe du co-porteur de la plateforme logicielle Software Heritage lui donne une excellente visibilité dans la communauté des logiciels open source et a ouvert un nouvel axe thématique qui complète de manière intéressante ses compétences. Cet axe contribue aux actions menées dans le cadre de la science ouverte.

L'équipe participe à deux projets européens (un projet H2020 et un projet ETSI) et plusieurs projets nationaux (un projet ANR, un projet AID, quatre projets France 2030, un financement labex Digicosme).

L'activité contractuelle de l'équipe est excellente : un membre de l'équipe est titulaire de la chaire Trustshare (en partenariat avec Mazars et la Caisse des Dépôts), un autre est le directeur scientifique de la chaire Cyber et souveraineté numérique IHEDN (en partenariat avec le Commandement de la Cyberdéfense, EDF, Naval Group, Sopra Steria et Total Énergies) et participe à cinq autres chaires.

Un membre de l'équipe co-dirige le laboratoire commun SEIDO avec EDF qui vise à la conception d'architectures informatiques distribuées à grande échelle, capables de surveiller et de gérer les réseaux de distribution d'énergie. L'équipe a obtenu quatre thèses sous convention Cifre et une vingtaine de contrats bilatéraux pour un volume financier de près de 2 M€ au cours de la période. Des membres de l'équipe ont été co-inventeurs de trois brevets acceptés et d'un brevet déposé. Ils ont contribué à des normes autour du langage AADL, une extension de TLS et un standard ISO pour l'identification d'artefacts logiciels.

Des membres de l'équipe ont contribué à préparer des MOOC, ont organisé trois éditions d'une école d'été autour des systèmes distribués, et plusieurs membres ont participé à des articles pour le grand public ou des interventions dans des médias nationaux. Ils assument la responsabilité de cinq formations spécialisées de Télécom Paris.

Points faibles et risques liés au contexte

L'excellence globale des publications de l'équipe masque des disparités prononcées entre les membres les plus publiants et d'autres qui n'ont que très peu de publications au cours de la période.

Le spectre large scientifique de l'équipe peut induire le risque d'un travail en silo. Ce risque pourrait à terme conduire à la perte de synergies entre les compétences des membres de l'équipe mais il est actuellement maîtrisé : des interactions entre des membres de différents sujets étudiés par l'équipe existent et sont favorisées par des groupes de lecture.

La forte activité contractuelle de l'équipe pourrait nuire au maintien d'une recherche fondamentale sur le long terme, ainsi qu'à des collaborations dans la durée. L'équipe est consciente de ce risque et réussit à maintenir un bon équilibre et à se concentrer sur les contrats dont les sujets sont en phase avec ses intérêts scientifiques.

Si certains membres ont obtenu des dérogations temporaires pour diriger des thèses, seulement deux parmi eux ont soutenu une habilitation à diriger des recherches. Dans les cas où ces dérogations arriveraient à leur terme, le potentiel d'encadrement de l'équipe serait fortement réduit.

L'équipe maintient un serveur pour l'analyse de grands graphes mais ne bénéficie pas de personnel dédié à la maintenance de cet équipement. L'absence d'ingénieur dédié aux plateformes et aux logiciels de l'équipe (en dehors de Software Heritage qui bénéficie d'un soutien d'Inria) fait reposer leur maintenance sur les enseignants-chercheurs. Si l'équipe assure le développement et la maintenance sur le long terme du logiciel RAMSES, d'autres développements de l'équipe mériteraient certainement plus de visibilité.

Analyse de la trajectoire de l'équipe

Le projet de l'équipe part de ses forces et les développe pour prendre en compte notamment les contraintes d'énergie, les problèmes de sécurité et de la préservation de la vie privée. L'objectif global est d'améliorer la confiance dans les systèmes informatiques ainsi que leur résilience à des pannes et à des attaques. Ce projet est important et d'actualité, il est tout à fait cohérent avec les forces vives de l'équipe et donnera certainement lieu à de nouvelles collaborations académiques et industrielles. Dans la perspective d'une fusion de l'unité avec les autres unités dans le domaine du numérique de l'IP Paris, les membres de l'équipe ACES se trouveront au centre d'activités dans le domaine de la confiance numérique, en partant de collaborations existantes avec des équipes de l'ENSTA, du LIX et de Samovar.

RECOMMANDATIONS À L'ÉQUIPE

L'équipe a réussi à cibler des supports de publication de premier plan. Elle doit continuer dans cette voie en entraînant le plus grand nombre de ses membres.

Le comité apprécie la qualité du travail autour de Software Heritage. Le comité recommande de mettre en œuvre des actions, par exemple avec un soutien spécifique de l'unité, pour donner une meilleure visibilité aux autres logiciels produits par l'équipe.

La forte activité contractuelle requiert un équilibre délicat afin de maintenir les travaux scientifiques de long terme. L'équipe a su veiller à ne s'engager que dans des contrats qui lui apportent des problématiques

scientifiques en phase avec ses compétences. Le comité encourage l'équipe à continuer à gérer ce risque avec intelligence.

Le comité incite les membres de l'équipe bénéficiant d'une autorisation dérogatoire à diriger des thèses à passer leur HDR dans de brefs délais.

Équipe 6 : DIVA – Design, Interaction, Visualization & Applications

Nom du responsable : M. James Eagan

THÉMATIQUES DE L'ÉQUIPE

Les activités de l'équipe portent sur l'interaction homme-machine et la visualisation de l'information. Les travaux de l'équipe sont organisés autour de deux grandes thématiques : De nouvelles interactions pour construire les interfaces et Homo numericus qui se concentre sur la relation de l'humain avec ces technologies.

PRISE EN COMPTE DES RECOMMANDATIONS DU PRÉCÉDENT RAPPORT

Le précédent rapport recommandait à l'équipe de mieux valoriser ses travaux de recherche.

L'équipe a déposé un brevet, et une convention Cifre a été signée avec EDF. Cependant, compte tenu des développements réalisés dans le cadre des projets de recherche (démonstrateurs technologiques en particulier), le nombre de contrats industriels reste faible étant donné le potentiel de l'équipe en plateformes.

Le précédent rapport recommandait à l'équipe de conforter ses relations avec le LRI et I3.

L'équipe a plutôt développé des collaborations avec le laboratoire I3 par suite du développement des axes de recherche SocialTouch et SecondSkin, avec le projet equipex Continuum et en poursuivant également l'axe de recherche explicable AI. L'équipe a également poursuivi sa collaboration avec le Laboratoire de Recherche en Informatique (LRI) devenu le Laboratoire Interdisciplinaire des Sciences du Numérique (LISN) en continuant à co-encadrer des étudiants en thèse.

Le précédent rapport recommandait à l'équipe d'augmenter le nombre de ses membres titulaire d'une HDR. Trois membres de l'équipe ont obtenu leur HDR ou sont en train de la préparer.

EFFECTIFS DE L'ÉQUIPE : EN PERSONNES PHYSIQUES AU 31/12/2023

Catégories de personnel	Effectifs
Professeurs et assimilés	1
Maîtres de conférences et assimilés	4
Directeurs de recherche et assimilés	0
Chargés de recherche et assimilés	0
Personnels d'appui à la recherche	1
Sous-total personnels permanents en activité	6
Enseignants-chercheurs et chercheurs non permanents et assimilés	2
Personnels d'appui non permanents	0
Post-doctorants	0
Doctorants	4
Sous-total personnels non permanents en activité	6
Total personnels	12

ÉVALUATION

Appréciation générale sur l'équipe

La production scientifique de l'équipe est d'excellente qualité et très bonne en quantité.

La très bonne attractivité de l'équipe lui a permis d'effectuer d'excellents recrutements au cours de la période. Le succès aux appels à projets nationaux est très bon mais en retrait au niveau international. Les relations avec le monde socio-économiques sont bonnes. L'expertise de l'équipe lui permet de répondre à de nombreuses sollicitations de média de très grande audience en France et à l'étranger.

Points forts et possibilités liées au contexte

La production scientifique de l'équipe est très bonne. Les conférences et les revues ciblées sont clairement des références dans la communauté scientifique visée par l'équipe DIVA. La production scientifique est très bonne : sept articles publiés dans des revues et 37 dans des conférences, dont douze dans la conférence ACM International Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI), qui est une conférence majeure en Interactions Homme-Machine (IHM). Il convient de noter que la communauté IHM publie principalement dans des conférences internationales. L'équipe publie également dans les conférences ACM Symposium on User Interface Software and Technology (UIST) ainsi que IEEE VIS et VR.

Le taux de succès aux appels nationaux est très bon (participation à trois projets ANR, dont un porté par l'équipe). Au niveau national, l'équipe DIVA participe à plusieurs projets structurants, tels que le projet equipex+ CONTINUUM (interface Informatique/SHS).

L'équipe DIVA bénéficie d'une excellente visibilité au niveau national comme en témoignent les postes de responsabilités qu'ont occupé les membres de l'équipe au sein l'association Francophone de l'interaction Humain-Machine, et ACM SIGCHI Paris. Plusieurs membres de l'équipe ont co-présidé des comités de programme de conférences internationales de premier plan comme ACM CHI, ACM UIST, IEEE VIS. L'équipe est fortement impliquée dans l'animation de plusieurs équipements tels que l'equipex Digiscope, le laboratoire de réalité mixte, le FabLab et le Design Studio de Télécom Paris.

La contribution de l'équipe à la médiation scientifique, en particulier à la sensibilisation du public au danger de la réalité mixte, est globalement excellente. L'équipe, en collaboration avec le laboratoire de recherche I3, a participé à une exposition au musée de l'Immigration pour offrir aux visiteurs une expérience immersive. Par ailleurs, certains résultats de l'équipe ont été repris par la presse technologique ainsi que par la BBC.

Points faibles et risques liés au contexte

La participation aux projets européens est très peu développée avec aucun financement obtenu au cours de la période.

L'activité contractuelle, limitée à une convention Cifre, est en retrait.

L'équipe reste de petite taille. Elle est par conséquent sensible aux mouvements ou départs de personnels et limitée dans ses capacités d'encadrement.

Analyse de la trajectoire de l'équipe

L'équipe DIVA présente un projet scientifique, en continuité avec les travaux présentés dans le bilan. Elle souhaite poursuivre ses recherches fondamentales et appliquées en matière d'interaction homme-machine et de visualisation de l'information. Ses recherches suivent une approche transdisciplinaire entre l'informatique, le design et les sciences sociales, axée sur l'ordinateur en tant qu'outil permettant aux gens d'interagir avec leur monde numérique. L'équipe DIVA souhaite développer des travaux pertinents sur les interactions assistées par l'IA qui permettent à l'utilisateur de garder le contrôle de sa technologie. Le comité apprécie le volet collaborations internationales de la trajectoire de l'équipe. En revanche, en termes de thématique, le comité note un certain manque de vigilance et d'ambition sur les éventuels futurs bouleversements que l'IA pourrait induire dans le domaine des interfaces.

RECOMMANDATIONS À L'ÉQUIPE

L'équipe doit veiller à participer à des projets européens ou nationaux en tant que porteur.

Compte tenu des développements réalisés dans le cadre des projets de recherche (démonstrateurs technologiques en particulier), le comité encourage l'équipe à développer plus de relations industrielles et plus de conventions Cifre.

Les capacités d'encadrement limitées de l'équipe sont un point de vigilance. Le nombre d'HDR de l'équipe devrait continuer à être augmenté.

Équipe 7 :

QURIOSITY – Quantum Information Processing and Communication Saclay

Nom du responsable : M. Romain Alleaume

THÉMATIQUES DE L'ÉQUIPE

L'équipe QURIOSITY fait partie du département Informatique et Réseaux (INFRES). Elle développe une recherche fondamentale en information et communication quantiques. Sa spécificité réside dans les interactions entre la recherche fondamentale en traitement de l'information quantique et l'ingénierie des systèmes quantiques. Les travaux de l'équipe concernent le traitement photonique de l'information quantique, les communications quantiques, la cryptographie quantique et la théorie de l'information quantique. L'équipe adopte une approche multidisciplinaire, combinant l'informatique, les mathématiques et la physique, pour explorer ces thématiques.

PRISE EN COMPTE DES RECOMMANDATIONS DU PRÉCÉDENT RAPPORT

Les recommandations du précédent rapport étaient les suivantes.

« Le comité encourage l'équipe à continuer l'excellence de sa production scientifique. Pour l'avenir, le comité rappelle le risque qu'il y aurait à vouloir recentrer et cantonner cette équipe aux aspects purement communications quantiques, dans leurs dimensions expérimentales et applicatives ».

Cette recommandation a été intégralement prise en compte : l'équipe a publié pendant la période de référence dans des revues de tout premier plan et a réalisé des recrutements bien ciblés permettant de renforcer et élargir les thématiques de l'équipe portant sur la théorie de l'information quantique.

« Le projet est exceptionnel sur les aspects communications quantiques. L'équipe est encouragée à poursuivre sur cette voie. Les aspects systèmes complexes, informatique quantique et simulation sont eux à reconstruire. Le comité recommande à l'équipe de ne pas abandonner ce terrain ; et de faire valoir la perte de la moitié de ses membres permanents pour envisager de nouveaux recrutements sur les fondements de l'informatique quantique, afin de pouvoir effectivement porter ces thèmes ».

L'équipe QURIOSITY a accueilli quatre nouveaux chercheurs permanents permettant de renforcer l'équipe sur les fondements de l'information quantique.

EFFECTIFS DE L'ÉQUIPE : EN PERSONNES PHYSIQUES AU 31/12/2023

Catégories de personnel	Effectifs
Professeurs et assimilés	1
Maîtres de conférences et assimilés	2
Directeurs de recherche et assimilés	0
Chargés de recherche et assimilés	1
Personnels d'appui à la recherche	1
Sous-total personnels permanents en activité	5
Enseignants-chercheurs et chercheurs non permanents et assimilés	1
Personnels d'appui non permanents	0
Post-doctorants	0
Doctorants	5
Sous-total personnels non permanents en activité	6
Total personnels	11

ÉVALUATION

Appréciation générale sur l'équipe

L'équipe QURIOSITY est une équipe commune avec Inria créée début 2023. Le recrutement de trois nouveaux membres a permis de soutenir la production scientifique de l'équipe et la maintenir à un excellent niveau. Ces recrutements internationaux attestent de l'attractivité remarquable de l'équipe. Son insertion dans l'écosystème européen de la recherche est excellente, attestée par sa participation à de nombreux projets européens. L'activité contractuelle est excellente avec des partenariats industriels de qualité. Le comité estime que la trajectoire de l'équipe devrait lui permettre, très prochainement, d'avoir une visibilité au meilleur niveau international. L'équilibre thématique de l'équipe est fragile, les travaux en lien avec l'ingénierie des systèmes quantiques ayant été affaiblis par des départs.

Points forts et possibilités liées au contexte

L'équipe QURIOSITY est une équipe commune avec Inria créée début 2023 au sein de l'unité. Elle succède à l'équipe IQA. L'équipe IQA a perdu une professeure et un maître de conférence et s'est retrouvé avec un seul membre en septembre 2020 mais a pu profiter de sa réputation sur la cryptographie et les communications quantiques d'une part et de l'effervescence autour du quantique d'autre part pour créer en 2023 QURIOSITY, une équipe jointe Telecom Paris et Inria. Ceci a permis à l'équipe de s'étoffer et de monter en puissance. Plusieurs avancées scientifiques ont été obtenues pendant la période et se situent à un très bon niveau international. Les travaux sur la capacité des protocoles de distribution quantique de clé à réaliser une sécurité quantique à longue portée utilisant les ressources quantiques actuelles ou sur les relations entre la notion de non-localité et le caractère aléatoire dans les systèmes quantiques sont excellents et ont été publiés dans des journaux de référence dans le domaine tels que « npj quantum information » et « physical review letters » (PRL).

La production scientifique de l'équipe a été fortement renforcée autour de la thématique information quantique avec des publications dans des revues de très grande qualité, par exemple dans Quantum, npj Quantum Information et PRL. Le ratio d'articles de revues internationales par ETP par an est de 1,6 ce qui est excellent.

Le rayonnement de l'équipe est excellent. L'équipe a réussi à attirer des jeunes talents, docteurs d'universités étrangères de renom (Cambridge, Oxford, York) et excellents scientifiquement, qui vont contribuer à son dynamisme. L'équipe implique ses doctorants dans la production scientifique. Durant la période d'évaluation, 50 % des publications dans des revues ont été rédigées avec un doctorant. La durée moyenne des thèses est de 41 mois, avec un nombre moyen de publications en revue par doctorant de 1,4.

L'équipe QURIOSITY est bien positionnée à l'échelle nationale et européenne. Elle est partenaire de quatre projets européens, dont deux en collaboration avec l'équipe GTO : un projet « European Quantum Flagship » et un projet « Horizon » d'un montant respectivement d'environ 500 k€ et 800 k€. Elle est aussi partenaire du projet PEPR quantique « QuantumCommTestbed ».

L'équipe développe de fortes interactions avec le milieu industriel, en particulier dans les domaines de la cryptographie quantique et des communications quantiques. Elles se traduisent par des contrats et partenariats industriels (Orange Labs, Thales, Airbus, Quandela).

L'équipe est impliquée dans des actions de valorisation avec cinq brevets déposés.

L'équipe est impliquée dans des actions de médiation scientifique. Elle a par exemple participé à plusieurs articles de vulgarisation sur le quantique publiés dans des magazines de référence pour l'information scientifique francophone tels que « La Recherche » et « Sciences et Vie ». Des actions de diffusion vers le grand public sous forme de podcast ou vidéo sur le quantique ont été aussi réalisées pendant la période de référence.

Points faibles et risques liés au contexte

Les départs de deux membres en début de période ont fragilisé l'équipe et sa production scientifique. Il est vrai que les recrutements récents ont permis de redresser la barre mais principalement pour la recherche fondamentale. Les thèmes plus en lien avec l'ingénierie des systèmes quantiques se trouvent amoindris et risquent d'être encore affaiblis vu le faible nombre de permanents sur ces thèmes (un seul membre).

L'équipe ne compte qu'un seul membre permanent titulaire d'une HDR. Cette situation est problématique car elle limite la capacité d'encadrement doctoral de l'équipe (sept thèses soutenues au cours de la période) qui compte plusieurs jeunes enseignants-chercheurs et chercheurs.

L'équipe reste de petite taille. Elle est par conséquent sensible aux mouvements ou départs de personnels.

L'équipe ne porte pas et n'est pas impliquée dans des projets nationaux (de type ANR).

Analyse de la trajectoire de l'équipe

La trajectoire de l'équipe se focalise sur trois directions claires : 1) cryptographie quantique, 2) systèmes photoniques pour le traitement de l'information quantique et 3) fondements mathématiques de l'information et du calcul quantiques. La trajectoire est bien amorcée grâce au soutien de financements comme le PEPR « Quantum Comm Testbed » et aux recrutements récents, notamment de chercheurs Inria déjà réalisés ou à venir.

RECOMMANDATIONS À L'ÉQUIPE

L'équipe doit être vigilante à conserver un équilibre entre la recherche fondamentale en information quantique et l'ingénierie des systèmes quantiques.

Il est important de renforcer le nombre de membres HDR pour assurer la pérennité de la formation doctorale. L'équipe doit encourager les chercheurs juniors à soutenir leur HDR pour améliorer le potentiel d'encadrement de la recherche.

L'équipe doit veiller à participer à des projets européens ou nationaux en tant que porteur.

Le comité recommande de poursuivre, voire intensifier, les partenariats industriels.

Équipe 8 : C2 – Cybersécurité et Cryptographie

Nom du responsable : M. Duong Hieu Phan

THÉMATIQUES DE L'ÉQUIPE

L'équipe s'intéresse dans le premier axe à des problèmes très actuels en cryptographie comme la conception de primitives avancées, la cryptographie post-quantique, ou en cryptographie symétrique les fonctions de hachage « ZK friendly ». Le deuxième axe concerne des problèmes mathématiques plus fondamentaux mais potentiellement connexes, en théorie des codes, géométrie algébrique, combinatoire ou théorie des graphes. Parallèlement à cela, l'équipe s'intéresse à des problématiques de cybersécurité comme la détection de comportements malveillants avec des algorithmes avancés d'intelligence artificielle, la sécurité de la blockchain ou de véhicules de nouvelle génération.

PRISE EN COMPTE DES RECOMMANDATIONS DU PRÉCÉDENT RAPPORT

Les recommandations du précédent rapport étaient les suivantes.

« Le comité recommande à l'équipe de mieux sélectionner ses participations aux conférences. »

La thématique cryptographie a bien pris en compte cette recommandation au travers de publications dans les conférences de premier plan comme Crypto, Eurocrypt et Asiacrypt par exemple. Ce point est moins clair pour les autres composantes de l'équipe.

« Le comité invite l'équipe à mettre en place un séminaire régulier. »

Cette recommandation a été entendue et un séminaire régulier est organisé depuis 2020.

« Le comité encourage l'équipe à développer ses collaborations avec les acteurs du site, une fois le déménagement à Saclay effectué. » et « Le comité suggère à l'équipe de tenter de concrétiser ces applications au travers de collaborations avec le reste du LTCI. »

Les collaborations possibles à l'intérieur de l'équipe entre thématiques différentes ou avec les autres équipes de Télécom Paris ou du plateau ne sont pas particulièrement développées (mis à part une codirection de thèse avec l'équipe Grace du LIX).

« L'équipe devra assumer pleinement son rôle de promotion de l'informatique théorique. »

La promotion de l'informatique théorique, comme les collaborations de ce thème avec les autres groupes ne transparaissent pas vraiment ici.

EFFECTIFS DE L'ÉQUIPE : EN PERSONNES PHYSIQUES AU 31/12/2023

Catégories de personnel	Effectifs
Professeurs et assimilés	5
Maîtres de conférences et assimilés	4
Directeurs de recherche et assimilés	0
Chargés de recherche et assimilés	0
Personnels d'appui à la recherche	1
Sous-total personnels permanents en activité	10
Enseignants-chercheurs et chercheurs non permanents et assimilés	8
Personnels d'appui non permanents	0
Post-doctorants	2
Doctorants	15
Sous-total personnels non permanents en activité	25
Total personnels	35

ÉVALUATION

Appréciation générale sur l'équipe

La production scientifique de l'équipe est de très bonne qualité, conséquente mais inégalement répartie entre les membres de l'équipe. La composante cryptographie est sur une dynamique très satisfaisante. Elle couvre maintenant les domaines principaux en cryptographie et a une visibilité internationale. La partie cybersécurité est à la fois très attractive pour les étudiants et est bien présente au niveau industriel. Le comité est inquiet du devenir de la composante mathématique de l'équipe qui apparaît fragile. L'activité contractuelle de l'équipe est très bonne mais aussi hétérogène.

Points forts et possibilités liées au contexte

La production scientifique est à la fois fournie et de qualité. Le comité relève notamment un ouvrage de référence en optimisation à la fois discrète et continue édité par Lavoisier, l'article présenté à Asiacrypt 2023 sur le chiffrement fonctionnel du produit scalaire dans un environnement décentralisé ou l'article présenté à Eurocrypt 2022 introduisant le concept de chiffrement « anamorphique ». Ce sont à la fois des articles d'un très bon niveau technique publiés dans les conférences majeures du domaine et introduisant des paradigmes nouveaux. Le groupe de cryptographie est notamment à la fois en pleine expansion et couvre bien différents aspects du domaine (primitives avancées, preuves de sécurité, cryptographie post-quantique, cryptographie symétrique).

La production scientifique de l'axe théorique portant sur des problèmes mathématiques fondamentaux est impressionnante à la fois en qualité et en quantité. Même si l'on soustrait aux papiers de journaux ceux du membre associé de l'équipe qui contribue pour plus de la moitié d'entre eux, il reste des articles de très bonne tenue scientifique.

La visibilité scientifique est excellente en cryptographie et en cybersécurité. Le premier groupe participe notamment aux comités de programme des conférences phares du domaine comme Crypto, Eurocrypt ou Asiacrypt et a même été area chair d'une de ces conférences phares (Asiacrypt), a été program chair d'une conférence de sécurité et cryptographie (Security and Cryptography for Networks) et participe au pilotage du domaine à la fois nationalement via la participation au comité de pilotage du GT C2. Le groupe en cybersécurité a été co-chair de la conférence IEEE MobiSecServ et a plusieurs keynotes dans des conférences IEEE.

L'équipe est attractive pour les doctorants, notamment dans le domaine de la cybersécurité : 26 doctorants parmi les 33 doctorants inscrits pendant la période d'évaluation font partie de cette thématique. Cette thématique est à la fois très active et a de fortes interactions avec le tissu industriel. Par ailleurs, l'équipe est en train de s'étoffer de manière conséquente en chercheurs permanents en cryptographie et en cybersécurité avec le recrutement de deux professeurs, de deux maîtres de conférences et d'une chaire de professeur junior au cours de la période 2020-2024. Dans les membres associés figurent des personnes de renom international.

Le succès aux programmes de recherche académiques est très bon mais différencié suivant les domaines, ce qui est naturel. En cryptographie il s'agit d'appels nationaux : PEPR, BPI, ANR (2 projets), où l'équipe participe mais n'est pas porteur. En cybersécurité, le groupe est partie prenante de deux projets européens (H2020 Innovation Actions – CEF Transport, 491 k€). Le groupe théorique participe à un projet ANR, a eu un financement de thèse de la fondation SMP et de la COMUE UPSaclay et un contrat Marie-Curie.

L'activité de cybersécurité a d'excellentes relations avec le monde industriel : conventions Cifre avec EDF, Ledger, Naval Group, Peugeot, Renault. Dans cette thématique, l'équipe a signé des contrats bilatéraux avec des industriels ou le ministère de l'Intérieur (trois pour un montant total de 193 k€) et est partie prenante avec l'équipe SSH et LabSoc de la chaire Connected Cars avec Nokia, Renault, Thales, Valeo et Wavestone. Par ailleurs, ce groupe est actif dans l'écriture de documents de travail à destination des organisations de normalisation IETF et IRTF, participe à des conférences industrielles comme ETHCC, et participe au management de la start-up Ethertrust.com. Le comité souligne que cette dernière, qui a été créée en 2007, est inscrite au RCS et RNE depuis 2011, a eu un chiffre d'affaires allant jusqu'à 150 k€, mais nul depuis 2021. Les liens avec l'industrie sont plus tenus du côté de l'axe cryptographie mais ils existent (convention Cifre avec Orange). La partie la plus théorique/fondamentale de l'équipe n'est pas présente sur ce point.

Points faibles et risques liés au contexte

Plus de la moitié des articles de journal ont pour auteur un membre associé à l'équipe et elles n'impliquent aucune autre personne de l'équipe. Le comité souligne la forte disparité dans l'équipe du nombre de publications par personne, il y a d'une part des personnes contribuant beaucoup et plusieurs personnes ayant une activité très faible dans ce domaine. Les doctorants participent faiblement à la production d'ensemble. La visibilité du groupe théorique (si l'on enlève le membre associé participant de manière très forte aux publications de l'équipe) est bonne.

De manière générale, les interactions de recherche avec les membres associés ne sont pas évidentes. Même dans le cas d'un des membres associés pouvant être considérés comme proche du thème « cryptographie », il est difficile de voir à quel point ses travaux résultent vraiment d'une interaction avec l'équipe. En revanche, il y a des chercheurs associés de renom qui participent à l'enseignement.

Il y a des interactions potentielles entre les trois thèmes de l'équipe et notamment entre la partie « cryptographie » et le groupe travaillant en mathématiques discrètes mais qui ne se sont pas vraiment concrétisées jusqu'à présent. L'organisation d'un séminaire régulier comme cela est fait depuis 2020 pourrait peut-être y contribuer.

L'équipe de cybersécurité a perdu trois de ses membres. L'attractivité, bien qu'excellente dans l'ensemble comme indiqué plus haut, est très disparate. La majorité des doctorants travaille dans le domaine de la cybersécurité. Il y a moins de doctorants en cryptographie, ce qui peut s'expliquer par le fait que le groupe est en train de se reformer. Il y a un seul doctorant qui a soutenu en 2019 pour le groupe théorique. Cela témoigne du fait que ce groupe qui effectue une recherche plus fondamentale a malheureusement beaucoup de mal à attirer des étudiants, ce que le comité regrette.

Par ailleurs, le comité souligne la durée moyenne élevée des thèses pendant la période : dix-huit thèses soutenues pour une durée moyenne de plus de 44 mois avec une très forte variance (de 23 à 74 mois) qui ne s'explique pas entièrement par la période de crise du Covid. Il est aussi à signaler que le recrutement de nouveaux permanents ne se fait essentiellement que sur un seul thème : la cryptographie.

L'équipe ne participe pas à la médiation scientifique en dehors du périmètre des étudiants de Télécom Paris.

Analyse de la trajectoire de l'équipe

Autant le groupe en cryptographie est sur une dynamique très satisfaisante, autant la situation des deux autres groupes est préoccupante. Ainsi, le groupe cybersécurité s'est considérablement affaibli numériquement ces dernières années en raison du départ de trois permanents. Cela risque d'affecter significativement l'attractivité et la visibilité de ce groupe. De manière similaire le comité est inquiet du futur du groupe travaillant sur des problèmes plus fondamentaux qui attire très peu les doctorants.

RECOMMANDATIONS À L'ÉQUIPE

Si la dynamique du groupe « cryptographie » est très satisfaisante, la trajectoire des deux autres groupes est beaucoup plus préoccupante. Comme souligné dans l'autoévaluation de l'équipe, le départ de trois membres permanents du groupe « cybersécurité » est très dommageable à la thématique et il est pourrait être bon de privilégier le prochain recrutement dans cet axe.

En ce qui concerne le groupe « recherche fondamentale », les publications du membre associé cachent un peu un problème plus profond qui est le manque d'attractivité pour les étudiants et un niveau de publications trop disparate. Le comité recommande à l'équipe de prendre des mesures fortes pour remédier à cette situation.

Si l'occasion se présente, le recrutement d'un nouveau membre à fort potentiel, comme un profil en informatique théorique s'intéressant à la cryptographie, pourrait redynamiser le groupe et serait à considérer. Le rapprochement avec l'équipe-projet Grace du LIX et un groupe de travail commun avec le groupe « cryptographie » ou/et Grace pourrait aussi contribuer à redonner plus de vie à ce groupe.

Le comité invite l'équipe à veiller à maintenir des durées de thèse globalement nominales.

Le comité note qu'il y a un vrai potentiel de toute l'équipe pour un travail de médiation scientifique qu'il pourrait être bon d'exploiter.

Équipe 9 : RMS – Réseaux, Mobilité et Services

Nom du responsable : M. Laurent Decreusefond

THÉMATIQUES DE L'ÉQUIPE

L'équipe travaille sur les nouvelles technologies sans fil, en particulier cellulaires. Plus précisément, ses thèmes de recherche portent sur la conception, le déploiement et l'exploitation d'infrastructures de communication numérique à grande échelle.

La méthodologie de l'équipe allie théorie et expérimentation. Les contributions incluent de nouveaux modèles, des outils de métrologie, des architectures et des protocoles, des algorithmes ainsi que des méthodes d'analyse mathématique pour l'évaluation des performances et l'optimisation des réseaux au niveau du système.

L'équipe maintient plusieurs plateformes expérimentales de haut niveau technologique permettant de valider les contributions théoriques mais également de les affiner.

PRISE EN COMPTE DES RECOMMANDATIONS DU PRÉCÉDENT RAPPORT

Les recommandations faites à l'équipe portaient sur deux points : 1) la sélection des conférences, 2) la dispersion des axes de recherche et des efforts sur les plateformes.

Les efforts apportés par l'équipe sur la sélection des conférences sont visibles mais il faut les continuer et expliciter clairement la politique de publications et pour quelles raisons certaines conférences sont privilégiées.

Bien que les permanents aient mieux collaboré et co-signé des publications, l'effet de dispersion reste visible, notamment sur les efforts de développement des plateformes.

EFFECTIFS DE L'ÉQUIPE : EN PERSONNES PHYSIQUES AU 31/12/2023

Catégories de personnel	Effectifs
Professeurs et assimilés	6
Maîtres de conférences et assimilés	4
Directeurs de recherche et assimilés	0
Chargés de recherche et assimilés	0
Personnels d'appui à la recherche	4
Sous-total personnels permanents en activité	14
Enseignants-chercheurs et chercheurs non permanents et assimilés	4
Personnels d'appui non permanents	0
Post-doctorants	1
Doctorants	8
Sous-total personnels non permanents en activité	13
Total personnels	27

ÉVALUATION

Appréciation générale sur l'équipe

L'équipe a une très bonne production scientifique mais très inégalement répartie entre ses membres. L'activité et les éléments de visibilité sont limités à quelques membres de l'équipe.

L'activité d'encadrement doctoral est excellente mais là encore hétérogène. L'équipe est motrice dans la recherche en 5G+, en France et en Europe et s'investit dans une excellente activité contractuelle, à la fois avec les mondes académique et industriel. Le comité a apprécié le portage par l'équipe de plateformes expérimentales ouvertes liées à des infrastructures de recherche.

Points forts et possibilités liées au contexte

Une des contributions phares de l'équipe RMS est sa plateforme Free 5G, déployée dans une cage de Faraday, permettant de réaliser des expériences à distance à tous les niveaux d'un système cellulaire (RAN, Core Network) pour une large gamme de technologies cellulaires : 2G (GSM/GPRS/EDGE), 3G, LTE, NB-IOT, LTE-M, 5G NSA, 5G SA. En outre, elle permet également l'utilisation d'un large éventail de technologies de communication dans d'autres domaines de réseau tels que WPAN (IEEE 802.15.4, Bluetooth LE), WLAN (Wi-Fi), et LPWAN (LoRa).

Un autre fait marquant pour l'équipe est sa forte implication dans le LINCS, un laboratoire mixte académique/industriel en partenariat avec Nokia Bell Labs, dans le cadre duquel plusieurs des sujets de l'équipe sont développés.

L'équipe a une très bonne production scientifique avec 43 publications dans des revues, dont plus de 90 % dans des revues de très haut niveau comme Elsevier AdHoc Networks et IEEE Transactions on Vehicular Technologies et 81 dans des conférences toutes d'excellent niveau comme IFIP Networking, IEEE Infocom ou VTC. L'équipe a obtenu trois prix du meilleur papier (ICT4S 2023, ICUFN 2022 et Algotel 2023).

L'équipe a une excellente activité d'encadrement doctoral avec l'accueil de 39 doctorants au cours de la période. Il y a eu 30 thèses soutenues au cours de la période d'une durée moyenne de 40,5 mois et un encadrement moyen de quatre thèses par permanent HDR au cours de la période. Cinq de ces thèses sont en co-direction entre plusieurs permanents de l'équipe. Le comité compte seuls trois abandons au cours de la période. L'équipe a accueilli quatre post-doctorants au cours de la période pour un séjour de deux à trois ans.

L'équipe a obtenu des financements importants via les PEPR et PIA. Ses membres sont coordinateurs du PEPR 5G-Réseaux du futur et actifs dans plusieurs de ses sous-projets. Ils ont participé à deux projets ANR sur la période.

L'équipe a signé un grand nombre de contrats bilatéraux industriels (avec les grands du domaine des télécoms comme Nokia), quatorze conventions Cifre et huit autres en financement privé.

L'équipe a déposé un brevet international, qui concerne un procédé et un système de placement automatique de données pour les systèmes de stockage, brevet qui est assorti d'une preuve de concept.

Points faibles et risques liés au contexte

Les liens entre les axes thématiques ne sont pas très explicités. Les indicateurs (détaillés ci-dessous) montrent que les axes sont majoritairement menés en silo.

L'équipe a une très bonne production scientifique (43 publications en revues, 81 en conférences) de haut niveau mais semble relativement en retrait au vu de la taille de l'équipe (en moyenne au cours de la période trois publications en revue par permanent, six en conférences). Certains permanents n'ont qu'une publication au cours de la période (revues et conférences confondues) alors que d'autres en ont entre six et sept par an. Les publications sont d'ailleurs rarement co-signées par plusieurs permanents et incluent des doctorants dans une proportion relativement faible (50 % pour les conférences, moins de 50 % pour les revues). La production est par ailleurs inégale entre les permanents.

Les éléments de visibilité tels que les invitations ou participations à des jurys sont relativement faibles au vu de la taille de l'équipe et centrés sur un petit nombre de permanents (les trois prix du meilleur papier ont tous été obtenus par le même chercheur permanent). Il en est de même pour les activités éditoriales et participations à des comités de programme ou d'organisation de conférences, pour lesquelles seuls deux permanents s'impliquent.

Bien qu'active dans les financements PEPR et PIA, l'équipe ne mentionne aucun financement européen et les projets sont souvent portés par un ensemble de trois permanents. Peu de collaborations internationales sont mentionnées.

Analyse de la trajectoire de l'équipe

L'équipe propose de continuer dans la lignée des recherches menées durant cette période en y faisant une place plus forte à l'apprentissage machine et aux considérations énergétiques. Cette perspective est peu développée et ne permet pas d'identifier les axes qui seront en particulier explorés ni via quelle méthodologie. Par ailleurs, il s'agit là de thématiques nouvelles qui ne semblent pas être parmi les compétences des membres actuels. L'axe modélisation stochastique qui a été pendant longtemps un axe phare de l'équipe est en train de se réduire par manque de recrutement.

RECOMMANDATIONS À L'ÉQUIPE

Le comité recommande à l'équipe de continuer à affiner son positionnement et sa stratégie en explicitant clairement les axes de recherche qui seront priorisés, sans se disperser. Cette stratégie devrait être appuyée par des développements spécifiques sur les plateformes. Dans la mesure du possible, cette trajectoire devrait veiller à impliquer un maximum de personnels, possiblement en mettant des actions spécifiques en place.

L'équipe dispose de plateformes expérimentales de très haut niveau pour la validation de ses résultats de recherche. Le comité recommande de mieux les utiliser, en particulier dans ses projets collaboratifs.

Il serait avantageux de renforcer des collaborations internationales pour mieux affirmer la place de leader dans les technologies 5G et au-delà.

Le comité encourage l'équipe à maintenir les efforts menés pour suivre les recommandations de l'évaluation précédente afin de continuer à améliorer la qualité des publications, en particulier en réduisant la disparité des taux de publication entre ses membres permanents.

Le comité partage l'inquiétude manifestée par l'équipe de voir son axe modélisation des réseaux se réduire par manque de recrutement. Ce thème qui est pourtant un point fort de l'équipe participe fortement au bon équilibre entre théorie et pratique et il serait certainement dommageable de voir cet axe continuer à s'étioler. Le comité recommande à l'équipe de recruter un membre permanent pour s'impliquer dans l'axe modélisation des réseaux et contribuer ainsi au bon équilibre entre les travaux théoriques et pratiques.

Équipe 10 : ComNum – Communications Numériques

Nom du responsable : Mme Ghaya Rekaya

THÉMATIQUES DE L'ÉQUIPE

Les thématiques de recherche de l'équipe ComNum portent principalement sur l'avancement de fondements théoriques et des applications pratiques dans les domaines de la théorie de l'information et des codes correcteurs d'erreur, du traitement des signaux et de l'apprentissage. Ces travaux permettent d'adresser différents défis scientifiques dans les domaines du stockage, de la transmission et de la sécurité de l'information ainsi que dans d'autres applications de traitement centralisé ou distribué de l'information. L'équipe ComNum est particulièrement concernée par les communications sans fil, les communications optiques par fibre ou en espace libre, les communications satellitaires ainsi que les communications lot sporadiques.

PRISE EN COMPTE DES RECOMMANDATIONS DU PRÉCÉDENT RAPPORT

La première recommandation portait sur la définition du périmètre des activités de recherche de l'équipe ComNum ainsi que sur le renforcement de sa visibilité à l'international au travers d'implications dans de nouveaux projets du programme H2020.

Cette recommandation a été prise en compte avec une diversification des activités de recherche autour des techniques d'apprentissage. Quant à l'implication dans des programmes de recherche européen, les prestigieux financements réalisés au cours de la période ERC starting grant (CTO Com, 2017-2022) et obtenus ERC Consolidator Grant en 2023 ont clairement contribué au renforcement de la visibilité à l'international.

Une deuxième recommandation concernait l'ouverture vers l'international et la tenue de séminaires réguliers. La crise sanitaire durant les dernières années a rendu particulièrement difficile la mise en place de nouvelles initiatives.

Une dernière recommandation suggérait de mieux contribuer à nourrir les futures normalisations pour les réseaux 5G et 6G. L'implication dans des réponses à des appels à projets européens (H2020, Horizon Europe) et dans le PEPR réseaux du futur permet de répondre à cette attente.

EFFECTIFS DE L'ÉQUIPE : EN PERSONNES PHYSIQUES AU 31/12/2023

Catégories de personnel	Effectifs
Professeurs et assimilés	4
Maîtres de conférences et assimilés	2
Directeurs de recherche et assimilés	0
Chargés de recherche et assimilés	0
Personnels d'appui à la recherche	0
Sous-total personnels permanents en activité	6
Enseignants-chercheurs et chercheurs non permanents et assimilés	3
Personnels d'appui non permanents	0
Post-doctorants	0
Doctorants	11
Sous-total personnels non permanents en activité	14
Total personnels	20

ÉVALUATION

Appréciation générale sur l'équipe

L'équipe de recherche ComNum a une production scientifique remarquable tant sur la qualité que sur la quantité. La pertinence des travaux de recherche est indéniable comme l'attestent d'une part le succès auprès du Conseil Européen de la Recherche et d'autre part les nombreuses reconnaissances scientifiques obtenues par des membres de l'équipe. L'attractivité de l'équipe est remarquable par le recrutement de membres permanents à l'international et un nombre important d'étudiants en thèse. L'activité de valorisation est excellente par de nombreux brevets et leur transfert à une spinoff de l'équipe. L'équipe est fortement engagée dans des activités de médiation autour des mathématiques. Les nombreux mouvements de personnels permanents (arrivées, départ) au cours de la période constituent un risque de déstabilisation de l'équipe dont la taille reste modeste.

Points forts et possibilités liées au contexte

L'équipe ComNum a des thématiques de recherche qui sont parfaitement cohérentes avec les défis à relever dans les domaines de la théorie de l'information, des codes et du traitement du signal pour les communications. Des résultats marquants ont été obtenus pour le pré-stockage de contenus populaires dans des mémoires cache proches [Wiopt, 2020], au travers d'une nouvelle technique de compression/décompression de données [IEEE Trans. on Information Theory, 2020] et sur la sécurisation des canaux auxiliaires d'implémentations cryptographiques [ACR Transactions on Cryptographic Hardware and Embedded Systems, 2019].

La production scientifique en revue de l'équipe est remarquable : 100 publications en revue dont dix-sept dans la revue IEEE Transactions on Information Theory. Il s'agit d'une revue de référence dans la communauté de la théorie de l'information. A cela s'ajoutent 139 publications dans des conférences internationales.

La formation doctorale dispensée par l'équipe ComNum est de grande qualité. Beaucoup de docteurs, à savoir 28, ont été formés au cours de la période d'évaluation. La durée moyenne des thèses est de 40 mois et seules deux thèses ont été arrêtées. L'équipe accueille actuellement dix doctorants. De plus, sept post-doctorants ont été accueillis durant la période évaluée.

Le comité tient à souligner que l'équipe ComNum a recruté deux nouveaux maîtres de conférences à fort potentiel scientifique au cours de la période d'observation : un maître de conférences en 2018 en provenance KTH et un maître de conférences en 2021 en provenance de ETH.

Un point saillant à relever est que des membres de l'équipe ComNum ont été lauréats de prestigieux financements européens qui encadrent la période évaluée : ERC starting grant (projet CTO Com, 2017-2022) et ERC Consolidator Grant (projet FLoSS, financement obtenu en 2023, démarré en 2024). Le projet CTO Com qui s'est achevé au cours de la période portait sur les communications numériques orientées par les tâches et le contexte. Porté par la même enseignante-chercheuse, le projet FLoSS s'intéresse quant à lui aux limites fondamentales des systèmes de détection.

L'équipe ComNum est très investie dans l'animation scientifique. Ses membres sont particulièrement impliqués dans la société savante IEEE : membre du conseil de gouvernance de l'IEEE Information Theory Society et éditeurs associés des journaux IEEE Transactions on Information Theory, on Signal and Information Processing over Networks et on Selected Areas in Information Theory. De même, les membres de l'équipe ComNum sont très sollicités pour des présentations invitées et des keynotes en France (p. ex. Séminaire Poincaré, Collège de France) ou à l'étranger (p. ex. université de Cambridge, ETH Zurich, Imperial College).

L'équipe ComNum a une très forte activité de transfert technologique comme en attestent les huit conventions Cifre avec les centres de R&D d'acteurs majeurs des télécommunications (quatre avec Nokia Bell Labs, une avec Orange Labs, deux avec Thales SIX GTS et une avec Mitsubishi Electric), le dépôt d'une dizaine de brevets et la création de la start-up MIMOPT Technology par un membre de l'équipe en 2021. MIMOPT Technology développe des solutions innovantes de traitement du signal numérique pour les communications par fibre optique.

Points faibles et risques liés au contexte

Un risque notable est que l'équipe ComNum est de taille modeste au niveau des membres permanents au regard de la quantité de projets de recherche à adresser (six membres au 31 décembre 2023). De plus, l'équipe

ComNum a été renforcée par l'accueil de deux nouveaux maîtres de conférences mais également affaiblie par le départ d'un professeur (responsable de l'équipe jusqu'en 2021) au cours de la période d'évaluation. Ces mouvements sont une source de déstabilisation pour une équipe de taille modeste.

La formation doctorale implique de disposer d'un vivier de candidats à la poursuite en thèse. L'attractivité de l'équipe est très bonne vis-à-vis des doctorants mais elle demeure fragile face à une diminution de l'intérêt des étudiants pour les thématiques de l'équipe.

Analyse de la trajectoire de l'équipe

Les défis scientifiques que l'équipe ComNum ambitionne de relever durant les cinq prochaines années portent sur les sujets suivants :

- la détection distribuée de terminaux dans les réseaux mobiles ;
- les communications optiques satellitaires à très haut débit ;
- les traitements distribués à l'aide de surfaces intelligentes reconfigurables ;
- la compression de données et la prédiction ;
- l'apprentissage automatique interprétable à l'aide de mesures d'information appropriées ;
- la fuite d'information dans les implémentations cryptographiques.

Ces défis semblent à la fois pertinents et conformes aux connaissances et compétences scientifiques de l'équipe ComNum.

L'équipe indique avoir pour volonté de changer de nom. Il semblerait que c'est déjà effectif car sur le site Web de l'unité, il est indiqué équipe Mathématiques de l'Information et des Communications [MIC] (ex-Communications Numériques).

RECOMMANDATIONS À L'ÉQUIPE

La valorisation scientifique au travers des publications en revue est un marqueur remarquable de l'équipe ComNum. Le comité ne peut qu'encourager les membres permanents à poursuivre cet effort de valorisation.

Les professeurs de l'équipe ComNum doivent s'investir dans l'accompagnement des deux maîtres de conférences récemment recrutés afin de stabiliser l'équipe. Le comité recommande que les maîtres de conférences aient pour objectif à moyen terme d'obtenir l'Habilitation à Diriger des Recherches.

L'effort dans la recherche de candidats brillants pour la formation doctorale doit être maintenu afin de garantir la qualité des travaux scientifiques.

L'attractivité internationale de l'équipe doit être renforcée en mettant en avant les publications scientifiques, la pertinence des projets de recherche et la qualité des partenariats industriels.

Équipe 11 : C2S – Circuit et Systèmes de Communication

Nom du responsable : Mme Patricia Desgreys

THÉMATIQUES DE L'ÉQUIPE

L'équipe de recherche C2S a pour objectif de concevoir des circuits Radio-Fréquence et des systèmes pour les communications. Leur domaine d'expertise principal est l'implémentation matérielle de systèmes analogiques et d'architectures mixtes (AMS) améliorés par des traitements numériques. Un objectif majeur qui caractérise l'équipe est la conception de système répondant aux exigences avec sobriété au niveau de la consommation d'énergie. Trois thèmes de recherche principaux peuvent être cités :

- les techniques de linéarisation ;
- la conception de système de communication RF innovants ;
- les circuits pour l'IA et l'IA pour les circuits.

PRISE EN COMPTE DES RECOMMANDATIONS DU PRÉCÉDENT RAPPORT

La première recommandation pour l'équipe C2S concernait l'augmentation de ses collaborations avec d'autres équipes de l'unité afin d'améliorer sa visibilité.

Afin de répondre à cette recommandation, l'équipe C2S a développé de nouvelles collaborations : trois co-encadrements de doctorants avec d'autres équipes de l'unité ou un autre laboratoire et plusieurs participations communes à des projets de recherche.

Une deuxième recommandation suggérait de développer l'accueil de chercheurs ou de professeurs étrangers pour des séjours longs afin de renforcer les liens à l'international et consolider la visibilité internationale des travaux menés au sein de l'équipe.

La crise sanitaire durant les dernières années a rendu particulièrement difficile l'accueil de chercheurs ou de professeurs étrangers. Cependant, cela a pu être fait en 2024 avec l'accueil d'un professeur de l'University of Electronic Science and Technology of China.

Une dernière recommandation suggérait de veiller à ne pas se disperser au niveau des axes de recherche et plutôt d'acquérir de nouvelles compétences au travers de collaborations avec d'autres équipes de l'unité. Les éléments cités dans le rapport attestent d'une prise en compte partielle de cette recommandation.

EFFECTIFS DE L'ÉQUIPE : EN PERSONNES PHYSIQUES AU 31/12/2023

Catégories de personnel	Effectifs
Professeurs et assimilés	2
Maîtres de conférences et assimilés	3
Directeurs de recherche et assimilés	0
Chargés de recherche et assimilés	0
Personnels d'appui à la recherche	2
Sous-total personnels permanents en activité	7
Enseignants-chercheurs et chercheurs non permanents et assimilés	0
Personnels d'appui non permanents	0
Post-doctorants	0
Doctorants	16
Sous-total personnels non permanents en activité	16
Total personnels	23

ÉVALUATION

Appréciation générale sur l'équipe

La production scientifique est de bon niveau. Tous les travaux n'ont pas pu être valorisés comme espéré en raison de difficultés temporaires pour accéder aux fabricants de semi-conducteurs et de l'indisponibilité des plateformes matérielles de test de l'équipe.

La participation à des projets collaboratifs est bonne, l'équipe ayant participé à plusieurs projets collaboratifs et notamment un projet européen. Elle a une activité socio-économique soutenue avec des partenaires récurrents.

Le comité souligne une dynamique très positive durant les deux dernières années concernant le nombre et la pertinence des projets de recherche.

Points forts et possibilités liées au contexte

Les thématiques de recherche adressées par l'équipe C2S sont en adéquation avec les enjeux économique et géopolitique autour des semi-conducteurs. Dans ce contexte, les activités de recherche de l'équipe C2S sont de qualité. Les réalisations à souligner au cours de la période d'évaluation sont : une méthode d'analyse et de conception d'amplificateurs de puissance de type Doherty [Transactions on Circuits and Systems II, 2022], une méthode d'acquisition pour les capteurs intelligents [Microelectronics Journal, 2022] et une technique de caractérisation en fréquence étendue de la communication intracorporelle pour les stimulateurs cardiaques [Transactions on Biomedical Engineering, 2020].

Un effort notable de collaboration avec d'autres équipes de recherche de l'unité a été observé, marqué par plusieurs publications communes avec les équipes RMS, ComNum et S²A.

Le comité souligne que le ratio nombre de doctorants/permanents est supérieur à trois. Cela démontre la quantité des études scientifiques en cours.

Une HDR a été soutenue dans l'équipe durant la période facilitant la répartition des directions de thèse entre trois permanents.

La proportion de nouveaux projets de recherche a beaucoup augmenté en 2022 et 2023 avec cinq nouveaux contrats, un projet européen Horizon2020 SHIFT, un projet PEPR réseau du futur, deux projets BPI France (DOCTE 6G et Beyond 5G) et un projet de maturation SATT. La dynamique est donc bonne.

Un membre permanent de l'équipe est fortement impliqué dans l'animation de la communauté scientifique : GDR SOC2, société savante IEEE CAS et participation à l'organisation de conférences internationales IEEE : NEWCAS, PRIME et ICECS.

L'équipe a de nombreuses collaborations avec des groupes industriels du domaine de la microélectronique, concrétisées par exemple par deux conventions Cifre avec Nokia Bell Labs et une convention Cifre avec (STMicroelectronics). Elle accueille également régulièrement des ingénieurs pour des séjours de plusieurs jours (NXP, Thales, STMicroelectronics).

Points faibles et risques liés au contexte

L'équipe C2S est de taille modeste car elle est composée de seulement cinq membres permanents. De plus, un membre senior de l'équipe était en disponibilité entre 2018 et 2021. Cela a abouti à un investissement hétérogène des membres permanents de l'équipe sur l'ensemble de la période.

La production scientifique est de qualité mais elle mériterait un investissement plus conséquent au regard de la quantité des thèses en cours et des résultats scientifiques obtenus. Une dizaine d'articles a été publiée dans des revues scientifiques au cours de la période d'observation. Cela correspond à 0,73 revues / ETP recherche / an. Parmi ces publications, trois ont été publiées dans des revues de premier plan : IEEE Transactions on Circuits and Systems II, IEEE Transactions on Biomedical Engineering et IEEE Transactions on Cognitive Communications and Networking.

Au niveau de l'encadrement doctoral, six docteurs ont été diplômés au cours de la période. Une des deux personnes habilitées à diriger des recherches était en disponibilité entre 2018 et 2021. Cela explique le nombre limité de docteurs diplômés au cours de la période. Un membre de l'équipe a obtenu l'HDR en septembre 2021.

Seize thèses sont en cours dont sept ont débutées en 2023. La présence dans l'équipe de seulement trois membres habilités à diriger des recherches limite ses capacités d'encadrement doctoral.

Analyse de la trajectoire de l'équipe

Les défis scientifiques à relever pour l'équipe C2S sont :

- la complexité toujours plus importante des systèmes de communication avec la multiplication des bandes et des normes ainsi que l'utilisation intensive de techniques complexes telles que le MIMO massif et la formation de faisceaux (beamforming) ;
- un usage accru de batteries avec l'électrification des usages ;
- un fonctionnement plus complexe des transistors intégrés nécessitant une conception de circuits mixtes ainsi qu'une remise en question des méthodologies de conception.

Dans ce contexte, l'équipe C2S a pour ambition durant les prochaines années d'adresser les sujets de recherche suivants :

- concevoir des émetteurs intégrant la technique de MIMO massif pour les standards de communication 5G/6G à l'aide d'une approche de conception conjointe pour les différentes fonctions critiques ;
- concevoir des systèmes très basse consommation en considérant de front les différents niveaux d'abstractions et en introduisant des techniques de récupération d'énergie ;
- exploiter des techniques d'apprentissage par renforcement afin d'adresser les difficultés liées à l'exploration des solutions architecturales lors de la conception de circuits mixtes.

Les sujets de recherche proposés sont en adéquation avec les compétences disponibles au sein de l'équipe C2S. Cependant, la taille modeste de l'équipe C2S (cinq membres permanents) limite ses capacités à traiter les sujets de recherche envisagés.

L'équipe C2S a pour volonté de développer ses collaborations et de mettre en place un laboratoire commun avec l'entreprise STMicroelectronics. Cette stratégie est cohérente avec les défis scientifiques que désire relever l'équipe C2S.

RECOMMANDATIONS À L'ÉQUIPE

La dynamique très positive constatée sur les deux dernières années ne peut être qu'encouragée.

Le comité recommande à l'équipe de fournir un effort plus conséquent au niveau de la valorisation scientifique en revue. Pour ce faire, l'implication de tous les membres permanents de l'équipe est indispensable.

Le comité recommande à l'équipe C2S d'accentuer le développement de collaborations avec les autres équipes de l'unité ayant des activités de recherche complémentaires, en particulier RMS, ComNum et S²A.

La mise en place d'un laboratoire commun avec l'entreprise STMicroelectronics est une perspective très intéressante. Le comité encourage l'équipe à concrétiser cette ambition qui paraît primordiale pour assurer la pérennité de l'équipe C2S.

L'équipe C2S est actuellement fortement impliquée dans l'encadrement doctoral (seize thèses en cours). Le comité recommande à l'équipe de mettre en place une stratégie organisationnelle afin de maintenir un encadrement de qualité pour l'ensemble des doctorants.

Équipe 12 : RFM² – Radio-Fréquences, Micro-ondes et ondes Millimétriques

Nom du responsable : M. Xavier Begaud

THÉMATIQUES DE L'ÉQUIPE

Les recherches de l'équipe RFM² se concentrent sur deux domaines principaux. Le premier concerne la conception, l'intégration et la co-conception d'antennes et de circuits pour des gammes de fréquence allant de quelques centaines de MHz jusqu'au domaine des ondes millimétriques. Les performances de ces composants et systèmes sont ensuite améliorées grâce aux méthodes de caractérisation innovantes dans les domaines des micro-ondes et des ondes millimétriques développées par l'équipe. La seconde thématique est autour des modèles comportementaux stochastiques pour les antennes et les systèmes « 5G et au-delà », la localisation et les interactions entre l'Homme et les ondes.

PRISE EN COMPTE DES RECOMMANDATIONS DU PRÉCÉDENT RAPPORT

L'unique recommandation exposée dans le rapport précédent concernait l'isolement de cette équipe du fait de son orientation hardware dans un environnement très orienté autour du numérique au sein du LTCl.

L'équipe RFM² a bénéficié d'un recrutement qui a permis le renforcement de l'équipe sur la partie circuit. De plus, un ingénieur de recherche est mobilisé à hauteur de 25 % de son temps depuis mars-avril 2022 (partagé avec l'équipe C2S) sur les activités liées aux circuits non linéaires et à la caractérisation en puissance de composants non linéaires dans le domaine du millimétrique. Finalement, la chaire C2M collabore sur la partie numérique avec les deux autres départements IDS et INFRES. L'équipe n'est donc pas isolée au sein de l'unité et collabore avec les autres équipes.

EFFECTIFS DE L'ÉQUIPE : EN PERSONNES PHYSIQUES AU 31/12/2023

Catégories de personnel	Effectifs
Professeurs et assimilés	2
Maîtres de conférences et assimilés	4
Directeurs de recherche et assimilés	1
Chargés de recherche et assimilés	0
Personnels d'appui à la recherche	2
Sous-total personnels permanents en activité	9
Enseignants-chercheurs et chercheurs non permanents et assimilés	1
Personnels d'appui non permanents	0
Post-doctorants	4
Doctorants	5
Sous-total personnels non permanents en activité	10
Total personnels	19

ÉVALUATION

Appréciation générale sur l'équipe

La production scientifique de l'équipe est excellente tant en quantité qu'en qualité. La participation à des projets collaboratifs est excellente avec une activité socio-économique soutenue. L'attractivité de l'équipe est de niveau international, attestée par des succès à des appels compétitifs et les collaborations internationales. La chaire C2M, axée sur la 5G et la santé, renforce son rayonnement et se distingue par des actions de vulgarisation remarquables, en particulier sur l'exposition aux champs électromagnétiques. La baisse de l'intérêt des étudiants pour les thématiques historiques de l'équipe fait peser un risque sur sa capacité à maintenir un vivier suffisant de doctorants qualifiés.

Points forts et possibilités liées au contexte

L'équipe RFM² se distingue par ses thématiques de recherche innovantes et stratégiques, répondant à des enjeux cruciaux dans les domaines des télécommunications et des nouvelles technologies. Une réalisation majeure dans le domaine des interactions entre l'Homme et les ondes concerne le développement de modèles basés sur des harmoniques sphériques et qui a fait l'objet d'une publication dans IEEE T. on antennas and propagation. Un nouveau thème de recherche autour de la collecte et du transfert d'énergie sans fil en champ lointain vient renforcer cette dynamique, enrichie par le recrutement d'une MCF.

Les résultats scientifiques de l'équipe se distinguent par un nombre remarquable d'articles publiés en revue avec 2,76 articles par ETP recherche par an dans un large éventail de revues au meilleur niveau mondial (p. ex. IEEE T. on antennas and propagation, IEEE T. on wireless communications). Ces publications sont complétées par 62 articles publiés dans des actes de congrès, neuf conférences invitées et cinq chapitres de livre, dont un publié dans la collection des Techniques de l'ingénieur. Les doctorants, avec un taux de publication moyen dans des revues de 1,3, montrent un dynamisme scientifique exceptionnel.

L'équipe bénéficie d'une reconnaissance exceptionnelle à travers la direction de la chaire C2M qui porte sur la caractérisation, l'analyse et la modélisation des expositions aux ondes électromagnétiques induites par les systèmes et réseaux de télécommunication. Les membres de l'équipe ont par ailleurs de nombreux rôles influents dans des comités techniques et de normalisation : vice-présidence du comité technique IEEE MTT-S, présidence de la commission K de l'URSI (2014-2021), présidence du CENELEC TC et de l'observatoire Ondes-Paris, ainsi que le rôle de secrétaire général de l'URSI France. Ce rayonnement est complété par des distinctions telles que l'URSI Young Scientist Award en 2021.

L'équipe s'investit activement dans de nombreux projets de recherche, tant européens que nationaux. Elle collabore notamment sur des projets européens tels que SEAWAVE, GOLIAT (HORIZON-HLTH) et MEWS (EURAMET-LNE), ainsi que sur OPALE, un projet AID RAPID, en plus de participer à des projets ANSES, au PEPR 5G et à un projet BPI.

Pour mener à bien ces projets, l'équipe s'appuie sur trois plateformes de mesure comprenant deux chambres anéchoïques permettant des caractérisations d'antennes jusqu'à 170 GHz et une station load-pull pour les amplificateurs de puissance de 40 à 60 GHz.

L'équipe est impliquée dans des partenariats industriels (Orange Labs, Thales AVS, LNE), comptant quatre conventions Cifre et deux brevets déposés, l'un en collaboration avec Naval Group, l'ONERA et SART, et l'autre déposé dans le cadre d'une convention Cifre avec Thales.

Enfin, l'implication de l'équipe dans des initiatives pour la promotion des femmes dans les sciences et dans des actions de vulgarisation sur la 5G témoigne de son engagement pour la diffusion des savoirs et de l'égalité.

Points faibles et risques liés au contexte

Malgré ses nombreux points forts, l'équipe RFM² fait face à certains défis qui nécessitent une attention particulière. Tout d'abord, bien que 51 % des publications soient réalisées dans des revues de premier rang international, une proportion significative de publications dans des revues de second ordre limite quelque peu la visibilité globale de l'équipe sur la scène internationale. De manière générale, les publications de l'équipe sont bien équilibrées, témoignant d'une production scientifique dynamique. Cependant, une répartition moins homogène des publications dans des revues est observée entre les membres permanents.

En ce qui concerne les projets de recherche, l'équipe a peu de projets en tant que porteur, ce qui pourrait limiter sa visibilité et son influence dans les programmes de recherche nationaux et internationaux.

La durée moyenne des thèses, qui atteint 43,8 mois, ralentit une intégration rapide des doctorants dans le monde professionnel ou académique. Par ailleurs, le recrutement de nouveaux doctorants montre un certain ralentissement avec dix-huit doctorants au cours de la période contre 31 au cours de la période précédente. Aucune thèse n'a débuté en 2023 et seulement une en 2022. La difficulté à recruter des doctorants est une tendance qui touche l'ensemble du secteur de l'électronique en France mais cela pourrait compromettre la pérennité et le renouvellement des travaux de recherche de l'équipe dans les prochaines années.

En parallèle, des défis structurels apparaissent, notamment en raison de la gestion de trois plateformes technologiques majeures que l'équipe maintient et utilise. Cependant, le soutien technique reste limité, avec seulement 1,25 ingénieur dédié à ces tâches, ce qui représente un défi pour garantir une gestion optimale de ces infrastructures. De plus, la maintenance et le renouvellement des équipements engendrent des coûts élevés, et cette situation pourrait devenir problématique à l'avenir si des investissements supplémentaires ne sont pas réalisés.

La thématique portant sur le développement de modèles statistiques du canal de propagation et des interactions entre les hommes et les ondes se distingue par sa grande dynamique. Cependant, cette dynamique pourrait être mise en péril dans les années à venir en raison d'un manque de ressources humaines lié aux éventuels départs à la retraite.

De manière générale, les départs à la retraite imminents soulignent la nécessité d'encourager les membres de l'équipe à préparer leur HDR afin de renforcer les capacités d'encadrement.

Analyse de la trajectoire de l'équipe

L'équipe souhaite continuer à développer ses thématiques actuelles tout en assurant la montée en fréquence, pour contribuer aux innovations et aller vers des applications 6G, tout en concentrant ses efforts sur deux défis majeurs. Le premier est l'utilisation efficace des ressources énergétiques en optimisant les composants et des sous-systèmes pour minimiser les pertes, et la mise en œuvre de moyens pour récupérer l'énergie. Le second est une connaissance plus précise de l'exposition des personnes aux ondes, en particulier dans un contexte où les systèmes multi-antennes se développent, à l'aide de modèles statistiques et d'outils d'intelligence artificielle.

La trajectoire de l'équipe RFM² s'inscrit clairement dans la continuité de ses activités existantes, capitalisant sur ses compétences et réalisations pour aborder de nouvelles thématiques pertinentes. Les développements proposés sont tout à fait réalistes et alignés avec ses ressources et expertises actuelles, ce qui renforce la faisabilité des projets futurs. Les perspectives de recherche, telles qu'elles sont définies, ne devraient pas rencontrer de difficultés majeures, car l'équipe dispose du potentiel scientifique, technique et collaboratif nécessaire pour explorer et approfondir les domaines identifiés dans sa trajectoire.

Les développements proposés dans la trajectoire de l'équipe sont parfaitement réalistes et alignés avec les ressources et expertises actuelles, garantissant ainsi la réussite des projets futurs.

RECOMMANDATIONS À L'ÉQUIPE

L'équipe se distingue par des thématiques de recherche innovantes et stratégiques, accompagnées d'une production scientifique remarquable, comme en atteste le volume de publications réalisées. Pour maintenir cette dynamique, il est crucial de poursuivre dans cette direction. Néanmoins, un axe de progression réside dans l'augmentation de la proportion de publications dans des revues de premier rang à l'échelle internationale.

Le recrutement de nouveaux doctorants connaît un certain ralentissement. Cette tendance, partagée par d'autres unités du domaine, pourrait compromettre la pérennité et le renouvellement des travaux de recherche. Le comité recommande donc à l'équipe de mettre l'accent sur le renforcement des efforts de recrutement de doctorants.

Le comité recommande à l'équipe d'encourager les membres de l'équipe à préparer leur Habilitation à Diriger des Recherches, afin de renforcer les capacités d'encadrement et de garantir un flux continu de thèses.

Il convient également de veiller à maintenir l'implication des membres permanents dans la thématique portant sur le développement de modèles statistiques du canal de propagation et des interactions entre les hommes et les ondes, afin d'éviter que celle-ci ne soit pénalisée par de prochains départs à la retraite.

Équipe 13 : SSH – Secure and Safe Hardware

Nom du responsable : Mme Lirida Naviner

THÉMATIQUES DE L'ÉQUIPE

Historiquement orientée sécurité matérielle au sens large, l'équipe s'intéresse à la conception d'architectures matérielles numériques sûres, fiables et performantes visant plus particulièrement les systèmes embarqués. Le focus est mis d'une part sur la conception effective et la validation de telles architectures, et d'autre part sur la définition de méthodes d'analyse visant ces propriétés. Dans cette optique, elle utilise des approches à la fois théoriques et expérimentales, se concrétisant généralement par des prototypes matériels et/ou logiciel opérationnels. L'aspect conception numérique a été renforcé au cours de la période, avec des aspects mémoire et IA.

PRISE EN COMPTE DES RECOMMANDATIONS DU PRÉCÉDENT RAPPORT

La première recommandation portait sur l'incitation à publier dans des journaux pour les jeunes chercheurs. Cette recommandation a été suivie d'effet, ce qui a permis à deux maîtres de conférences de s'engager dans un processus HDR.

La seconde recommandation portait sur la coopération (scientifique et organisationnelle) avec les autres acteurs de Saclay. L'équipe est impliquée dans les programmes de Master, participe à des jurys de prix locaux, etc. La coopération recherche en tant que telle reste pour l'instant peu étendue.

La troisième recommandation portait sur les coopérations internes au LTCl. Celles-ci ont effectivement été développées, avec des thèses en commun avec cinq autres équipes de l'unité.

EFFECTIFS DE L'ÉQUIPE : EN PERSONNES PHYSIQUES AU 31/12/2023

Catégories de personnel	Effectifs
Professeurs et assimilés	3
Maîtres de conférences et assimilés	7
Directeurs de recherche et assimilés	0
Chargés de recherche et assimilés	0
Personnels d'appui à la recherche	1
Sous-total personnels permanents en activité	11
Enseignants-chercheurs et chercheurs non permanents et assimilés	2
Personnels d'appui non permanents	0
Post-doctorants	1
Doctorants	10
Sous-total personnels non permanents en activité	13
Total personnels	24

ÉVALUATION

Appréciation générale sur l'équipe

Les travaux de l'équipe SSH ont un intérêt théorique et pratique indéniable. La production scientifique de ses membres est de très bon niveau, voire excellente sur la thématique « sécurité ». L'attractivité de l'équipe est excellente et attestée par un recrutement de permanents à l'international, un nombre important d'étudiants en thèse, la présence d'invités de marque et un succès marqué aux appels compétitifs. L'équipe est reconnue internationalement principalement pour ses travaux en sécurité matérielle, qui est aussi la thématique au cœur de ses collaborations industrielles. L'activité contractuelle est remarquable, mais centrée sur la France et reposant sur un nombre limité de permanents.

Points forts et possibilités liées au contexte

Les recherches menées dans l'équipe SSH sont très pertinentes et alignées sur les stratégies nationales portées au sein des PEPR Cybersécurité et Intelligence Artificielle. L'équipe a, par exemple, mené un travail mixant des contributions en cybersécurité et intelligence artificielle en vue de la détection d'intrusion sur les réseaux de communication, avec à la clef des résultats novateurs et des publications visibles. Sur un sujet très différent, l'équipe a fait un état de l'art sur la récupération de données éparses (IEEE Access, 2018) qui est très largement référencé.

La production scientifique en journal est abondante (68 articles) et pour l'essentiel d'excellente qualité (p. ex. IEEE TC, IEEE TCAD, IEEE TIFS, IACR TCHES). Les conférences sont également nombreuses (136 articles) et certaines de bonne à très bonne qualité (p. ex. DATE, ICCV, ISVLSI), avec cependant une part importante qui ne cible pas les conférences les plus reconnues du domaine. La grande majorité des permanents contribue aux publications de façon relativement homogène. Le nombre moyen de publications par permanent est de cinq journaux et dix conférences au cours de la période, et tous les doctorants qui ont soutenu ont des papiers à leur actif.

L'équipe est très internationale, ce qui prouve son attractivité. L'équipe a accueilli 26 doctorants au cours de la période, venant de tous horizons, avec des durées de thèse très raisonnables, et un unique abandon.

L'activité contractuelle est attestée par de très nombreux projets au niveau local (Carnot TSN, Cluster Saclay, labex DigiCosme) et national (nationaux avec par exemple cinq projets ANR dont un en tant que porteur et un projet PEPR Cyber), des projets bi-latéraux (dont trois conventions Cifre) et un projet européen (SPARTA H2020 ICT, 2019).

L'équipe a collaboré depuis toujours avec l'entreprise Secure-IC et plus récemment avec Idemia, ce qui se traduit par de nombreuses publications communes, tout comme des réponses communes aux appels à projets. Les travaux se trouvent ainsi rapidement transférés et ont donc un impact industriel réel. Le comité relève sept conventions Cifre avec des acteurs majeurs du secteur (p. ex. Secure-IC, STMicroelectronics, Nokia) avec des thèses soutenues ou en cours au cours de la période.

Le comité relève deux brevets internationaux et un projet de transfert technologique, Approxinet (en prématuration de 2021 à 2023), sur des accélérateurs matériels pour l'IA utilisant du calcul approximatif.

L'équipe coopère avec cinq autres équipes du LTCI à travers différents projets et des thèses co-encadrées.

Deux actions de communications portant sur les questions de cybersécurité dans les véhicules connectés ont été menées auprès de médias grand public (France 3 IdF et France Culture).

Points faibles et risques liés au contexte

Si le niveau de publication est excellent et l'intérêt des travaux indéniable, le comité relève l'absence de présentations en plénière dans les conférences de référence et d'activité éditoriale.

Il y avait au cours de la période trois HDR dans l'équipe, mais deux départs à la retraite ont eu lieu, ce qui laisse l'équipe avec une unique possibilité d'encadrement doctoral, et il n'y a pas eu d'HDR soutenue. Cela fait peser un risque sur l'activité contractuelle aujourd'hui de très bon niveau et les coopérations scientifiques.

Un ou deux départs supplémentaires de membres de l'équipe sont envisagés. Cela risque de déstabiliser les travaux de recherche en cours.

Indépendamment de la qualité des personnes recrutées, le comité constate un élargissement du spectre scientifique de l'équipe, ce qui va de fait modifier un positionnement scientifique qui était important stratégiquement et avait une très bonne visibilité.

Analyse de la trajectoire de l'équipe

L'équipe a l'intention de continuer ses recherches sur les systèmes numériques matériels embarqués. Sa trajectoire acte néanmoins un changement stratégique avec une orientation vers l'intelligence artificielle, à la fois en vue de faire des circuits efficaces pour ce type d'applications, et pour définir des méthodes qui en font usage pour améliorer les outils de conception par ordinateur. En conséquence, l'activité liée à la sécurité matérielle, qui en a été le pilier jusqu'à présent, se trouvera forcément réduite. Ce changement d'orientation stratégique est en phase avec des évolutions du domaine et avec les départs et arrivées de membres permanents. Il demandera à l'équipe de porter une attention particulière pour affirmer sa visibilité sur un socle cohérent de sujets dans lesquels elle s'investit.

RECOMMANDATIONS À L'ÉQUIPE

Le comité encourage l'équipe à continuer de développer ses collaborations scientifiques avec les autres acteurs du site de Saclay.

Si la production scientifique est excellente, le rayonnement de l'équipe pourrait être amélioré par des prises de responsabilités au sein de comités éditoriaux de journaux réputés ou par l'organisation de sessions spéciales dans les grandes conférences du domaine.

Le comité recommande à l'équipe d'inciter les MCF qui le peuvent à passer leur HDR.

Le projet de l'équipe en fait évoluer assez significativement les contours, ce qui est un choix respectable. Le comité encourage néanmoins l'équipe à veiller à ne pas trop se disperser pour continuer à avoir une masse critique visible sur ces nouveaux thèmes.

Équipe 14 : LabSoc – System on Chip

Nom du responsable : M. Ludovic Apvrille

THÉMATIQUES DE L'ÉQUIPE

L'équipe LabSoC mène des recherches sur la conception et l'analyse des systèmes embarqués. S'appuyant sur une méthodologie de conception fondée sur les modèles, elle travaille sur les langages de modélisation, les techniques de vérification et de validation de la sûreté et de la sécurité de tels systèmes, ainsi que sur l'ordonnancement et l'analyse de performances.

PRISE EN COMPTE DES RECOMMANDATIONS DU PRÉCÉDENT RAPPORT

Le rapport précédent incitait l'équipe à recentrer sa politique de publication sur des journaux et conférences reconnus.

Si certains articles ont été publiés dans des journaux et conférences de premier plan, l'équipe continue à cibler principalement des conférences de sa communauté scientifique immédiate, ce qui nuit à une visibilité plus large de ses travaux.

Une deuxième recommandation portait sur la durée en moyenne trop longue des thèses.

Cette recommandation a été suivie car les durées des thèses soutenues dans la période se situent entre 36 et 48 mois.

Le comité précédent recommandait à l'équipe de collaborer plus étroitement avec des équipes du LTCI travaillant sur des thématiques proches et d'établir un partenariat avec des chercheurs sur le site de Sophia Antipolis.

L'équipe participe en effet à des projets notamment portés par l'équipe SSH, avec plusieurs co-encadrements de thèses, et elle a noué des collaborations avec des chercheurs à Sophia Antipolis.

EFFECTIFS DE L'ÉQUIPE : EN PERSONNES PHYSIQUES AU 31/12/2023

Catégories de personnel	Effectifs
Professeurs et assimilés	2
Maîtres de conférences et assimilés	2
Directeurs de recherche et assimilés	0
Chargés de recherche et assimilés	0
Personnels d'appui à la recherche	1
Sous-total personnels permanents en activité	5
Enseignants-chercheurs et chercheurs non permanents et assimilés	0
Personnels d'appui non permanents	0
Post-doctorants	1
Doctorants	3
Sous-total personnels non permanents en activité	4
Total personnels	9

ÉVALUATION

Appréciation générale sur l'équipe

L'équipe mène une recherche de qualité dans le domaine de la conception et de l'analyse de systèmes embarqués. La plateforme TTool toolkit est un atout indéniable. La production scientifique est de bon niveau. L'attractivité académique de l'équipe n'est pas suffisante. Son activité contractuelle est très bonne. L'absence de recrutements depuis plusieurs années ne permet pas à l'équipe de renouveler ses sujets de recherche. Le comité est inquiet sur la pérennité de l'équipe.

Points forts et possibilités liées au contexte

Les travaux de l'équipe sont de qualité et portent sur des techniques de conception de systèmes embarqués dirigées par des modèles, dotées de sémantique formelle et soutenues par des techniques de vérification et de simulation. Parmi les travaux les plus notables de la période d'évaluation on peut citer ceux visant l'analyse conjointe de propriétés de sûreté et de sécurité de modèles SysML, dont une transformation vers le langage d'entrée de ProVerif, les travaux menés avec des collègues de l'ENS Lyon et des Mines de Saint-Étienne autour de la mutation de modèles qui ont donné lieu au développement de l'outil AMULET (ACM TECS 2023) ou la conception d'un algorithme rapide d'ordonnancement dynamique de tâches dans des environnements cloud (Embedded Hardware Design 2021). Ces travaux donnent lieu à des développements d'extensions de la plateforme logicielle TTool toolkit, maintenue sur le long terme et utilisée à la fois en enseignement et dans des projets de recherche académiques et industriels, qui confère à l'équipe une très bonne visibilité dans son domaine.

L'implantation de l'équipe à Sophia Antipolis est un atout pour elle et pour l'unité car elle favorise des collaborations avec des équipes académiques sur place (notamment Inria) et permet un accès direct à l'écosystème industriel de la région.

L'équipe contribue à former un bon nombre de jeunes chercheurs (sept thèses soutenues, cinq en cours), avec une durée médiane de 42 mois pour les thèses soutenues (durées comprises entre 36 et 48 mois). Un membre de l'équipe a soutenu son habilitation à diriger les recherches.

L'équipe a participé, souvent conjointement avec d'autres équipes de l'unité, à trois projets H2020, un projet PEPR et un projet Intercarnot.

L'équipe mène une activité contractuelle conséquente par rapport à sa taille, avec notamment un laboratoire commun avec Nokia Bell Labs (2017-2021) autour de la thématique de la programmation orientée modèles et a porté des projets en gré à gré avec d'autres acteurs industriels incluant Huawei et Renault. Elle a signé cinq conventions Cifre et participe (avec les équipes SSH et C2) à la chaire industrielle Connected Cars and Cybersecurity (avec Nokia, Renault, Thales, Valeo et Wavestone). Cette chaire porte sur des enjeux de cybersécurité dans le contexte de véhicules connectés et autonomes et s'articule autour de cinq axes : 1/ analyse de risques et sûreté de fonctionnement, 2/ protection des données et de leurs flux, 3/ authentification, identité et empreinte comportementale, 4/ résilience et 5/ protection des données personnelles.

Points faibles et risques liés au contexte

La production scientifique est indéniable (17 articles dans des revues et 49 publications dans des conférences, soit environ 3,5 respectivement 10 articles par membre permanent). Cependant, une faible part de ces publications apparaît dans des supports de première qualité (tels que J. Logical and Algebraic Methods in Programming, ACM Trans. Embedded Computing Systems, Software and Systems Modeling pour les journaux et MODELS ou DATE pour les conférences). Ceci ne confère pas aux travaux de l'équipe la visibilité au-delà de sa communauté directe qu'elle mérite. Le comité s'étonne du fait que le responsable de l'équipe co-signe la quasi-totalité des publications.

Si l'équipe maintient quelques collaborations internationales, principalement en lien avec sa plateforme TTool, les indices de visibilité sont faibles en regardant les invitations ou l'accueil de chercheurs invités, ainsi que la participation de ses membres à des comités de programme de conférences importantes.

L'équipe n'a pas recruté de membre permanent depuis plusieurs années et du fait du désengagement de Télécom Paris des activités d'enseignement à Sophia Antipolis, toute perspective de recrutement futur reste très

hypothétique. Ceci ne permet pas à l'équipe de renouveler ses thématiques de recherche et met en péril sa survie.

L'activité de l'équipe en direction du grand public est très faible.

Analyse de la trajectoire de l'équipe

Le projet se situe globalement dans la continuité des travaux passés. Il met l'accent sur l'analyse incrémentale de systèmes complexes et prévoit une intégration de techniques d'intelligence artificielle dans la construction de modèles et l'analyse de ses propriétés de sûreté et de sécurité. Ce projet paraît réaliste et à la portée des forces de l'équipe. En revanche, la spécificité des apports de l'équipe par rapport à la communauté nationale et internationale n'est pas clairement décrite.

RECOMMANDATIONS À L'ÉQUIPE

Le comité incite l'équipe à mettre en place une politique de publication dans des supports au-delà de sa communauté immédiate, afin de donner à ses travaux de recherche la visibilité qu'ils méritent.

La plateforme TTool est un véritable atout pour les activités scientifiques de l'équipe et le comité encourage l'équipe à continuer à la maintenir et à y intégrer ses résultats scientifiques.

La localisation de l'équipe en dehors des murs de l'unité devrait être vue comme une opportunité pour les collaborations académiques de l'équipe et de l'unité avec les acteurs du site de Sophia Antipolis. Le comité recommande à l'équipe de renforcer davantage ses liens avec les chercheurs d'unités de recherche voisines et à l'unité d'élaborer une stratégie pour mieux valoriser la présence d'une partie de son personnel dans cette région, avec son fort tissu académique et industriel.

L'équipe a clairement le potentiel pour augmenter son activité en direction du grand public.

Équipe 15 : GTO - Télécommunications Optiques

Nom du responsable : M. Frédéric Grillot

THÉMATIQUES DE L'ÉQUIPE

L'équipe mène une recherche de qualité en photonique autour de quatre axes : 1/technologies quantiques, 2/transmission numérique haut débit sur fibre optique, 3/semiconducteurs et photonique non linéaire et 4/réseaux de monitoring et sensing optiques.

PRISE EN COMPTE DES RECOMMANDATIONS DU PRÉCÉDENT RAPPORT

L'équipe est excellente et n'avait reçu que peu de recommandations autres que de continuer dans sa lancée. Il s'agissait de veiller à ne pas se disperser et à mieux structurer les travaux dans les axes et entre les axes. L'équipe a assurément travaillé dans le sens des recommandations.

Sur la recommandation de veiller à ne pas se disperser, l'équipe a mis en place des réunions d'équipes pour renforcer les liens entre les axes et s'est restructurée. Cependant, sur ce point, la pandémie a un peu entravé les rapprochements entre les axes et les activités restent relativement dispersées et isolées.

EFFECTIFS DE L'ÉQUIPE : EN PERSONNES PHYSIQUES AU 31/12/2023

Catégories de personnel	Effectifs
Professeurs et assimilés	4
Maîtres de conférences et assimilés	4
Directeurs de recherche et assimilés	0
Chargés de recherche et assimilés	0
Personnels d'appui à la recherche	3
Sous-total personnels permanents en activité	11
Enseignants-chercheurs et chercheurs non permanents et assimilés	1
Personnels d'appui non permanents	0
Post-doctorants	1
Doctorants	18
Sous-total personnels non permanents en activité	20
Total personnels	31

ÉVALUATION

Appréciation générale sur l'équipe

L'équipe GTO mène une excellente activité de recherche et a une production scientifique excellente. Cette production scientifique est inégalement répartie entre les membres de l'équipe. Elle a une visibilité internationale remarquable attestée notamment par une médaille Ampère et un projet ERC. L'équipe a une excellente activité d'encadrement. L'activité contractuelle est aussi remarquable. L'équipe a de nombreuses collaborations internationales et de nombreuses participations à des projets collaboratifs dont deux MSCA-ITN. Les collaborations avec le monde industriel sont excellentes.

Points forts et possibilités liées au contexte

Les thématiques de l'équipe en photonique sont très pertinentes à l'heure actuelle et parfaitement alignées avec la politique de l'unité. Chacun des axes de l'équipe (technologies quantiques, transmission numérique haut débit, semi-conducteurs et photonique non linéaire et monitoring et sensing optiques) est très émergent.

Entre autres, l'équipe GTO a étudié le rôle de la fréquence du champ électromagnétique sur les limites de précision des mesures temporelles d'un point de vue quantique, en utilisant des photons uniques comme système paradigmatique, démontrant qu'une amélioration quantique de la précision n'est possible qu'en combinant à la fois l'intensité et les ressources spectrales et, en particulier, que les corrélations spectrales permettent une mise à l'échelle quadratique de la précision avec le nombre de sondes. L'équipe a également démontré pour la première fois la possibilité de construire un lien à longue portée en utilisant l'optoélectronique quantique unipolaire fonctionnant à 9,3 microns pour des applications en espace libre. En utilisant la mise en forme des impulsions, le pré-traitement et le post-traitement, un débit binaire record de 30 Gbps pour les schémas de modulation à deux niveaux (OOK) et à quatre niveaux (PAM-4) pour une liaison de propagation de 31 m ont été atteints.

La production scientifique de l'équipe est excellente (95 publications dans des revues et 185 publications dans des conférences), ce qui correspond à environ deux publications en moyenne en revue par an et par permanent et de trois à quatre publications en conférence par an et par permanent, dans des supports de haut niveau (IEEE Journal of Selected Topics in Quantum Electronics, IEEE Photonics Journal, pour les journaux, OFC, ECOC et CLEO pour les conférences, ces dernières étant parmi les plus prestigieuses de la communauté) auxquels pour la grande majorité des doctorants sont associés.

L'équipe est très visible à la fois nationalement et internationalement comme en témoignent les nombreuses activités et invitations (jurys de thèses, présentations invitées, séjours sabbatiques, etc.).

L'équipe a reçu plusieurs prix (huit prix de thèse [DGA et Fondation Mines Télécom], une médaille Ampère et de nombreuses distinctions [Achievement Award in Quantum Sensing, Nanoelectronics and Photonics, optica fellow, IEEE Photonics Society Distinguished Lecturer Award, innovation award]).

L'équipe a une excellente activité d'encadrement : 53 thèses au cours de la période dont 21 en co-direction, parfois avec d'autres équipes du LTCI (S²A, Curiosity ou ComNum) et seuls trois abandons au cours de la période. 34 thèses soutenues au cours de la période d'une durée moyenne de 39,75 mois et un encadrement moyen de quatre à cinq thèses par permanents HDR au cours de la période.

GTO entretient plusieurs collaborations en Europe (Allemagne, UK, Pays-Bas, Espagne, Danemark) et dans le monde (USA, Canada, Chine). Des thèses sont dirigées en co-tutelle avec certains de ses partenaires (notamment avec l'université de Brescia, Italie et Shanghai Jiao Tong University, Chine).

GTO participe à plusieurs projets collaboratifs (trois projets ANR dont un comme porteur, un projet FUI, un projet PEPR, deux projets H2020/Horizon Europe dont un en cours, deux projets ITN et un autre européen comme participant) et porte un projet ERC Starting Grant. Ce projet vise à déterminer les limites théoriques de l'information dans les réseaux de fibres optiques et à concevoir des schémas de communication qui approchent ces limites.

GTO déploie et entretient un laboratoire pour les communications optiques qui comprend des équipements de pointe, à la fois du marché et développés par l'équipe tels que des plateformes de transmission à double polarisation, une plateforme polyvalente de test de dispositifs optoélectroniques ainsi qu'une plateforme de réflectométrie optique à faible cohérence.

GTO a de nombreux contrats industriels (485 k€ en bilatéral, et douze conventions Cifre [Febus, SNCF, Nokia et Thales]) au cours de la période et quatre thèses sur financement privé.

Un brevet, commun avec ComNum, a été exploité pour la création d'une start-up (MiMOPT Technology) qui développe des solutions afin d'améliorer les débits, les performances et la complexité des systèmes de communication optiques.

Dans le cadre de QuantEdu-France, GTO participe à plusieurs formations et activités de médiation, notamment à destination des étudiants, du post bac aux études doctorales.

Points faibles et risques liés au contexte

L'équipe est organisée en quatre axes. Les interactions entre les axes sont peu développées, ce qui ne permet pas de mesurer leur synergie.

La publication en revues est très inégale sur les permanents. À titre d'exemple sur les 185 publications en conférence, soit une moyenne de vingt publications par membre permanent, le comité relève des permanents avec seulement une ou deux publications au cours de la période, quelques-uns à environ vingt publications et un permanent avec plus de quatre-vingt-dix publications.

L'équipe compte dix permanents dont seulement une femme qui a rejoint l'équipe durant la période (migration depuis QURIOSITY) et n'en compte plus dans les effectifs du prochain contrat.

L'activité est très inégale sur les permanents et globalement portée par quelques membres. Beaucoup de contrats et distinctions sont portés par deux personnes qui sont de plus sur le départ, de même que les participations à des comités de programme et activités éditoriales.

La participation à des activités éditoriales est également inégale sur les permanents.

L'implication dans les projets collaboratifs est bonne mais un peu en retrait compte tenu de la taille de l'équipe. Les coordinations sont portées majoritairement par une personne. Les participations aux projets apparaissent surtout en début de période et peu de nouveaux contrats ont été obtenus récemment même si les montants sont importants, notamment en comparaison des autres équipes.

Le déploiement des plateformes et leur maintenance est central pour l'équipe mais le nombre de ressources ingénieurs qui y sont dédiées est relativement faible pour assurer un bon niveau de service et disponibilité.

Analyse de la trajectoire de l'équipe

L'équipe propose de continuer dans la lignée des recherches menées durant cette période en se focalisant sur les technologies quantiques, les communications en espace libre et le sensing. La force de cette trajectoire est qu'elle permet de couvrir l'ensemble de la chaîne de valeurs dans les systèmes de communications (composants photoniques, systèmes de communications, réseaux optiques) et ainsi d'anticiper de futurs besoins en composants et dispositifs photoniques et d'exploiter des équipements communs. Bien que pertinente, cette perspective mériterait d'être plus développée.

RECOMMANDATIONS À L'ÉQUIPE

Le comité encourage l'équipe à continuer sa lignée d'excellence scientifique, à maintenir ses collaborations industrielles et ses excellentes activités d'encadrement doctoral.

L'équipe est visible et reconnue dans son domaine, le comité recommande à l'équipe d'affirmer plus cette position de leader, notamment dans la coordination de projets, la structuration et le renforcement de collaborations académiques.

Le programme de recherche futur de l'équipe doit veiller à l'inclusion de ses membres afin de permettre un meilleur équilibre des contributions parmi les membres permanents et définir une politique d'attractivité, notamment envers les femmes.

Le déploiement et le maintien des plateformes dans cette trajectoire doivent être mieux définis.

Concernant la trajectoire, il est recommandé de créer de la synergie entre les axes proposés afin de tirer parti des forces de l'équipe en se focalisant sur les sujets à leurs interfaces. Cela permettrait également de positionner l'équipe sur des thématiques uniques et de limiter la dispersion. Il faudra également rester vigilant au contour des thématiques explorées afin de rester cohérent avec la taille de l'équipe et les compétences de ses membres.

DÉROULEMENT DES ENTRETIENS

DATES

Début : 7 janvier 2025 à 19 h 30

Fin : 10 janvier 2025 à 13 h 30

Entretiens réalisés : en présentiel

PROGRAMME DES ENTRETIENS

mardi, 7 janvier 2025			
19h30		Dîner Présence : membres du comité et CS du Hcéres	
mercredi, 8 janvier 2025			
08h30	10 min	Introducti on de la visite par le CS du HCERES Présence : membres du Comité, CS du Hcéres, représentants des tutelles, toute l'unité	
08h40	40 min	Présentati on du bilan de l'unité par la directi on (50 % présentati on, 50 % questi ons) Présence : membres du Comité, CS du Hcéres, représentants des tutelles, toute l'unité	
09h20	20 min	Pause café	
09h40	40 min	Equipe C2 (50 % présentati on, 50 % questi ons) Présence : membres du comité et CS du Hcéres (selon réparti ti on jointe), représentants des tutelles, toute ou parti e de l'unité	
10h20	30 min	Equipe QURIOSITY (50 % présentati on, 50 % questi ons) Présence : membres du comité et CS du Hcéres (selon réparti ti on jointe), représentants des tutelles, toute ou parti e de l'unité	
10h50	20 min	Pause café	
11h10	40 min	Equipe RMS (50 % présentati on, 50 % questi ons) Présence : membres du comité et CS du Hcéres (selon réparti ti on jointe), représentants des tutelles, toute ou parti e de l'unité	
11h50	30 min	Equipe GTO (50 % présentati on, 50 % questi ons) Présence : membres du comité et CS du Hcéres (selon réparti ti on jointe), représentants des tutelles, toute ou parti e de l'unité	
12h20	2h30	Déjeuner (plateaux repas) puis réunion du comité à huis clos Présence : membres du comité et CS du Hcéres	
14h50	40 min	Equipe IMAGES (50 % présentati on, 50 % questi ons) Présence : membres du comité et CS du Hcéres (selon réparti ti on à préciser), représentants des tutelles, toute ou parti e de l'unité	Equipe ACES (50 % présentati on, 50 % questi ons) Présence : membres du comité et CS du Hcéres (selon réparti ti on à préciser), représentants des tutelles, toute ou parti e de l'unité
15h30	30 min	Equipe MM (50 % présentati on, 50 % questi ons) Présence : membres du comité et CS du Hcéres (selon réparti ti on à préciser), représentants des tutelles, toute ou parti e de l'unité	Equipe C2S (50 % présentati on, 50 % questi ons) Présence : membres du comité et CS du Hcéres (selon réparti ti on à préciser), représentants des tutelles, toute ou parti e de l'unité
16h00	1h30	Réunion du comité à huis clos Présence : membres du comité et CS du Hcéres (selon réparti ti on à préciser)	Réunion du comité à huis clos Présence : membres du comité et CS du Hcéres (selon réparti ti on à préciser)
17h30	1h00	Créneau « Science » (à l'init iati ve de l'unité) : focus scient if iques notamment liés au contenu des port élios unité et équipes, visites des plateformes, plateaux techniques ou tout autre contenu à proposer par l'unité	
18h30	1h00	Réunion du comité à huis clos Présence : membres du comité et CS du Hcéres	
19h30		Dîner Présence : membres du comité et CS du Hcéres	
jeudi, 9 janvier 2025			
08h30	30 min	Equipe DIVA (50 % présentati on, 50 % questi ons) Présence : membres du comité et CS du Hcéres (selon réparti ti on à préciser), représentants des tutelles, toute ou parti e de l'unité	Equipe LabSoc (50 % présentati on, 50 % questi ons) Présence : membres du comité et CS du Hcéres (selon réparti ti on à préciser), représentants des tutelles, toute ou parti e de l'unité
09h00	30 min	Equipe DIG (9) (50 % présentati on, 50 % questi ons) Présence : membres du comité et CS du Hcéres (selon réparti ti on à préciser), représentants des tutelles, toute ou parti e de l'unité	Equipe SSH (50 % présentati on, 50 % questi ons) Présence : membres du comité et CS du Hcéres (selon réparti ti on jointe), représentants des tutelles, toute ou parti e de l'unité
09h30	20 min	Pause café	
09h50	30 min	Equipe S2A (50 % présentati on, 50 % questi ons) Présence : membres du comité et CS du Hcéres (selon réparti ti on jointe), représentants des tutelles, toute ou parti e de l'unité	Equipe RFM² (50 % présentati on, 50 % questi ons) Présence : membres du comité et CS du Hcéres (selon réparti ti on à préciser), représentants des tutelles, toute ou parti e de l'unité
10h20	30 min	Equipe ComNum (50 % présentati on, 50 % questi ons) Présence : membres du comité et CS du Hcéres (selon réparti ti on à préciser), représentants des tutelles, toute ou parti e de l'unité	Equipe ComNum (50 % présentati on, 50 % questi ons) Présence : membres du comité et CS du Hcéres (selon réparti ti on à préciser), représentants des tutelles, toute ou parti e de l'unité
10h50	1h40	Réunion du comité à huis clos Présence : membres du comité et CS du Hcéres (selon réparti ti on à préciser)	Réunion du comité à huis clos Présence : membres du comité et CS du Hcéres (selon réparti ti on à préciser)
12h30	1h00	Déjeuner sous la forme d'un buf ét	
13h30	1h30	Créneau « Science » (à l'init iati ve de l'unité) : focus scient if iques notamment liés au contenu des port élios unité et équipes, visites des plateformes, plateaux techniques ou tout autre contenu à proposer par l'unité	
15h00	1h00	Réunion du comité à huis clos Présence : membres du comité et CS du Hcéres	
16h00	40 min	Présentati on de la trajectoire de l'unité par la directi on actuelle et future (50 % présentati on, 50 % questi ons) Présence : membres du comité, CS du Hcéres, représentants des tutelles, toute l'unité	
16h40	30 min	Rencontre avec les représentants du personnel : doctorants et post-doc Présence : membres du Comité, CS du Hcéres, sans la directi on de l'unité et sans les responsables d'équipe	
17h10	2h20	Réunion du comité à huis clos Présence : membres du comité et CS du Hcéres	
19h30		Dîner Présence : membres du Comité et CS du Hcéres	

OBSERVATIONS GÉNÉRALES DES TUTELLES



Palaiseau, le 02 mai 2025

A l'attention de Madame Astrid LANOUE,
département d'évaluation de la recherche au
Hcéres

Référence : DER-PUR260025215 - LTCI - Laboratoire traitement et
communication de l'information

La tutelle remercie le Hcéres et le comité d'évaluation du LTCI pour l'énorme travail qu'ils ont réalisé. Elle se félicite de ce rapport dans lequel elle voit la concrétisation de son effort constant pour soutenir la recherche du LTCI et un encouragement. Les éléments d'analyse et les recommandations, sont particulièrement précieux pour orienter le soutien de la tutelle dans le contexte de recherche au sein de l'Institut Polytechnique de Paris et de l'Institut Mines Télécom.

Patrick Olivier
Directeur
Télécom Paris



Les rapports d'évaluation du Hcéres
sont consultables en ligne : www.hceres.fr

Évaluation des universités et des écoles

Évaluation des unités de recherche

Évaluation des formations

Évaluation des organismes nationaux de recherche

Évaluation et accréditation internationales



19 rue Poissonnière
75002 Paris, France
+33 1 89 97 44 00

