

Thèse – Conception de liaison point à point à faisceau reconfigurable en bande Ka

PhD – Design of FR3 backhaul antenna for Ka band

Description de l'employeur

Université Côte d'Azur (UCA) est un établissement public expérimental au sens de l'ordonnance du 12 décembre 2018 dont les statuts ont été publiés le 27 juillet 2019. Cette nouvelle université à statut dérogatoire issue de la fusion de l'Université Nice-Sophia Antipolis et d'Université Côte d'Azur (COMUE) est constituée de composantes sans personnalité morale (8 écoles universitaires de recherches, un EPU, 2 facultés, un IAE, un IUT et une ESPE, des instituts et des portails de licence, des UMR, des équipes d'accueil), d'établissements composantes avec personnalité morale (Observatoire de la Côte d'Azur, Villa Arson, IFMK, CIRM, école régionale des acteurs de Cannes et Marseille). Elle se construit en synergie avec des établissements associés (CHU, centre Antoine Lacassagne, SDS, Ecole de danse Rosella Hightower, etc..) et des établissements partenaires (EPST : INSERM/CNRS/ INRIA/ INRA, etc..).

Lauréate en 2016 de l'appel à projet IDEX avec UCA^{JEDI}, pérennisé en 2021, du projet 3IA en 2019, d'un projet d'EUR, Université Côte d'Azur est engagée dans une trajectoire de transformation et d'excellence, qui vise à lui donner le rang d'une grande université intensive en recherche en lien avec les problématiques du territoire. Université Côte d'Azur emploie directement environ 3000 agents et accueille une population de plus de 30 000 étudiants.

Université Côte d'Azur vise à développer le modèle du XXI^e siècle pour les universités françaises, basé sur de nouvelles interactions entre disciplines, un modèle expérimental de coordination entre recherche, enseignement et innovation et de solides partenariats avec le secteur privé et les collectivités locales.

En savoir plus sur « [Travailler à Université Côte d'Azur](#) »

Contexte

Ce travail de thèse s'inscrit dans le cadre du projet France 2030 CAPTIVANT2 porté par la société UMS. CAPTIVANT 2 est un projet collaboratif comprenant un ensemble cohérent de partenaires industriels et académiques. Celui-ci comprend : UMS (porteur), NANOE, ASYGN CISTEME, III-V LAB, Université de Côte d'Azur et Thales TRT.

L'évolution des réseaux de communication vers la 5G depuis les années 2010 a permis de développer différents concepts notamment d'architectures distribuées associées à des évolutions dans les formats de modulation et de technologies associées principalement. Ces améliorations visaient différentes stratégies rappelées ci-dessous pour la 5G et les évolutions considérées pour la 6G mais aussi pour les allocations de bandes de fréquences. Le déploiement dans un premier temps d'un réseau 5G en bande basse ou sub-6GHz suivi d'un déploiement d'un réseau dit 5G « millimétrique » en bande Ka étaient alors envisagés.

En 2024, le réseau 5G s'est principalement déployé en bande basse (< 6 GHz) et actuellement présente une amélioration au réseau 4G précédent mais avec encore de réelles améliorations possibles. Le réseau millimétrique (24-29 GHz en Europe) 5G s'est déployé par l'intermédiaire de réseaux professionnels haut débits mais s'est aussi trouvé en confrontation avec les améliorations apportées par les réseaux de constellation (SATCOM) offrant une connectivité améliorée pour un coût devenu compétitif. Une réduction significative du coût (CAPEX + OPEX) et de performances sont nécessaires pour que ces réseaux millimétriques se déploient jusqu'au terminal final.

CAPTIVANT 2 adresse différents enjeux associés à cette présentation.

- **Consommation** : Quelle stratégie développer afin de réduire la consommation sur les éléments sensibles des chaînes d'émission ? Comment améliorer et proposer de nouvelles architectures permettant de réduire l'impact au niveau station de base et infrastructure ?
- **Evolution de la 5G – vers la 6G** : Quelle opportunité intermédiaire permettrait de favoriser et d'accélérer le déploiement de 5G millimétrique vers l'utilisateur et le résident ? Quelle technologies et applications apporteraient un ROI (Rapport sur Investissement) supportable vis-à-vis des objectifs identifiés pour la 6G.
- **Souveraineté d'accès à des composants clés pour le secteur des télécommunications** : Quel modèle développer afin de favoriser l'introduction sur le marché ouvert de composants clés spécifiquement pour les antennes distribuées MIMO 5G – terrestres (FWA) et non- terrestres (SATCOM).

CAPTIVANT 2 a l'ambition de répondre aux enjeux proposés par la combinaison de différentes approches technologiques mais aussi par une analyse économique et marketing continue.

Consommation : Par la combinaison de différents facteurs , CAPTIVANT 2 devrait conduire à une réduction de 40% de la consommation sur les éléments de chaînes d'amplification et de traitement mixte numérique / analogique.

En termes d'infrastructure, par l'association de technologies d'émission de puissance, de technologies de lentilles et d'antennes à meilleurs gains, une réduction de 50% de la consommation ramenée en kW / .km2 pour les liaisons point à point devrait pouvoir être obtenue.

Evolution 5G – vers la 6G : CAPTIVANT 2 proposera d'orienter des travaux vers la bande FR3 (7.2 – 8.2 GHz), proche de la bande actuelle (sub 6 GHz). Cette bande présente l'intérêt pour l'ensemble des acteurs, d'utiliser des technologies moins coûteuses.

Innovations. Pour atteindre ces objectifs, CAPTIVANT 2 propose l'approche d'obtenir le meilleur scénario d'optimisation, ceci induisant par la combinaison de technologies semiconducteurs, innovantes, et associées avec un niveau de maturité suffisant. L'utilisation de lentilles optiques associée à des techniques de calcul avancées permettra de proposer des architectures à gains d'antennes améliorés par l'équivalent d'un facteur 10 en portée. Combinées à la notion de formation de faisceaux (Beamformer) simplifiés, ces techniques conduiront à développer des liaisons point à

point millimétriques simplifiées en nombre de pylônes mais aussi en termes de maintenance du fait du réglage électronique possible.

Description du sujet / PhD topic

Le projet Captivant 2 adresse les évolutions requises de la 5G terrestre et non terrestre en apportant des améliorations significatives sur la consommation électrique des chaînes d'émission / réception RF. Le projet de recherche mené dans le cadre de ce doctorat se concentrera sur l'étude de systèmes de collimation pour les liaisons 6G.

Plus spécifiquement, le travail portera sur la conception de réseaux réflecteurs (reflectarrays) à base de surface de type RIS (Surfaces Reconfigurables Intelligentes).

Les éléments réflecteurs seront reconfigurables pour permettre d'adapter dynamiquement le canal de propagation entre une station de base 6G et les différents utilisateurs.

Le travail de recherche sera découpé en plusieurs étapes pour la réalisation de 2 démonstrateurs techniques.

Etape 1 : Réalisation d'un état de l'art sur les techniques de système de collimation à base de lentille, réseaux réflecteurs (reflectarrays) et réseaux transmetteurs (transmit arrays). A partir des spécifications au niveau système définies dans le projet, il faudra définir les spécifications visées pour la partie antenne, à savoir la bande de fréquence d'opération, le gain de l'antenne, la plage de dépointage, et les dimensions acceptées. Selon le calcul du bilan de liaison, le diamètre de l'ouverture de la lentille sera déterminé pour obtenir un gain d'antenne désiré dans la bande de fréquence Ka (24 – 29 GHz). Le nombre de points focaux de la structure de collimation nécessaire au balayage du faisceau dans les plans d'azimut et d'élévation sera choisi en fonction de l'angle de pointage maximal, des positions du sous-réseau et des dimensions de la lentille. Le nombre optimal de points focaux sera déterminé comme un compromis entre les pertes dans la direction latérale et la variation de gain dans toute la plage de dépointage.

Etape 2 :

Dans cette partie, le réseau d'antennes qui sera utilisé comme source de la lentille sera développé. Plusieurs topologies d'antennes seront explorées pour offrir le meilleur compromis entre la bande passante et l'efficacité de rayonnement du réseau. La connectique permettant de se relier aux circuits actifs radiofréquences (beamformers) sera définie dans le cahier des charges. La distance entre les éléments du réseau phasé sera optimisée afin de fournir la plage de dépointage requise lors de la combinaison avec la lentille multifocale. Une première version du réseau antenne est attendu 12 mois après le début de la thèse.

Etape 3 : Intégration d'un circuit beamformer en bande Ka avec le réseau d'antenne. Dans cette partie, la conception d'un circuit imprimé compatible avec un assemblage en BGA (Ball Grid Array) sera nécessaire pour intégrer à la fois les fonctions hyperfréquence et le contrôle numérique. Le composant visé est le AWMF-0221 Beamformer IC de Qorvo. Une première version du circuit de beamformer est attendu après 18 mois de thèse.

Etape 4 : Afin d'assurer la fonction de collimation, la distribution de phase des composants quasi-optiques à concevoir sera calculée pour convertir l'onde sphérique rayonnée par le sous-réseau d'antennes en une onde plane. Le profil de phase, la dimension d'ouverture de la lentille et la distance focale seront optimisés pour obtenir une directivité élevée et quasi-constante pour tous les angles de dépointage tout en garantissant une perte de débordement assez faible. Un profil plat et compact de la lentille sera obtenu grâce à la mise en œuvre d'un gradient artificiellement conçu de l'indice de réfraction. La conception et la synthèse de la fonction de collimation seront réalisées grâce à un code développé par TRT et qui sera adapté au besoin. Enfin, la lentille sera co-simulée avec le réseau phasé, qui fait office d'antenne principale. L'ajustement de la direction de faisceau grâce à la modulation en amplitude sur les différents éléments rayonnants du réseau d'antennes sera étudié. La modulation en

phase des différents éléments rayonnants sera également exploitée afin d'améliorer l'efficacité d'ouverture du système lors de dépointage. La présence du radôme sera prise en compte dans les simulations du système.

Une première version du système est attendu après 24 mois de thèse.

Etape 5 :

Cette étape est dédiée à la fabrication et l'intégration des différents éléments du système. Il faudra utiliser l'impression 3D pour positionner les différents éléments et pour régler finement la distance focale entre les sources antennaires et la lentille.

Le système sera mesuré en chambre anéchoïque pour vérifier les performances radiofréquences.

Une démonstration en environnement réel sera également réalisée pour démontrer les performances du système développé.

Profil recherché / Candidate profile

Le laboratoire LEAT recherche une personne ayant obtenu récemment un Master ou un diplôme d'ingénieur en Électromagnétique ou en électronique. Des compétences en conception de circuit électronique, microcontrôleur et carte électronique sont également requises.

Compétences et qualités requises

Savoirs

- Électromagnétisme
- Conception et mesure d'antenne
- Electronique numérique

Savoir-faire

- Analyse d'une problématique
- Rédaction de publications scientifiques
- Qualités rédactionnelles dans le cadre de la mise à jour de documentation fonctionnelle et technique
- Développement d'algorithmes
- Conception de PCB électronique
- Expertise dans les langages de programmation Matlab, Python pour l'analyse des résultats
- Programmation embarquée

Savoir-être

- Travailler en équipe
- Restituer et présenter son travail
- Élaborer un cahier des charges
- Communiquer et faire preuve de pédagogie
- Être force de proposition
- Travailler en autonomie
- Piloter un projet
- Assurer une veille technologique
- Travailler en respectant des échéances

Aptitudes

- Sens de l'organisation
- Capacité de décision
- Créativité / Sens de l'innovation

Localisation de l'emploi

Laboratoire LEAT – Campus SophiaTech
Bâtiment Forum, 930 Rte des Colles, 06410 Biot

Conditions de candidature :

Le laboratoire du LEAT est classé en zone à Régime restrictif (ZRR).

La ZRR est une zone à accès réglementé qui s'inscrit dans le cadre de la protection du potentiel scientifique et technique (PPST) de la Nation. Les biens matériels et immatériels qui s'y trouvent favorisent les activités scientifiques de recherche fondamentale ou appliquée utiles au développement technologique de la nation.

Tout recrutement (CDD, CDI, intérimaires), toute activité de recherche, tout prestataire, est soumis à une autorisation d'accès avec avis du ministre de tutelle.

Il faudra donc soumettre la candidature pour avis au ministère de la recherche.

[Tous nos postes sont ouverts aux personnes en situation de handicap.](#)

Retrouvez tous nos recrutements sur le portail web [Travailler à Université Côte d'Azur](#)