

## PROPOSITION DE SUJET DE THESE

**Intitulé : Etude et conception de méta surfaces couplées à des antennes larges bandes transmitarray ou phased array pour la réduction de signature radar (SER)**

Référence : **PHY-DEMR-2026-02**

**Début de la thèse** : Octobre 2026

**Date limite de candidature** : Mai 2026

### Mots clés

Transmit-array, Discrete-array, télécommunications à haut débit, bande Ka, éléments actifs, unit-cell, diodes PIN, Beam-Forming/Steering, Surface équivalente Radar (SER), rotation de polarisation, métasurfaces

### Profil et compétences recherchées

Ecole d'Ingénieur / Master

### Présentation du projet doctoral, contexte et objectif

Plusieurs applications imposent l'utilisation d'antennes directives à reconfiguration de faisceau(x) (dépointage/formation de faisceau, antennes multifaisceaux, etc.). Actuellement, ces applications concernent davantage le secteur spatial (bandes L, S, C, X, Ku et Ka) et les systèmes de communications à courte portée et haut débit en bandes V et W (Projet Européen MiWavesS pour la 5G [ref : <http://www.miwaves.eu/>]). A plus long terme, des applications sont envisagées dans les domaines de l'imagerie ou la télédétection dans les bandes millimétriques élevées ou submillimétriques.

Pour répondre à ces besoins, une topologie antennaire intéressante repose sur l'utilisation de réseaux planaires en transmission (transmit-array, discrete lens antennas).

Les antennes satellites à fort gain en bande Ka (et bande X) permettent d'assurer des transmissions de données à haut débit (HTS) et sont requises pour l'installation sur des plates-formes à haute altitude (HAP) ou pour des stations de réception sol. Des approches traditionnelles pour assurer l'agilité du balayage de faisceau sont basées soit sur du balayage électronique, soit sur du balayage mécanique.

Des travaux récents réalisés par l'ONERA et le laboratoire INP/LAPLACE de l'Université de Toulouse (thèse de Jeanne Pagés-Mounic 2021) ont montré l'intérêt d'une lentille mono-bande (10 GHz) assurant un dépointage mécanique à la fois en azimuth et en élévation. Ces travaux ont porté sur le développement de cellules à changement de polarisation (linéaire-circulaire) en bande X et ont été validés expérimentalement sur un démonstrateur à 400 cellules. Une lentille plate de conception appropriée est translatée horizontalement au-dessus d'une source primaire fixe permettant ainsi un dépointage en élévation relativement large. Cette conception d'antenne passive permet de concilier un gain élevé, un balayage de faisceau en élévation relativement large (0 à 50 °) avec des pertes inférieures à 3 dB sur le faisceau principal, mais une compacité perfectible de l'antenne ( $1 < F / D \leq 2$ ).

Les travaux de thèse d'Alessandro De Oliveira Cabral (2021-2024) ont eu comme objectif d'étendre les résultats obtenus dans la thèse de J. Pagés-Mounic dans la bande X, à la bande Ka prometteuse pour les communications à haut débit. Une nouvelle cellule innovante permettant de dépolariser directement le signal (conversion linéaire vers circulaire) a fait l'objet d'un dépôt de brevet (brevet INPI FR 23.07788, 20/07/2023) et dans un premier temps deux prototypes passifs en bande X (400 cellules) et en bande Ka (490 cellules ont été fabriqués et validés expérimentalement). Le prototype bande Ka a permis de démontrer une excellente corrélation entre simulations et mesures à la fois pour le niveau de gain (40 dB) et le découplage de polarisation circulaire (40 dB).

Des versions actives des nouvelles cellules proposées durant la thèse de A. De Oliveira Cabral ont alors été optimisées en intégrant des composants actifs (diodes PIN) commandés par des

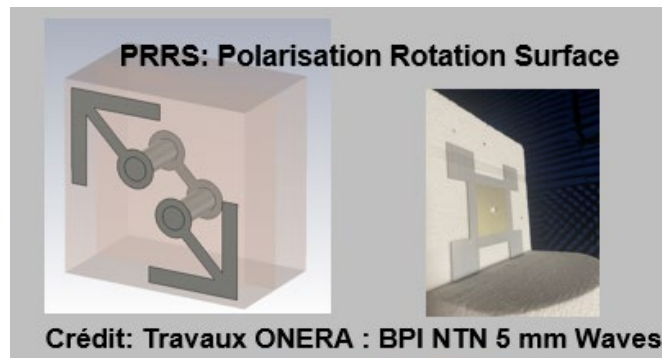
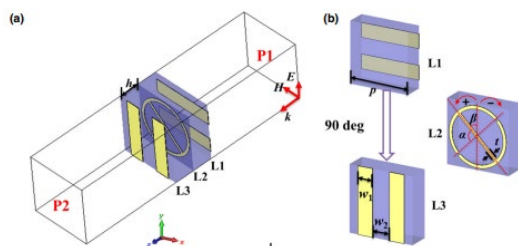
lignes de transmission et un micro-contrôleur Arduino et a également fait l'objet d'un dépôt de brevet (brevet INPI FR 24.05555 , 29/05/2024). Le contrôle de ces cellules actives permet alors d'optimiser le gain et diminuer le niveau des lobes secondaires SLL lors du dépointage de faisceau grâce au contrôle électronique en temps réel de la loi de phase au niveau du réseau selon l'angle de dépointage (direction visée).

Des travaux de thèse sont actuellement menés (Thèse Luis De La Cruz 2024-2027) avec le développement de cellule de type dipôle magnéto-électrique afin d'élargir très sensiblement la bande passante au-delà de 50% de réseaux transmitarray en bande Ka.

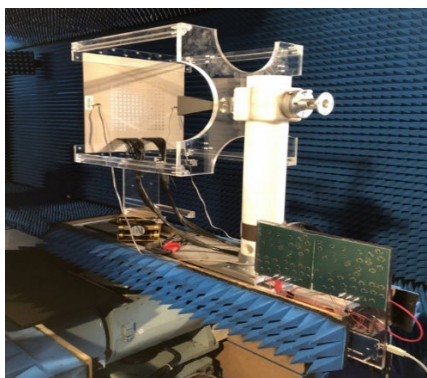
Le contexte actuel des communications à haut débit en bandes millimétriques pour les applications spatiales (liaisons entre station sol et satellite en orbite soit LEO soit GEO, ainsi que les stations relais sur satellites ou ballons) nécessite de nouvelles fonctionnalités permettant de contrôler leur signature radar (SER). Plusieurs concepts pourront être étudiés et couplés aux cellules transmitarray développées dans les thèses précédentes, parmi lesquels des super damiers de type métasurface créant des phases de coefficients de réflexion différents de  $180^\circ$  (Brevet issu des travaux du projet Astrid SaFasNav FR 3119491 du 29/01/2021), des cellules en transmission à rotation de polarisation, des cellules en réflexion à rotation de polarisation (développées par l'ONERA dans le cadre d'un projet BPI « 5G mmWaves »). Les travaux seront menés à partir de métasurfaces permettant de contrôler la phase de transmission d'une onde et son amplitude (lentilles transmitarray) qui seront complétées par un dispositif de contrôle de phase pour la réduction de SER. Des solutions permettant la réduction de la SER des antennes transmitarray seront proposées à la fois dans la bande de fonctionnement de l'antenne mais également hors bande de fonctionnement.

Il sera envisagé un processus méthodologique de réduction de la SER visant par exemple à annuler la réflexion spéculaire par le biais d'un super damier de type métasurface créant des phases de coefficients de réflexion différents de  $180^\circ$ . Les travaux seront menés à partir de métasurfaces permettant de contrôler la phase de transmission d'une onde et son amplitude et qui seront complétés par un dispositif de contrôle de phase pour la réduction de SER.

Des prototypes de laboratoire seront réalisés et leurs performances en rayonnement mais aussi en SER seront mesurées dans les chambres antennes et SER (BABI) de l'ONERA afin de réaliser une preuve de concept.



Crédit: Haipeng Li Physical Review Applied 11 (2019)



Crédit: Thèse Alessandro De Oliveira

Collaborations envisagée	
<b>Laboratoire d'accueil à l'ONERA</b> Département : Electromagnétisme et Radar Lieu (centre ONERA) : TOULOUSE <b>Contact</b> : André BARKA Tél. : 0562252709 Email : andre.barka@onera.fr	<b>Directeur de thèse</b> Nom : BARKA André & KAOUACH Hamza Laboratoire : INP/ENSEEIH - LAPLACE Tél. : 0534322406 Email: andre.barka@onera.fr , hamza.kaouach@laplace.univ-tlse.fr

Pour plus d'informations : <https://www.onera.fr/rejoindre-onera/la-formation-par-la-recherche>