

## PROPOSITION DE POST-DOCTORAT

Référence : **PDOC-DEMR-2016-01**  
(à rappeler dans toute correspondance)

**Laboratoire d'accueil à l'ONERA :**

**Branche :** Physique

**Lieu (centre ONERA) :** Toulouse

**Département :** Département Electromagnétisme et Radar

**Unité :** Antennes, matériau et modélisation

**Contacts :** Jeuland H. – [Herve.Jeuland@onera.fr](mailto:Herve.Jeuland@onera.fr) – 0562252714  
Bolioli S. – [Sylvain.Bolioli@onera.fr](mailto:Sylvain.Bolioli@onera.fr) - 0562252717

**Intitulé :** Etude de métamatériaux et procédés de fabrication associés pour systèmes antennaires imprimés à très large bande de fréquences

**Mots-clés :** antennes réseaux multifonctions, métamatériau, antennes imprimées

**Contexte :**

Le nombre croissant d'antennes sur les avions, les navires et les véhicules terrestres pose des problèmes d'intégration et des coûts afférents, et de gestion des ressources qui sont de plus en plus difficiles à résoudre.

Une tendance actuelle est l'étude d'antennes multifonctions, large bande ou multi-bandes, et intégrables aux porteurs pouvant mettre en œuvre plusieurs applications, par exemple des services civils de communications (GSM, WLAN, ...) et de navigation, ou dans le domaine militaire, les fonctions radar, de communications et de guerre électronique. Ces antennes doivent également présenter des capacités de balayage du faisceau de rayonnement sur un secteur angulaire large pour couvrir l'ensemble des besoins.

Les développements les plus avancés dans ce domaine font appel à des technologies de circuits imprimés multicouches (empilement de matériaux diélectriques stratifiés) pour la réalisation des éléments rayonnants et des circuits d'alimentation. Elles permettent d'obtenir des antennes réseaux de très faible épaisseur (typiquement 1 cm).

On utilise également des structures de type métamatériau (matériau composite artificiel présentant des propriétés non observées dans les matériaux naturels), notamment au niveau des couches externes de l'antenne (radôme), destinées à accentuer certaines propriétés comme le balayage angulaire, ou au contraire, à réduire des effets parasites comme le rayonnement des ondes de fuite dans les matériaux diélectriques qui perturbent le diagramme de rayonnement. L'ONERA a ainsi contribué au projet européen METALESA, dont les résultats ont été récompensés récemment [1].

**Description du sujet :**

Dans ce contexte, des travaux de recherche sur des concepts innovants d'antennes réseaux imprimées très large bande sont menés depuis plusieurs années à l'ONERA de Toulouse. On peut citer à ce titre la thèse intitulée « Etude et conception de réseaux d'antennes imprimées à très large bande » [2]. Ces travaux ont conduit au développement d'antennes réseaux en circuits imprimés multicouches pouvant couvrir une décade (de la bande S à la bande Ku). Dans les solutions développées, les antennes réseaux sont constituées d'un arrangement périodique d'éléments rayonnants imprimés, excités par des lois d'amplitude et de phase pour focaliser le faisceau de rayonnement dans une direction donnée. Le dimensionnement de tels réseaux périodiques sur une

bande de fréquences très large (par exemple de la bande S à la bande Ku) conduit à des tailles d'éléments rayonnants très petites par rapport à la longueur d'onde aux fréquences les plus basses (typiquement inférieures au dixième de la longueur d'onde). Ces arrangements périodiques se comportent ainsi aux fréquences basses comme des structures métamatériau, dont le fonctionnement doit être bien maîtrisé afin de garantir les performances à ces fréquences.

Un premier axe de progrès est le recours à de nouveaux procédés de fabrication des circuits imprimés multicouches (techniques de microélectronique telles que dépôt sous vide, fabrication additive, ...) qui permettent d'obtenir de meilleures performances de gravure sur les matériaux diélectriques. Le choix de matériaux diélectriques à haute permittivité (de type céramique) permettrait en outre d'améliorer la compacité des circuits et pouvoir accéder à des tolérances de fabrication meilleures.

Dans la perspective d'une plus forte compacité, l'extension des concepts de réseaux périodiques, pour des applications dans des bandes de fréquences encore plus hautes, pourra ainsi être envisagée ; typiquement dans la bande Ka pour des applications de communications terrestres sans fil et de télécommunications spatiales.

Un second axe est l'apport de couches externes à base de métamatériaux pour améliorer les diagrammes de rayonnement de ces antennes réseaux imprimées.

La gestion de la thermique est également un point crucial dans la conception d'une antenne réseau imprimée. En effet, les pertes dans les matériaux diélectriques et les conducteurs des circuits constituant l'antenne imprimée et son système d'alimentation, et éventuellement la dissipation des composants actifs situés à proximité, provoquent un échauffement potentiellement significatif. Ce problème doit être abordé de manière à garantir, à travers le choix des matériaux et des composants et si nécessaire la présence d'un drain thermique, une tenue en température compatible avec les conditions d'utilisation (environnement, puissance moyenne, ...).

En outre, le niveau de puissance crête peut engendrer des phénomènes de claquage dans les matériaux induisant de forts risques de dégradation de la structure. Les faibles dimensions des éléments, associées à la technologie imprimée multicouches, accentuent ces risques qui devront être évalués de manière approfondie.

Fournitures et retombées attendues :

Le post-doctorat, envisagé sur un an, aura pour objet d'explorer ces différentes pistes en vue d'améliorer les performances des antennes réseaux imprimées très large bande. Les travaux seront basés sur les outils d'optimisation déjà existants à l'ONERA et qui pourront être améliorés. Ils incluront également la fabrication de maquettes expérimentales et leur caractérisation dans les bases de mesures de l'ONERA.

[1] "Blind Spot Mitigation in Phased Array Antenna using Metamaterials", Crépin, Martel et al., International Radar Conference, Oct. 2014, distingué par le prix "Disruptive Concept award".

[2] "Ultrawideband multilayer printed antenna arrays with wide scanning capability", Riviere, Jeuland, Bolioli et al., IEEE International Symposium on Antennas and Propagation, July 2015.

**Durée : 12 mois**

**Salaire net : environ 24 k€ annuel**

## PROFIL DU CANDIDAT

**Formation : Docteur**

**Compétences souhaitées :**

- Antennes
- Modélisation, conception, réalisation
- Capacité de publication attestée.