

## Sujet de thèse

---

### *Réflecteur versatile à métamatériaux*

---

#### **Contexte scientifique et objectifs:**

Lorsqu'on est amené à concevoir une antenne unidirectionnelle, ce qui est le cas pour beaucoup de plateformes où l'antenne doit rayonner vers l'extérieur et préserver l'intérieur de toute pollution radioélectrique, on place généralement l'antenne au dessus d'un réflecteur ou d'une cavité absorbante. La solution sur cavité absorbante est simple mais la moitié du rayonnement est perdue. Les absorbants sont lourds et ont des caractéristiques difficilement reproductibles. De plus, la cavité est dimensionnée à un quart de longueur d'onde (à la fréquence basse d'utilisation) ce qui devient un problème pour des applications basses fréquences. L'autre technique plus efficace consiste à utiliser un réflecteur composé d'un très bon conducteur électrique pour récupérer le rayonnement perdu dans la première solution. Cette technique est optimale en milieu de bande où l'on obtient un phénomène d'interférences constructives en plaçant ce réflecteur à un quart de longueur d'onde (à la fréquence centrale) de l'antenne mais de nouveau volumineuse à basses fréquences.

Il apparaît donc difficilement concevable de conjuguer efficacité de rayonnement et faible encombrement. Cependant, parmi les métamatériaux, ceux que l'on nomme conducteurs magnétiques artificiels (CMA) ou surfaces hautes impédances (SHI) [SIE 99] ont des caractéristiques remarquables. Alors qu'un conducteur métallique réfléchit les ondes et impose un déphasage de  $\pi$ , les conducteurs magnétiques n'introduisent pas de déphasage. Il devient alors possible de positionner l'antenne au plus proche de ce nouveau réflecteur. L'antenne unidirectionnelle est alors de faible épaisseur.

Cependant, ces métamatériaux présentent souvent leurs propriétés exotiques dans une bande de fréquences réduite. Cette caractéristique à bande étroite est un véritable problème, car de nombreuses applications sont et seront large bande et / ou multi-bandes. Par conséquent, il est nécessaire de concevoir des métamatériaux accordables qui pourront être reconfigurés en fonction de la fréquence. Avec une commande appropriée, le métamatériau sera réglé de manière à ce que la propriété voulue soit obtenue à la fréquence désirée pour constituer ce que nous avons défini comme un réflecteur versatile à métamatériaux.

Il existe aujourd'hui un certain nombre de travaux portant sur la reconfigurabilité des métamatériaux appelés CMA. Cependant, leurs propriétés ont été étudiées lorsqu'ils sont éclairés par une onde plane. L'innovation dans ce sujet de thèse réside dans la grande proximité entre ce réflecteur et l'antenne lorsque l'on souhaite concevoir une antenne à faible épaisseur. Il y a donc une interaction, un couplage qui devient important lorsque la distance entre le CMA et l'antenne devient très faible [BEG 10]. L'objectif de ce travail est donc aussi d'analyser ce couplage et de développer les outils d'analyse idoines [LEP12]. Le défi est de pouvoir prédire à terme en fonction du CMA utilisé les caractéristiques de l'aérien en termes de réduction de dimensions et de bande passante.

Un autre défi est de pouvoir aussi contrôler le diagramme de rayonnement en fonction de l'environnement par exemple.

Telecom ParisTech est aujourd'hui reconnue sur ce domaine de recherche et le candidat retenu bénéficiera d'un environnement où plusieurs chercheurs travaillent sur des applications connexes et ont mis en place de nombreux outils pour le dimensionnement et la caractérisation de tels matériaux.

Le planning indicatif de la thèse est le suivant :

La première année débutera par un travail de recherche bibliographique afin de collecter les éléments de théorie sur le sujet, ainsi que les résultats obtenus par les réalisations antérieures rapportées dans la presse spécialisée. On s'intéressera notamment à l'ensemble des techniques mises en œuvre pour commander ou reconfigurer un conducteur magnétique artificiel dans la perspective d'une utilisation avec une antenne large bande ou multi-bandes. La rédaction d'une synthèse bibliographique sera faite vers la fin du 4<sup>ème</sup> mois.

A l'issue de cette étude bibliographique, un certain nombre de cas test sera choisi en liaison avec les problématiques associées aux antennes directives large bande ou multi-bandes.

Chaque étape du travail se soldera par une réalisation et une validation expérimentale.

La seconde année sera consacrée à l'optimisation d'une ou deux solutions étudiées dans la seconde partie de la première année.

La troisième sera consacrée à la caractérisation de CMA actif. On peut citer notamment : calcul de la dynamique de reconfiguration, étude technologique de la mise en œuvre et réalisation et mesure d'une maquette. Cette dernière année se terminera par la rédaction du rapport de thèse.

### **Références :**

[SIE 99] Sievenpiper D. F., High-Impedance Electromagnetic Surfaces, Thèse de l'Université de Californie Los Angeles, USA, 1999.

[BEG 10] Begaud X., Antennes large bande et conducteurs magnétiques artificiels, Chap. 9, Antennes Non-Standards, Hermes Sciences, Novembre 2010.

[LEP 12] Lepage A.C., Sarrazin J., Begaud X., Wideband directive antennas with High Impedance Surfaces, Chap.3, Microwave and Millimeter Wave Circuits and Systems: Emerging Design, Technologies and Applications, Wiley, November 2012.

### **Connaissances requises :**

L'étudiant devra avoir de bonnes connaissances en électromagnétisme et de préférence connaître les outils de simulation électromagnétique (ADS, Microwave Studio ...), ainsi que les techniques de mesures hyperfréquences.

### **Pour candidater : envoyer un CV, une lettre de motivation et lettres de recommandations à :**

**Anne-Claire Lepage** Tél. : 01 45 81 81 23, [Anne-Claire.Lepage@telecom-paristech.fr](mailto:Anne-Claire.Lepage@telecom-paristech.fr)

**Xavier Begaud** Tél. : 01 45 81 76 26, [Xavier.Begaud@telecom-paristech.fr](mailto:Xavier.Begaud@telecom-paristech.fr)