

PhD position proposal

Analysis and design of compact antennas in cavities for multi-band applications

Host laboratories

- Institut d'Electronique et de Télécommunications de Rennes
IETR - UMR CNRS 6164
Département Antennes & Dispositifs
Hyperfréquences
Equipe Systèmes Rayonnants Complexes
Université de Rennes 1

Campus de Beaulieu, Bâtiment 11 D
35042 Rennes Cedex

www.ietr.fr



- Institut Franco-Allemand de Recherches de Saint-Louis
5, rue du Général Cassagnou

BP 70034

68301 Saint Louis Cedex, FRANCE



www.isl.eu

PhD supervisors

Ronan Sauleau (IETR)
Kouroch Mahdjoubi (IETR)

ronan.sauleau@univ-rennes1.fr
kouroch.mahdjoubi@univ-rennes1.fr

assisted by

Loïc Bernard (ISL)
Sylvain Collardey (IETR)

loic.bernard@isl.eu
sylvain.collardey@univ-rennes1.fr

Context

Metamaterials are a promising research topic in various domains, and in particular in electromagnetism for circuit applications (filters, phase-shifters, etc.) or for radiation applications (antennas, diffraction, cloaking). They are engineered materials, constituted of periodic electrically-small elements and offering, in specific frequency bands, unusual properties, which are different from the ones of natural materials. Metamaterials offer many benefits, like antenna miniaturisation, bandwidth enhancement or reduction of mutual coupling in antenna arrays.

Integrating an antenna onto a specific platform (UAV or projectile) of small size requires its miniaturization and often its placement in a metallic cavity. The main consequence is the reduction of the antenna bandwidth, whereas the communication systems need more and more bandwidths.

Metamaterials are an extremely attractive solution for bandwidth enhancement of small antennas. Nevertheless, the structures designed up to now are relatively large or bulky and considered in an open environment, namely with no metallic walls placed on the antenna lateral sides, as in the case of cavity antennas.

Proposed works

The present project aims to investigate antennas in cavities with multiple resonances, in order to design wideband or multiband compact antennas to be integrated into various platforms; The typical applications are the two GNSS bands (GPS L1+L2 or Galileo E1+E5), or two telemetry bands (2.3 GHz + 5.2 GHz), and even simultaneously of one data link and of one GNSS reception.

We propose in a first step to investigate and define the types of metamaterials and / or structures, enabling multi resonances with reduced lateral dimensions. This study implies the characterization of the selected metamaterials.

Second, the analysis of the modes in cavities will be done, and prototypes will be designed and experimentally characterized.

The metamaterials in cavity will then be associated to radiating elements, and integrated into platforms existing at ISL, in order to be characterized under real conditions. These designs will be based on planar profiles as well as conformal profiles of small dimensions.

The possibilities offered will be further investigated depending on the achievements, and could be extended to other applications (antenna arrays among others).

This thesis will be performed both at the Institute of Electronics and Telecommunications of Rennes, in Bretagne (IETR, F-35) and at the French German Research Institute of Saint-Louis (ISL, F-68), close to the German and Swiss borders.

To apply: send a CV + recommendation letters + marks obtained over the last three years + motivation letter

Please note that the candidate has to be a national of the European Community (French Ministry of Defence constraint).

Key-words

Electromagnetism, metamaterial, compact antennas, cavity, telecommmunications.

Titre de la thèse

Etude et réalisation d'antennes compactes en cavités multi-bandes

Laboratoires d'accueil

- Institut d'Electronique et de Télécommunications de Rennes
IETR - UMR CNRS 6164
Département Antennes & Dispositifs
Hyperfréquences
Equipe Systèmes Rayonnants Complexes
Université de Rennes 1

Campus de Beaulieu, Bâtiment 11 D
35042 Rennes Cedex

www.ietr.fr



- Institut Franco-Allemand de Recherches de Saint-Louis
5, rue du Général Cassagnou

BP 70034

68301 Saint Louis Cedex, FRANCE



www.isl.eu

Directeur de thèse

Ronan Sauleau (IETR)
Kouroch Mahdjoubi (IETR)

ronan.sauleau@univ-rennes1.fr
kouroch.mahdjoubi@univ-rennes1.fr

Co-encadrant

Loïc Bernard (ISL)
Sylvain Collardey (IETR)

loic.bernard@isl.eu
sylvain.collardey@univ-rennes1.fr

Contexte

Les métamatériaux constituent une thématique de recherche prometteuse dans différents domaines, dont en particulier l'électromagnétisme, que ce soit pour des applications circuits (filtres, déphaseurs, etc.) ou pour des applications de rayonnement (antennes, diffraction, furtivité). Il s'agit de matériaux constitués d'éléments périodiques de petites tailles (par rapport à la longueur d'onde) et apportant, dans des bandes de fréquence spécifiques, des propriétés particulières différentes de celles des matériaux naturels. Parmi les bénéfices potentiels de ces structures, citons par exemple la miniaturisation des antennes, l'élargissement de leur bande passante ou la réduction du couplage inter-élément au sein d'un réseau.

L'intégration d'une antenne sur un porteur spécifique (drone ou projectile typiquement) de petites dimensions nécessite sa miniaturisation et souvent sa mise en cavité. L'inconvénient majeur accompagnant cette réduction de taille est la réduction de la bande passante de l'antenne. Or, les systèmes de communications actuels requièrent une bande passante de plus en plus large.

Les métamatériaux apparaissent donc comme une réponse possible à l'augmentation de la bande passante des antennes de petite taille. Cependant, les structures développées jusqu'à présent sont de relatives grandes dimensions et considérées dans un environnement ouvert, c'est-à-dire qu'elles ne sont pas terminées par des parois latérales métalliques, comme pour le cas d'antennes

intégrées en cavité. Or la présence des parois métalliques d'une cavité modifie les conditions de résonance du métamatériau, et ce d'autant plus que les dimensions de la cavité sont réduites.

Les instrumentations à bord de divers porteurs nécessitent l'utilisation d'antennes en cavité, souvent de petites tailles. Les limitations de ces petites antennes ont été étudiées, et des solutions ont été proposées par le biais de métamatériaux au cours d'une précédente thèse (co-financement ISL Région Bretagne : 2011-2014). Lors de cette précédente étude, l'amélioration des performances (augmentation de la bande passante et/ou réduction des dimensions totales) a déjà été démontrée pour des antennes à résonance simple.

Travail de thèse proposé

L'objet de la présente étude est de s'intéresser aux antennes en cavité à résonance multiples afin de mettre au point des antennes compactes intégrables large-bande ou multi-bande ; les applications visées sont par exemple, l'élargissement de la bande passante d'une petite antenne, l'utilisation de deux bandes GNSS (GPS L1+L2, ou Galileo E1+E5) ou de 2 bandes de télémétrie (2.3 GHz+5.2 GHz), voire conjointement d'une liaison de donnée et d'une réception GNSS.

Nous proposons donc, dans un premier temps, d'étudier et de définir les types de métamatériaux adaptés à un fonctionnement multi-résonance avec des dimensions latérales réduites. Cette étude passera par la caractérisation des métamatériaux considérés.

Dans un second temps, l'analyse des modes de fonctionnement de métamatériaux en cavité sera menée et des métamatériaux adaptés seront développés, puis caractérisés expérimentalement.

Les métamatériaux en cavité seront ensuite associés à des éléments rayonnants, puis intégrés sur des porteurs développés à l'ISL afin de les caractériser en environnements réels. Cette conception se basera sur des profils planaires mais aussi conformés de dimensions réduites.

Les possibilités offertes par les métamatériaux en cavité seront par ailleurs étudiées en fonction des résultats précédents et pourront être étendues à d'autres applications (réseaux d'antennes notamment).

Cette étude se déroulera dans un premier temps à l'IETR (Rennes F-35) puis à l'ISL (Saint-Louis F-68). Des séjours dans le laboratoire partenaire (durée : de 1 à 3 mois environ selon l'avancement des travaux) ponctueront les années de recherches.

Conditions d'accessibilité

Le ou la candidat(e) devra remplir les conditions suivantes pour postuler à une bourse DGA :

- être ressortissants de l'union européenne ou de la Suisse,
- être titulaire d'un MASTER2 Recherche (ou équivalence) ou inscrit(e) l'année de la demande de bourse,
- être âgé de moins de 27 ans le 01/10/2016.

Par ailleurs, une solide formation en micro-ondes, antennes et électromagnétisme sera appréciée. Une bonne maîtrise de la langue anglaise est souhaitée.

Mots-clefs

Electromagnétisme, métamatériaux, antennes compactes, cavité, télécommunications