



## L'ÉLECTROMAGNÉTISME, 150-1 UNE SCIENCE EN PLEINE ACTION !

### Conception et caractérisation d'antennes à métamatériaux sur textiles

---

*Mohamad Mantash, Anne-Claude Tarot, Sylvain Collardey et Kouroch Mahdjoubi*

*Institut d'Electronique et Télécommunications de Rennes, Université de Rennes 1, Campus de Beaulieu, 35042 Rennes, mohamad.mantash@univ-rennes1.fr*

---

Mots-clefs : Antennes, Conducteur Magnétique Artificiel, Métamatériaux, Surfaces haute impédance.

---

#### Résumé

Ce travail décrit l'étude faite sur la conception et la caractérisation d'antennes à métamatériaux sur textiles afin de répondre au cahier des charges du projet ANR / VERSO METAVEST (METAmatériaux pour VESTements intelligents). Tout d'abord, nous avons étudié séparément une structure CMA (Conducteur Magnétique Artificielle) double bande (géométrie double hexagone) utilisée pour des applications Wifi et 4G/LTE. Ensuite, la structure Conducteur Magnétique Artificielle a été associée à une antenne double bande. Nous présentons également des résultats de mesures (coefficients de réflexion, gains et diagrammes de rayonnements).

#### Introduction

Dans le domaine des systèmes de communications sans fil, grâce aux progrès récents effectués dans la conception des réseaux intelligents [1] et dans les techniques de miniaturisation des objets communicants, les réseaux sans fil de proximité (WPAN) ou centrés sur la personne (WBAN) concentrent aujourd'hui toutes les attentions grâce au large éventail d'applications qu'ils permettent. Les capteurs sur la personne sont déjà largement répandus : on trouve ainsi des capteurs intégrés aux textiles avec la notion de vêtements intelligents qui peuvent véhiculer toute sorte d'informations (communications, localisation, diffusion, RFID, surveillance de paramètres physiologiques vitaux, gestion de situations d'urgence). Les applications visées sont diverses et variées, aussi bien militaires que civiles.

Ces systèmes présentent des éléments rayonnants de façon à assurer des communications sans fil. Pour cela, il est nécessaire de caractériser les antennes en présence du corps humain mais aussi d'en limiter l'interaction avec les tissus biologiques. Beaucoup de contraintes sont également à prendre en compte comme l'encombrement réduit (faible épaisseur), la flexibilité mais aussi le faible coût de l'antenne. Pour résoudre ces différents problèmes comme l'interaction ondes–corps humain, nous avons choisi d'associer aux antennes des structures CMA 2D.

Ce papier est composé de deux parties. Tout d'abord, une étude complète d'un matériau CMA double bande utilisé pour des applications Wifi et 4G/LTE a été abordé, cette étude présente la phase en fonction de la fréquence. Une fois le matériau CMA caractérisé, il sera ensuite associé à une antenne double bande pour lesquelles les coefficients de réflexion, les gains et les diagrammes de rayonnements seront présentés.

#### 1. Les surfaces à haute impédance (SHI)

##### 1.1. Géométrie étudiée

La cellule SHI utilisée dans notre travail, présentée sur la Figure 1, est basée sur une structure double hexagone et utilisée pour les applications Wifi (WLAN et WBAN) et 4G/LTE. Elle a été choisie à cause de sa caractéristique double bande pouvant couvrir les deux fréquences 2,5GHz et 5,5GHz. L'hexagone intérieur de la structure définit la résonance supérieure tandis que la boucle externe est responsable de la première fréquence de résonance. Ces deux fréquences de résonance sont obtenues en contrôlant les longueurs des lignes métalliques Hex\_out et Hex\_in.

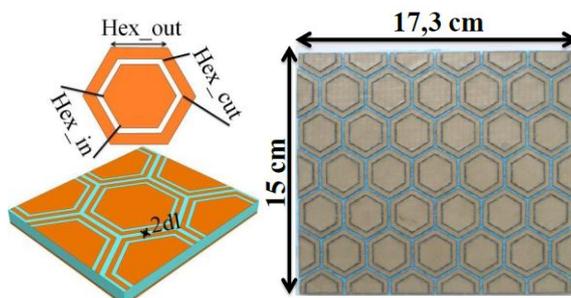


Figure 1. Schéma de la SHI et structure à CMA planaire étudiée

La feutrine ayant les caractéristiques suivantes [3] :  $\epsilon_r = 1,22$  et  $\tan\delta = 0,016$  et  $h = 2$  mm a été utilisée comme substrat et l'électro-textile de type Shieldit comme conducteur. La structure CMA, constituée de 3x3 cellules unitaires de SHI, est placée sur un substrat réalisé en combinant deux substrats de type feutrine (figure 2). L'épaisseur finale du substrat est égal à 4mm.

### 1.2. Phase du coefficient de réflexion

La Figure 2 présente les phases du coefficient de réflexion obtenues en simulation et en mesure. La bande passante mesurée est de 285 MHz à 2,513 GHz (soit 11,34%) alors que la bande passante simulée est de 300 MHz à 2,55 GHz (11,76%). Quant à la phase du coefficient de réflexion de la bande de fréquence haute (Figure IV-40-b), la bande passante mesurée autour de 5,35 GHz est de 1,13 GHz (21,12%) alors que celle simulée à 5,5 GHz présente une bande passante de 1 GHz (18,18%).

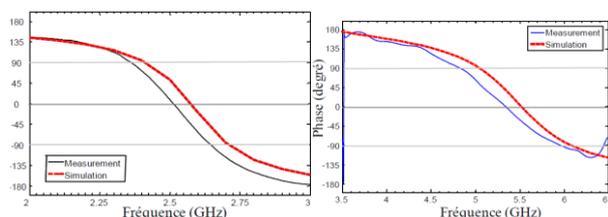


Figure 2. Phase du S11 mesuré et simulé du CMA hexagonal.

D'après les résultats obtenus, les mesures sont en bon accord avec les simulations pour les deux bandes de fréquences.

## 2. Structure Antenne-CMA

Une fois la surface CMA optimisée (dimensions :  $87 \times 77 \text{ mm}^2$ ), on propose d'étudier la modification des performances d'une antenne quand elle est posée sur la surface.

L'antenne textile proposée est un monopole en forme de la lettre G dupliqué autour de son axe de symétrie (ligne CPW). Cette structure symétrique permet d'obtenir un comportement bi-bande. Les deux fréquences de résonance sont obtenues en contrôlant les longueurs des brins.

Cette antenne est réalisée sur le même substrat que la structure CMA double hexagone mais avec une épaisseur égale à 2mm.



Figure 3. Prototype de l'antenne double G sans et avec une structure CMA.

Sur la figure 4, les coefficients de réflexion mesurés de l'antenne double G sans et avec la structure CMA double hexagonale sont comparés.

Pour l'ensemble antenne-CMA, Nous avons deux bandes passantes :

- à 2,5 GHz l'ensemble couvre 600 MHz de bande passante [2,34 GHz-2,94 GHz].
- à 5,5 GHz l'ensemble couvre 1660 MHz de bande passante [4,24 GHz-5,9 GHz]

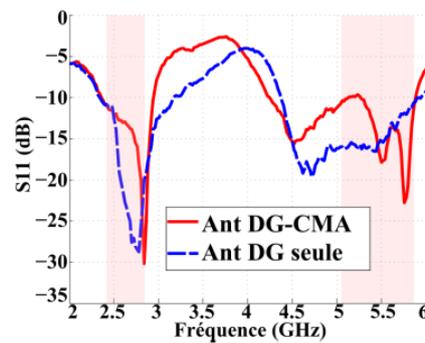


Figure 4. S11 mesuré de l'antenne textile double G avec et sans CMA.

Les résultats obtenus pour cette structure rayonnante sont en bon accord et mettent bien en évidence le comportement double bande pour les applications Wifi. Les gains mesurés de l'antenne avec et sans CMA sont représentés sur la Figure 5. On note une augmentation importante du gain réalisé dans les deux bandes de fréquences Wifi (de 4 dB à 2,5 GHz et de 3 dB à 5 GHz). Une optimisation de l'élément rayonnant ou du CMA doit permettre de compenser le décalage observé pour la bande supérieure.

Afin de vérifier que l'utilisation d'une surface réflectrice double hexagonale réduit le rayonnement arrière émis par l'antenne seule, une mesure des diagrammes de rayonnement dans le plan E et le plan H a été réalisée, à la fréquence de 2,7 GHz. Les résultats sont représentés sur la Figure 6.

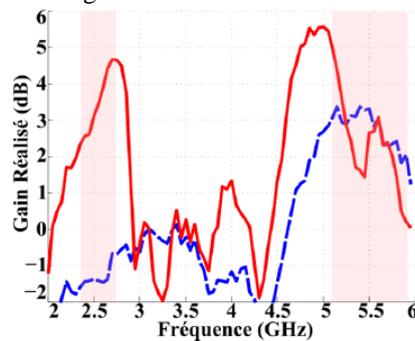


Figure 5. Gain réalisé mesuré de l'antenne textile double G avec et sans CMA.

Le diagramme de rayonnement de l'antenne seule dans le plan E et H montre un diagramme identique à celui d'une antenne monopôle (en espace libre). Le diagramme de rayonnement de l'antenne placée sur la surface CMA dans le plan H montre que le rayonnement arrière est réduit de 10 dB.

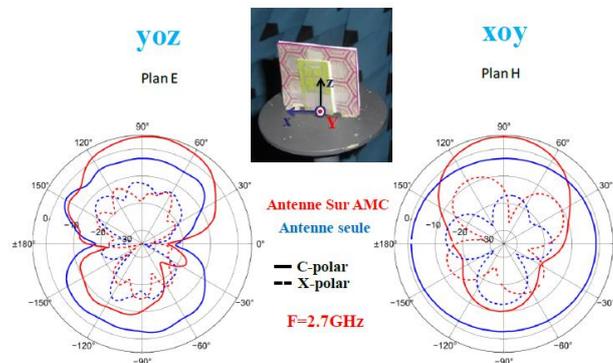


Figure 6. Diagramme de rayonnement mesuré de l'antenne G dans les deux plans E et H.

### 3. Conclusion

Dans un premier temps, une structure CMA planaire double bande (2,5GHz et 5,5GHz) composée de 3x3 cellules double hexagonale a été conçue, puis associée à une antenne textile double bande. Le coefficient de réflexion, le gain et les diagrammes de rayonnements ont été étudiés et les résultats de mesure montrent que le gain de l'antenne augmente d'au moins 3dB lorsque l'antenne est posée sur la structure CMA. Enfin, d'après les résultats obtenus, on a montré que la structure "antenne Double G-CMA double hexagone" répond à tous les critères imposés par le projet METAVEST, qui exige la couverture des bandes de Wifi et 4G/LTE tout en protégeant le corps humains.

### Références bibliographiques

- 1- S. Zhu and R. Langley, "Dual-Band Wearable Textile Antenna on an EBG Substrate," IEEE Transactions on Antennas and Propagation, vol.57, no.4, pp.926-935, April 2009.
- 2- M. Mantash, A.-C. Tarot, S. Collardey, and K. Mahdjoubi, "Investigation of Flexible Textile Antennas and AMC Reflectors," International Journal of Antennas and Propagation, vol. 2012, 10 pages, 2012.