



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

Titre : Antenne « Sabre » à base de métamatériaux

Title: Metamaterial-based « Sabre » antenna

Habiba Hafdallah Ouslimani*, Tangjie Yuan* et Alain C. Priou*

*LEME –EA 4416, Université Paris Ouest Nanterre La Défense, 50 rue de Sèvres, Ville d'Avray, F-92410
{Habiba.ouslimani@u-paris10.fr}, {tangjie.yuan@u-paris10.fr}, {alain.priou@u-paris10.fr}

Résumé

L'antenne « sabre » est une antenne réseau formée de deux monopôles à polarisation verticale et rayonnement omnidirectionnel, placées de part et d'autre d'un matériau composite sur la dérive d'un avion. L'antenne monopôle compacte utilise une structure métamatériau comme plan réflecteur en phase. La surface métamatériau qui est formée d'une double-couche de surface haute impédance (SHI) permet d'abaisser la fréquence de travail d'un facteur 1.8 par rapport à une SHI simple-couche (de type de celle de Sivenpiper) pour la même hauteur; ici $h=\lambda_0/40$. La métasurface réfléchit en phase les ondes électromagnétiques (EM) incidentes et forme ainsi un conducteur magnétique parfait (CMP) sur une large bande de fréquence (supérieure à 24%) autour de 1,4 GHz. La cellule élémentaire de la SHI un patch carré métallique relié en son centre par un via au plan de masse. Un très bon accord est observé entre les mesures faites sur la structure antennaire conçue et les simulations numériques.

Mots clés : métamatériau, antenne monopole, antenne « Sabre », large-bande.

Key words: metamaterial, monopole antenna, "Sabre" antenna, broadband

Introduction

Les aéronefs et tous les porteurs en général sont munis de structures antennaires et/ou fonctions radars permettant de favoriser les télécommunications au sol ou par liaison satellite (VHF, HF, SATCOM) en plus des dispositifs de navigation (ILS, MLS, DME, GPS, VOR, Radioaltimètre) et de surveillance (ATC, TICAS). Une intégration effective de ces systèmes antennaires n'est rendue possible qu'à condition de disposer de matériaux performants, compacts, compatibles avec les technologies composites et suffisamment flexibles, intelligents, configurables voire reconfigurables pour pouvoir s'adapter à la structure du (des) porteur (s) en des endroits bien précis. A l'heure actuelle, il existe une course mondiale à la réduction du nombre des structures antennaires à bord, à la réduction de leurs dimensions et à leur intégration dans des endroits plans, courbes et déformables.

Nous présentons la conception, l'optimisation et la caractérisation d'une antenne miniaturisée basée sur les métamatériaux. Plus encore, un réseau de deux antennes identiques placées de part et d'autre de la dérive d'avion forme une antenne de « type sabre ». L'antenne sabre a été caractérisée et présente une large bande passante ~24,4% et un gain maximum 8 dB à la fréquence centrale.

1. Métamatériaux

La structure métamatériau (Fig. 1) est une surface haute impédance de type « Mushroom » [1-2] avec des patches carrés avec vias métallisés les reliant à la masse. L'emploi de deux couches de cellules élémentaires permet non seulement de réduire les dimensions de l'antenne mais également d'élargir la bande passante à 24%. Le substrat diélectrique est le Rogers RT/Duroid® RT5880 LZ ayant une constante diélectrique 1,96 et une tangente de pertes de 0,0019 avec une épaisseur de 1,27 mm.

2. Antenne monopôle

La figure 2a montre le prototype d'antenne monopôle basée sur une structure métamatériau « Mushroom » double couche. La figure 2b montre le coefficient de réflexion mesuré et simulé. On observe un excellent accord entre la mesure et les résultats de la simulation numérique. La figure 2c montre le dispositif de mesure en chambre anéchoïque de SATIMO (arche StarLab) ainsi que la configuration de mesure. À la fréquence 1,35 GHz, l'antenne a un gain expérimental maximum d'environ 5 dB à $\theta = 0^\circ$ et 8,5 dB à $\theta = 30^\circ$. La figure 2d montre le diagramme de rayonnement 3D à la fréquence $f=1,4$ GHz.

3. Antenne « sabre »

La figure 3 montre le principe de l'antenne « sabre » formée de deux antennes monopôles mis en réseau sur la dérive d'un avion. La figure 4 montre la structure antennaire « sabre » modélisée sur CST et le résultat du coefficient de réflexion S11(dB). L'antenne sabre possède une bande passante large conformément à celles des antennes élémentaires. La configuration « sabre » permet d'obtenir un diagramme omnidirectionnel dans le plan H comme le montre la figure 5. Le tracé a été obtenu pour les fréquences appartenant à la bande passante de l'antenne allant de $f=1,215$ GHz, 1,35 GHz et 1,45 GHz à $f=1,545$ GHz.

Pour certaines fréquences, le rayonnement est plutôt directif avec un fort gain ; jusqu'à 8 dB. L'antenne est cependant omnidirectionnelle à certaines fréquences (Fig. 5).

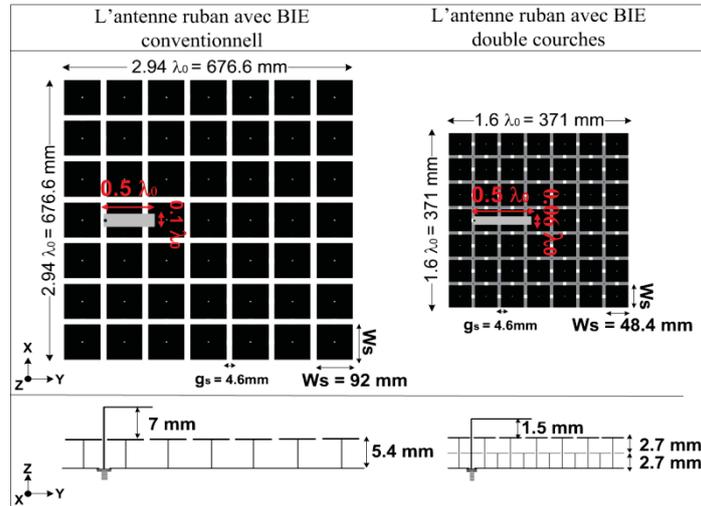


Fig. 1 : Structures métamatériaux simple-couche et double-couche de cellules élémentaires (patch carré avec via)

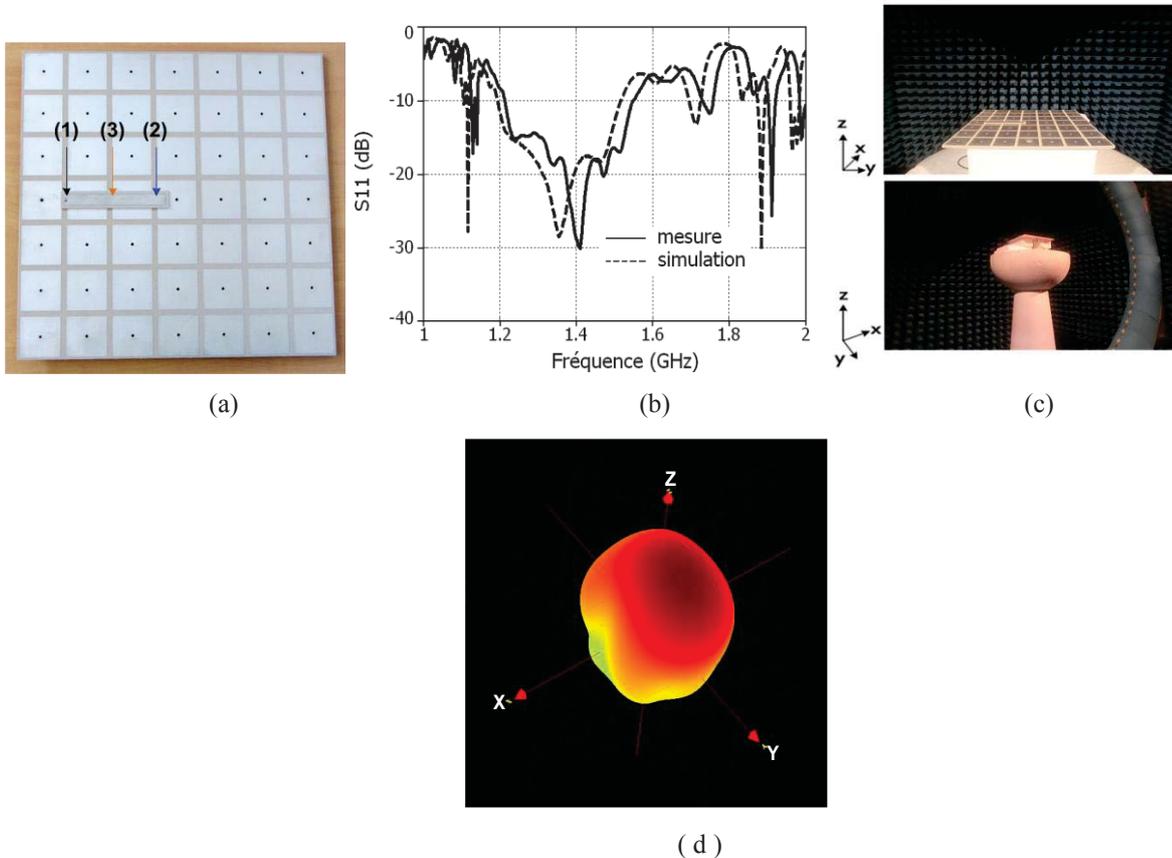


Fig. 2 : (a) Prototype de l'antenne monopole métamatériau, (b) Coefficient de réflexion de l'antenne monopôle (mesure et simulation), (c) Caractérisation dans la chambre anéchoïque et (d) Diagramme de rayonnement mesuré.

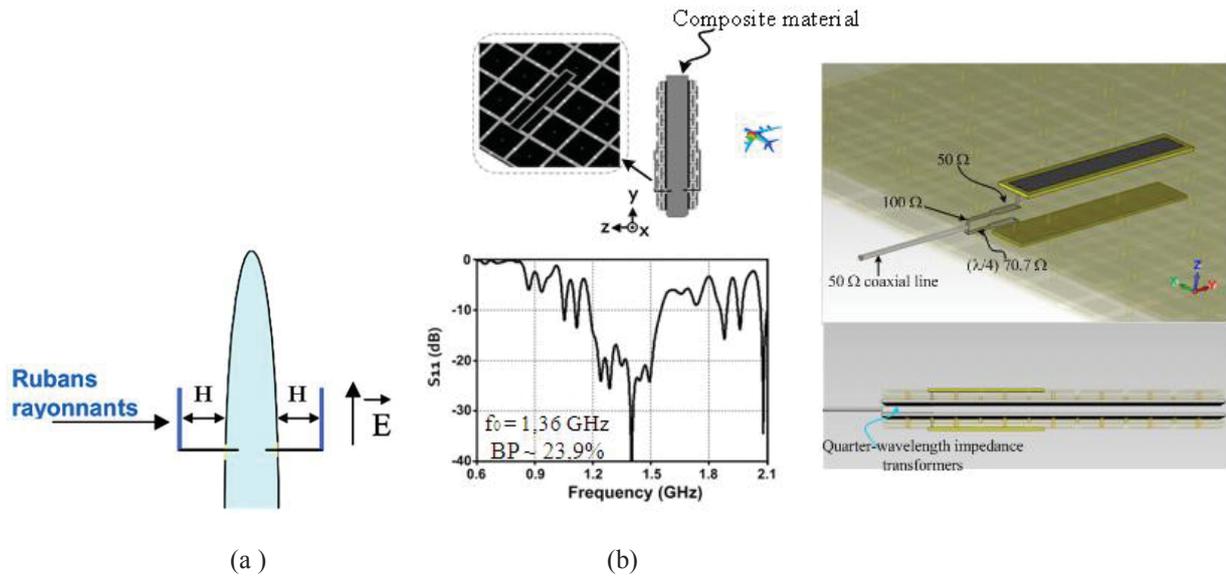


Fig. 3 : (a) Antenne type « Sabre » formée de deux antennes monopoles à base de métamatériaux double-couche (Polarisation verticale, Rayonnement Omnidirectionnel) et (b) Antenne « sabre » et son système d'alimentation. Résultat du coefficient de réflexion obtenu par la simulation numérique

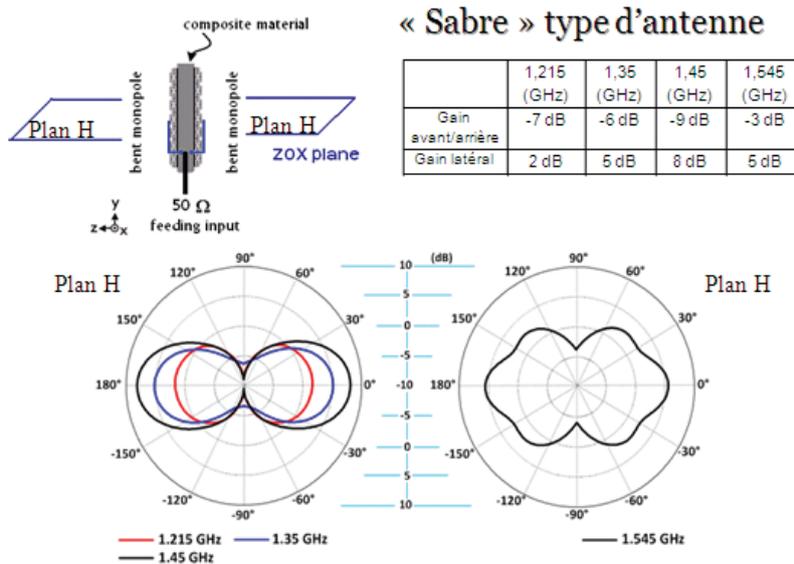


Fig. 4 : Diagrammes de rayonnement de l'antenne « sabre » dans le plan H pour différentes fréquences.

Conclusion

Cette étude montre l'intérêt des métamatériaux pour la miniaturisation des antennes. L'avantage de la double couche de surface haute impédance (de type « Mushroom ») permet d'abaisser la fréquence de travail d'un facteur 1,8 par rapport à une structure simple couche, pour la même hauteur de substrat diélectrique. L'antenne monopôle fonctionne autour de 1,4 GHz avec une bande passante meilleure que 24%. L'antenne sabre conserve la même bande passante mais son rayonnement semble plutôt directionnel avec un gain meilleur que 8 dB.

Références bibliographiques

1- D. F. Sievenpiper, "High-Impedance Electromagnetic Surfaces", Ph.D. dissertation at University of California, Los Angeles, 1999.

2- D. Sievenpiper, J. Colburn, B. Fong, M. Ganz, M. Gyure, J. Lynch, J. Ottusch, J. Visher, "Artificial Impedance Surface", U.S. Patent 7830310, Issued November 9, 2010.