

**Réflecteur multibande à métamatériaux**  
*Multiband metamaterial reflector*

Rafael Gonçalves Licursi de Mello<sup>1</sup>, Anne Claire Lepage<sup>2</sup>, Xavier Begaud<sup>3</sup>

<sup>1</sup>LTCI, Télécom Paris, Institut Polytechnique de Paris, Palaiseau, rafael.licursi@ieee.org

<sup>2</sup>LTCI, Télécom Paris, Institut Polytechnique de Paris, Palaiseau, anne-claire.lepage@telecom-paris.fr

<sup>3</sup>LTCI, Télécom Paris, Institut Polytechnique de Paris, Palaiseau, xavier.begaud@telecom-paris.fr

Mots clés : métamatériaux, métasurface, conducteur magnétique artificiel, multibande, 5G.

Keywords: metamaterials, metasurface, artificial magnetic conductor, multiband, 5G.

**Résumé/Abstract**

Dans ce travail, nous présentons la conception d'un conducteur magnétique artificiel (CMA) tri-bande comme réflecteur quadri-bande pour la 5G, la 4G, le Wi-Fi et les communications en bande X. Pour démontrer l'intérêt de ce réflecteur, nous le plaçons au-dessous d'une spirale d'Archimède à une distance proche d'un quart de la longueur d'onde dans la bande X, ce qui implique une distance électrique plus petite pour la 5G, la 4G et le Wi-Fi. Une amélioration du gain réalisé dans la direction « broadside » est obtenue dans toutes les bandes par rapport au cas de la spirale seule, avec des diagrammes stables et un encombrement de  $0.1 \lambda_l$ , où  $\lambda_l$  est la longueur d'onde à 2.4 GHz.

In this work, we present the design of a tri-band artificial magnetic conductor (AMC) as a quad-band reflector for the 5G, 4G, Wi-Fi and X-band communications. To show the interest of the solution, the AMC is placed under an Archimedean spiral at a distance close to a quarter-wavelength in the X band, which implies a smaller electrical distance for the 5G, 4G, and Wi-Fi. Compared to the spiral alone, an improvement in the broadside realized gain is obtained in all bands, with stable diagrams and a profile of  $0.1 \lambda_l$ , where  $\lambda_l$  is the wavelength at 2.4 GHz.

**1 Introduction**

La multiplicité des standards de communications, avec notamment l'arrivée du Wi-Fi 6E et de la cinquième génération (5G) des réseaux mobiles, nécessite des antennes toujours plus performantes capables de fonctionner sur toutes les bandes de fréquences requises. Pour obtenir des diagrammes stables, unidirectionnels et à gain élevé, une approche consiste à dédier à chaque bande une antenne placée à la bonne distance d'un réflecteur commun, ce qui ne contribue pas à la compacité du dispositif [1]. Une autre possibilité est l'utilisation d'une source à large bande située au-dessus d'un réflecteur multibande [2]. Ce travail présente la conception d'un conducteur magnétique artificiel (CMA) tri-bande comme réflecteur quadri-bande pour la 5G (3.4–3.8 GHz), la 4G (2.5–2.7 GHz), le Wi-Fi (2.4–2.5 GHz, 5.17–5.83 GHz, 5.93–6.45 GHz) et la communication en bande X (8.0–12.0 GHz).

**2 Principe de fonctionnement et description de la cellule**

Nous utilisons pour le CMA une cellule à trois fentes carrées (Figure 1). Cette cellule est conçue pour obtenir le comportement d'un conducteur magnétique parfait (CMP) dans trois fréquences proches les unes des autres, où se produisent des résonances avec une phase du coefficient de réflexion  $\varphi_r = 0^\circ$ . Loin des résonances,  $\varphi_r$  passe asymptotiquement à  $\pm 180^\circ$  et un comportement proche du conducteur électrique parfait (CEP) est alors obtenu. Il a été montré en [3] que les ondes réfléchies contribuent au rayonnement dans la direction « broadside » quand  $-120^\circ < \varphi_t < +120^\circ$ , où  $\varphi_t = \varphi_r + \varphi_p$  est la différence de phase entre les ondes de la source et celles réfléchies

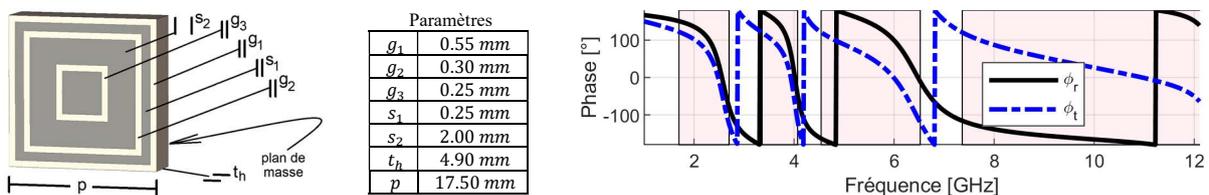


Figure 1. Cellule simulée et diagrammes de phase de réflexion  $\varphi_r$  et différence de phase  $\varphi_t$ .

par le réflecteur dans la direction « broadside »,  $\varphi_p = -2kh$  est liée à l'aller-retour de l'onde entre source et réflecteur (qui sont séparés d'une distance  $h$ ) et  $k$  est le nombre d'onde. Nous plaçons le CMA au-dessous d'une source large bande à une distance proche d'un quart de la longueur d'onde dans la bande la plus élevée, ce qui implique une distance électrique plus petite pour les trois bandes inférieures. La Figure 1 montre la phase de réflexion  $\varphi_r$  sur la cellule et la différence de phase  $\varphi_t$  dans un plan de référence  $h = 7 \text{ mm}$ , calculée avec le solveur Transient de CST Microwave Studio pour une structure infinie (une cellule avec des conditions aux limites PEC et PMC [4]). Le substrat possède une permittivité  $\varepsilon_r = 2.34$  et une tangente de pertes  $\tan \delta = 0.0013$ . Les régions où  $-120^\circ < \varphi_t < +120^\circ$  sont colorées et comprennent les quatre bandes d'intérêt.

### 3 Description de la structure complète et résultats

Pour valider l'intérêt du réflecteur, une spirale d'Archimède qui couvre toutes les bandes ciblées est utilisée comme source. La spirale a une largeur de piste de  $0.6 \text{ mm}$  et un nombre total de 10 tours, entraînant un diamètre de  $48 \text{ mm}$ . Elle est imprimée sur un substrat de  $60 \times 60 \text{ mm}^2$ , épaisseur  $0.762 \text{ mm}$ , permittivité  $\varepsilon_r = 2.20$  et tangente de pertes  $\tan \delta = 0.0009$ . Le CMA final est composé de  $7 \times 8$  cellules et se situe à  $h = 7 \text{ mm}$  au-dessous de la spirale. L'encombrement de la structure est de  $11.9 \text{ mm} = 0.1 \lambda_l$ , où  $\lambda_l$  est la longueur d'onde à  $2.4 \text{ GHz}$ . La Figure 2 montre l'ensemble et les résultats calculés avec le solveur Transient de CST Microwave Studio avec un port discret d'impédance de référence  $Z_{ref} = 151 \Omega$ . Les régions colorées indiquent les bandes d'intérêt.

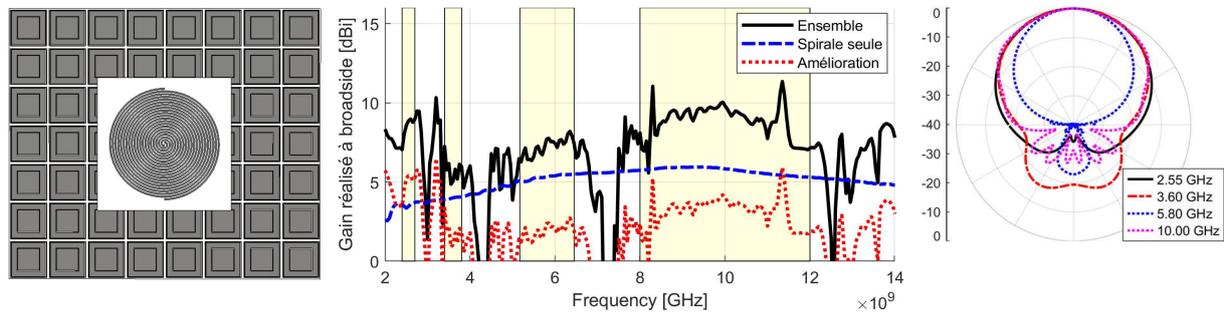


Figure 2. Ensemble AMC plus spirale d'Archimède et les résultats simulés.

Nous voyons que dans la première bande (2.4–2.7 GHz) le gain réalisé à « broadside » est amélioré de  $5 \text{ dB}$  par rapport au résultat de la spirale seule. Dans la deuxième (3.4–3.8 GHz) et troisième (5.17–6.45 GHz) bandes, l'amélioration est aux alentours de  $2 \text{ dB}$ . Dans la quatrième bande (8.0–12.0 GHz), elle est d'environ  $3.5 \text{ dB}$ . La Figure 2 montre aussi les diagrammes de rayonnement pour l'un des plans principaux aux fréquences centrales de chaque bande. Nous voyons que les diagrammes restent stables et unidirectionnels. Une analyse détaillée montre qu'il en est de même pour toutes les fréquences de fonctionnement et aussi dans l'autre plan principal.

### 4 Conclusion

Nous avons présenté la conception d'un CMA tri-bande utilisé comme réflecteur quadri-bande pour obtenir des diagrammes stables, unidirectionnels et à gain élevé et couvrir les standards 4G/5G, Wi-Fi 2.4/5/6E et la bande X. Pour démontrer l'intérêt de la solution, une antenne spirale d'Archimède a été utilisée comme source. Cette utilisation particulière du CMA fournit une amélioration du gain réalisé dans la direction « broadside » dans toutes les bandes de fréquences ciblées par rapport au cas de la spirale seule, avec des diagrammes stables et un encombrement de  $0.1 \lambda_l$ .

### 5 Remerciements

Ce travail a eu le soutien du Conseil National pour le Développement Scientifique et Technologique – Brésil.

### Références bibliographiques

- [1] X. Zhu, J. Zhang, T. Cui and Z. Zheng, "A dielectric-loaded dual-broadband printed dipole antenna with stable radiation pattern in the H-plane," in *IEEE Ant. Wireless Prop. Let.*, v. 18, no. 9, pp. 1761–1765, Sept. 2019.
- [2] H. H. Tran and I. Park, "A dual-wideband circularly polarized antenna using an artificial magnetic conductor," in *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, v. 15, pp. 950–953, 2016.
- [3] C. Djoma, M. Jousset, A. C. Lepage, S. Malléol, C. Renard and X. Begaud, "Maximal bandwidth of an archimedean spiral antenna above a reflector," in *IEEE Ant. Wireless Prop. Let.*, v. 13, pp. 333–336, 2014.
- [4] F. Linot, R. Cousin, X. Begaud and M. Soiron, "Design and measurement of high impedance surface", *Proc. 4th Euro. Conf. Ant. Prop.*, pp. 1–4, 2010.