



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

Superstrat tout Diélectrique Pour le Contrôle de l'Ouverture Angulaire d'une Antenne à Double Polarisation

All Dielectric Superstrate to Control the Half-Power-BeamWidth of A Dual Polarized Patch Antenna

Mark Clemente, Anne Claire Lepage, Xavier Begaud

Institut Mines Telecom, Telecom ParisTech - LTCI CNRS UMR 5141, 46 rue Barrault 75634 Paris cedex 13, France

mark.clemente@telecom-paritech.fr, anne-claire.lepage@telecom-paritech.fr, xavier.begaud@telecom-paritech.fr

Mots-clefs:

Transformation d'Espace
Antenne à Double Polarisation
Antenne GPS
Substrat tout Diélectrique

Keywords:

Transformation Electromagnetics,
Dual Polarized Patch Antenna,
GPS Antenna,
All Dielectric Flat Superstrate.

Résumé

Dans cette publication, nous proposons la conception d'un superstrat diélectrique pour augmenter l'angle d'ouverture à -3 dB. Ce superstrat, inspiré du travail de Tang [1], est placé au-dessus d'une antenne patch qui couvre la bande GPS [1,164-1,239 GHz]. Ce superstrat initialement conçu pour améliorer la directivité d'un élément rayonnant est basé sur la Transformation d'Espace (TE). Dans cette étude, la configuration a été modifiée afin d'élargir l'ouverture angulaire à -3dB. Enfin ce superstrat qui à l'origine était composé de métamatériaux dans [1], a été adapté pour n'utiliser que des diélectriques standards tout en conservant ces performances et caractéristiques.

Introduction

Les antennes patch sont très utilisées dans le domaine aéronautique pour leurs propriétés géométriques et électromagnétiques intéressantes. Elles sont notamment faciles à adapter et à installer sur le porteur. Néanmoins, l'ouverture angulaire à -3 dB est trop faible pour certaines applications. Afin de contrôler le rayonnement en champ lointain de ces antennes, une nouvelle méthode basée sur la Transformation d'Espace (TE) a été présentée dans [2], [3]. Ces dernières années, de nombreuses études ont été menées dans ce domaine. Cette méthode offre une grande flexibilité dans la conception des dispositifs microondes, optiques, etc. Plusieurs applications ont été proposées comme: la cape d'invisibilité [2],[3], la rotation et division de polarisation [4] et l'amélioration de la directivité des antennes[5]. Concernant la conception des antennes, les TE sont utilisées pour améliorer sa directivité [6] en utilisant des réflecteurs ou des lentilles. Dans ce contexte, il existe plusieurs groupes de recherches qui travaillent sur des structures résonantes (SRR, Résonateurs magnétiques) [6] pour réaliser les métamatériaux nécessaires à la TE. Dans cette communication, un superstrat ou lentille, placé au-dessus d'une antenne patch GPS est proposé. La section 1 présentera l'antenne de référence. Les différentes configurations du superstrat, étudiées pour augmenter l'ouverture angulaire à -3dB, seront détaillées dans la section 2. Les résultats de la structure complète (superstrat au-dessus de l'antenne) seront présentés dans la section 3 et les conclusions à la fin du document.

1. Antenne de Référence

L'antenne GPS doit être utilisée dans l'aéronautique, une ouverture angulaire importante du diagramme de rayonnement est donc requise pour que l'antenne puisse maintenir le lien avec les satellites en permanence sans que ce lien soit perturbé par un changement d'orientation ou de position de l'avion. Pour cela, une antenne avec double polarisation linéaire est proposée comme référence. Un coupleur hybride -3dB est utilisé pour alimenter les deux accès avec un déphasage de 90°, générant ainsi la polarisation circulaire droite de l'antenne. Cette antenne fonctionne sur la bande 1,164GHz-1,239GHz qui correspond aux bandes L5 et L2 du GPS. Le substrat, constitué d'Arlon AD250, a une taille de 100x100 mm² avec 15mm d'épaisseur. Le plan de masse a les mêmes dimensions que le substrat et celles du patch sont 71x71 mm². L'antenne présente un gain de 6 dB dans l'axe et une isolation entre accès supérieure à 15 dB. L'ouverture angulaire à -3dB est de 93° pour les deux plans. Le but de notre étude est d'augmenter cette valeur.

2. Superstrat TE

Le superstrat doit permettre d'augmenter l'ouverture angulaire avec un moindre impact sur les performances initiales de l'antenne de référence. La largeur de la bande qui est relativement importante constitue la difficulté majeure. Ainsi, l'utilisation de structures résonantes comme les SRR (Split Ring Resonators) devient délicate et complexe. Les matériaux diélectriques standards sont une alternative plus convenable. Des structures plates comme les lentilles peuvent être utilisées comme superstrats pour les antennes planaires. Dans la Figure 1-a, le profil du superstrat est présenté avec ses valeurs de permittivité relative [1]. Quatre configurations sont analysées (Figure 1-b à 1-e) afin de chercher celle qui permet d'élargir le lobe principal du diagramme de l'antenne de référence.

- Cas 1: L'antenne sans superstrat (Figure 1-b) appelée antenne de référence.
- Cas 2: La structure originale conçue pour augmenter la directivité [1] est placée directement au-dessus du patch de référence. Ce cas est étudié afin de démontrer que les transformations d'espace peuvent fonctionner indépendamment de la fréquence et de la distance entre la source et le superstrat (Figure 1-c).
- Cas 3: Les valeurs de permittivité relative ont été inversées horizontalement par rapport au cas 2: les valeurs du centre ont été déplacées sur les côtés (Figure 1-d).
- Cas 4: Les valeurs de permittivité ont été déplacées verticalement comme dans la Figure 1-e.

Pour les cas 2 et 4, la structure TE est en contact direct avec l'antenne. La conséquence est qu'il y a un décalage dans la bande de fréquence, mais l'adaptation de l'antenne reste convenable. Pour le cas 3, on ajoute une couche diélectrique pour conserver l'adaptation entre le patch et le superstrat. Cette couche a une épaisseur de 5 mm et une permittivité relative égale à 2.

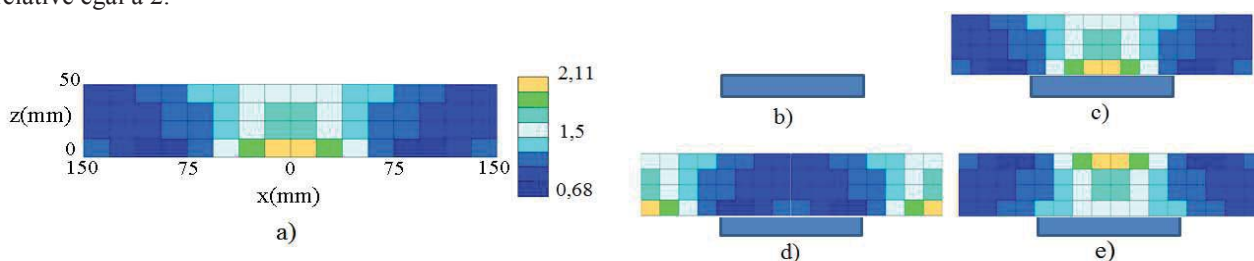


Figure 1. a) Profil initial de la structure TE. Quatre cas explorés: b) Patch seul, c) Patch avec la structure directive, d) Patch avec la structure modifiée (cas inversé horizontalement), e) Patch avec la structure modifiée (cas inversé verticalement)

3. Résultats

Dans le cas 2, les résultats de simulation montrent le comportement d'une structure TE fonctionnant dans une bande de fréquence différente de celle pour laquelle elle a été conçue. En effet, la lentille originale fonctionne à 8 GHz [1]. Dans notre cas, les simulations ont été effectuées à 1,2 GHz et la structure est un peu plus directive comme attendu (l'ouverture angulaire à -3dB est de 82°). La structure TE peut opérer à 1,2 GHz parce que le diamètre est de 300mm est supérieur à une longueur d'onde.

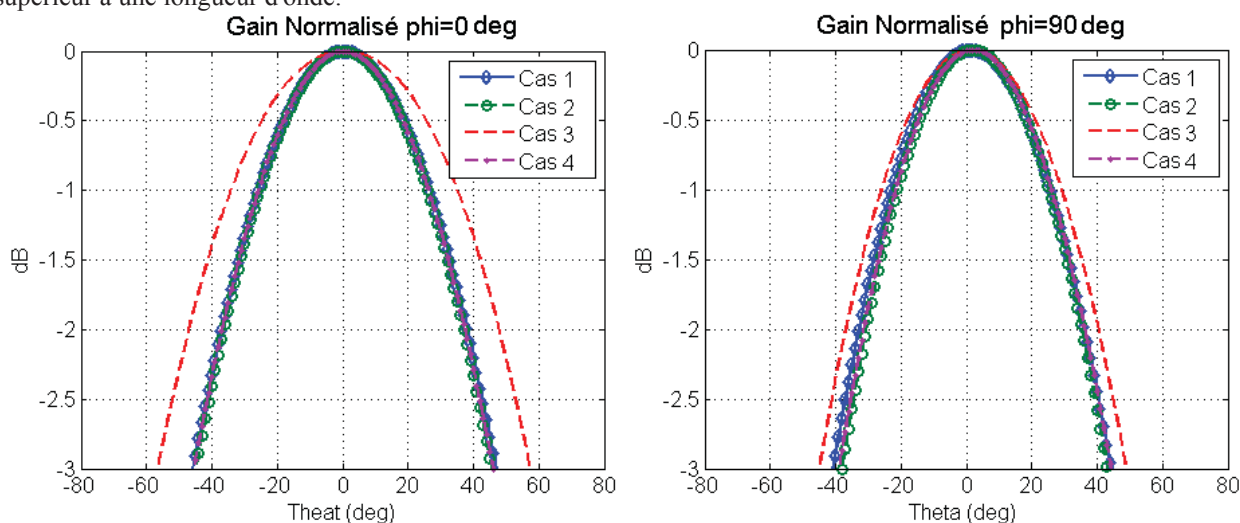


Figure 2. Diagramme de rayonnement des deux plans principaux à 1,2 GHz, seul le lobe principal est présenté pour évaluer l'ouverture angulaire à -3dB.

Le lobe principal du diagramme est montré dans la Figure 2. Le cas 3 élargit le lobe de 20% (l'ouverture angulaire à -3 dB est de 113°). Dans ce cas, les valeurs de permittivité élevées ont été déplacées vers les couches externes. Le superstrat élargit le faisceau en déviant le rayonnement sur les côtés au lieu de le diriger vers le centre. Le cas 4 ne montre aucun effet et l'ouverture est identique à celle du cas 1.

Des analyses complémentaires montrent que si on remplace les valeurs de ϵ_r inférieures à un par un, la structure du cas 3 élargit toujours le diagramme. Les performances de l'antenne sont ainsi faiblement affectées. De plus si la plage des valeurs de permittivité [0,68-2,11] relative est changée en [1,6-2,2], la structure est toujours opérationnelle. Toutes ces analyses sont importantes car elles nous indiquent que la structure peut ainsi être réalisée avec des matériaux standards.

4. Conclusions

Un superstrat tout diélectrique a été conçu en utilisant des structures modifiées inspirées par les TE. Une amélioration de 20% de l'ouverture à 3dB est obtenue dans la structure finale. Les perturbations engendrées par la présence d'un diélectrique près d'un dispositif rayonnant ont été réduites pour pouvoir effectuer la comparaison entre les différents cas étudiés.

Références bibliographiques

- [1] W. Tang, C. Argyropoulos, E. Kallos, W. Song and Y. Hao, «Discrete Coordinate Transformation for Designing All-Dielectric Flat Antennas», IEEE Trans. on Antennas and Propagation, vol. 58, pp. 3795-3804 2010.
- [2] J. B. Pendry, D. Schurig and D. R. Smith, «Controlling electromagnetic fields», Science, vol. 312, pp. 1780-1782, 2006
- [3] J. Li, J. Pendry, Hiding under the carpet: "A new strategy for cloaking», Phys. Rev. Lett., vol. 101, n°. 20, p. 203901, 2008.
- [4] D.H. Kwon, D.H.Werner, «Transformation Electromagnetics: An Overview of the Theory and Applications», Antennas and Propagation Magazine, IEEE , vol.52, no.1, pp.24-46, 2010.
- [5] P.H. Tichit, S. N. Burokur, D. Germain, A. De Lustrac, «Design and experimental demonstration of a high-directive emission with transformation optics», Phys. Rev. B, vol. 83,n°. 15, pp. 155108, 2011.
- [6] J.P. Turpin, A. T. Massoud, Z. H. Jiang, P. L. Werner, and D. H. Werner, «Conformal Mappings to Achieve Simple Material Parameters for Transformation Optics Devices», Optics Express, vol. 18, n° 1, pp. 244-252, 2010.