



**HAL**  
open science

## Amélioration de la directivité d'une antenne OAM à l'aide d'une cavité Fabry-Perot

W. Wei, K. Mahdjoubi, C. Brousseau, O. Emile

► **To cite this version:**

W. Wei, K. Mahdjoubi, C. Brousseau, O. Emile. Amélioration de la directivité d'une antenne OAM à l'aide d'une cavité Fabry-Perot. XXèmes Journées Nationales Microondes, May 2017, Saint Malo, France. hal-01894289

**HAL Id: hal-01894289**

**<https://hal.science/hal-01894289>**

Submitted on 12 Oct 2018

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

## Amélioration de la directivité d'une antenne OAM à l'aide d'une cavité Fabry-Perot

W. Wei<sup>1</sup>, K. Mahdjoubi<sup>1</sup>, C. Brousseau<sup>1</sup>, O. Emile<sup>2</sup>

<sup>1</sup>IETR, UMR CNRS 6164, Université de Rennes 1, Campus Beaulieu, 35042 Rennes

<sup>2</sup>LPL -, URU 435, Université de Rennes 1, Campus Beaulieu, 35042 Rennes  
mahdjoubi@univ-rennes1.fr

**Résumé** – Le réseau d'antennes circulaire «phasé» est un moyen souvent utilisé pour générer des ondes ayant un Moment Angulaire Orbital (OAM). Cependant, la directivité de ce réseau est relativement faible. Pour pallier à cet inconvénient, nous insérons ce réseau dans une cavité Fabry-Perot. Les résultats de simulation montrent une amélioration de la directivité de 8.1 dB par rapport au réseau de d'antennes patch employé.

### 1. Introduction

Une onde électromagnétique (EM) est définie par son amplitude, son vecteur d'onde, sa fréquence et son moment angulaire. Ce dernier peut être décomposé en deux parties distinctes [1] : le moment angulaire de spin qui correspond à la polarisation de l'onde, et le moment angulaire orbital (OAM) qui est associé à la distribution spatiale de la phase du champ électrique. Ainsi, une onde EM portant de l'OAM est caractérisée par une dépendance azimutale de sa phase notée  $e^{-j\ell\theta}$ , avec  $\ell$ , un nombre entier appelé charge topologique, correspondant au nombre de rotation de la phase sur un plan perpendiculaire à la direction de propagation, et  $\theta$ , l'angle d'azimut. De plus, la distribution de la phase induit une interférence destructrice dans l'axe du faisceau, créant un vortex.

Alors que la polarisation possède seulement deux états, chaque entier  $\ell$  est associé à un mode d'OAM. Cela signifie qu'il existe un nombre infini de modes, tous orthogonaux les uns aux autres et indépendants de la polarisation de l'onde. L'orthogonalité de ces modes est donc susceptible d'être exploitée comme une nouvelle diversité, pour les télécommunications et les radars, dès lors qu'il existe des systèmes d'émissions et de réception adaptés capables de générer ces modes d'OAM.

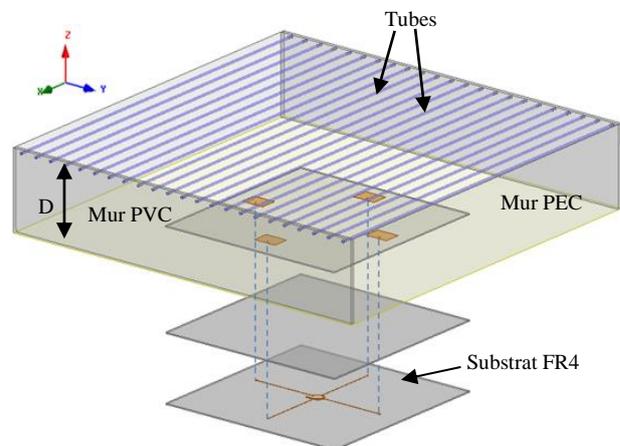
Dans cette communication, nous présentons une méthode pour améliorer la directivité des antennes à OAM en utilisant une cavité Fabry-Perot (FP). L'antenne est composée de 4 patches et d'un déphaseur circulaire [2] pour générer le mode OAM  $\ell = -1$ . Cette antenne est insérée à l'intérieur de la cavité FP et fonctionne à une fréquence de 2,5 GHz.

### 2. Conception d'antenne

La géométrie de l'antenne FP OAM est représentée à la Fig. 1. Nous choisissons un rayon de réseau de 60 mm

à la fréquence de 2,5 GHz. La directivité de l'antenne dépend de la réflectivité de la surface partiellement réfléchissante ou PRS (Partially Reflective Surface), de l'épaisseur  $D$  de la cavité et de la superficie du PRS [3]. Dans notre cas, cette surface PRS est constituée de tubes métalliques de diamètre  $d$ , espacés périodiquement d'une distance  $T$ . Pour obtenir une meilleure directivité de l'antenne OAM, ces paramètres ont été optimisés à l'aide du logiciel HFSS. Les valeurs suivantes sont obtenues :

- Diamètre des tubes  $d$  : 4 mm
- Période des tubes  $T$  : 26 mm
- Epaisseur de la cavité  $D$  : 58 mm
- Ouverture de la cavité : 600 mm × 600 mm



**Figure 1. Géométrie de l'antenne à cavité FP avec le réseau de patch à onde OAM et son déphaseur.**

La cavité FP est fermée sur les côtés à l'aide de 4 murs : 2 murs PEC (Perfect Electric Conductor) dans le plan E, et 2 murs PVC (PolyChlorure de Vinyle) dans le plan H. Les murs PEC sont utilisés pour diminuer le niveau des lobes secondaires du diagramme de rayonnement dans le plan H. Les murs PVC sont utilisés pour supporter les tubes métalliques de la surface PRS.

D'après les simulations, afin de diminuer le niveau des lobes secondaires dans le plan E, l'épaisseur du mur PVC doit être aussi faible que possible. Cependant, cette épaisseur doit également permettre aux murs PVC de bien assembler les murs PEC et le plan de masse. Pour répondre à ces deux exigences, nous avons finalement choisi une épaisseur de 6 mm.

### 3. Résultats de la simulation

Les cartographies 2D en amplitude et en phase de la composante  $x$  du champ électrique ( $E_x$ ) de l'onde propagée, observées dans un plan parallèle à la cavité et à 30 mm au-dessus de la PRS, sont présentées à la Fig. 2. La fenêtre d'observation est une zone circulaire de rayon de 300 mm. On peut noter la présence des propriétés caractéristiques d'une onde ayant un OAM de  $l = -1$ , à savoir un faisceau en forme de vortex avec une amplitude minimale au centre et une variation régulière de la phase autour du centre avec un déphasage de  $-2\pi$  en un tour.

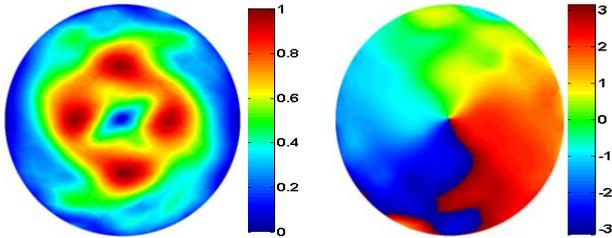


Figure 2: Cartographie 2D en amplitude normalisée (à gauche) et en phase (en radians, à droite) de la composante  $E_x$  pour l'antenne à cavité FP à 2,5 GHz.

La Fig. 3 présente les diagrammes de rayonnement 3D du réseau d'antennes patch (rayon du réseau égal à 60 mm) avec et sans cavité FP. On remarque la forme en vortex du faisceau, avec un minimum en son centre, qui est caractéristique des ondes ayant un OAM.

L'utilisation de la cavité FP permet d'augmenter la directivité de l'antenne. Cependant des lobes secondaires apparaissent. La directivité de l'antenne peut donc être encore améliorée en augmentant le rayon du réseau de patches.

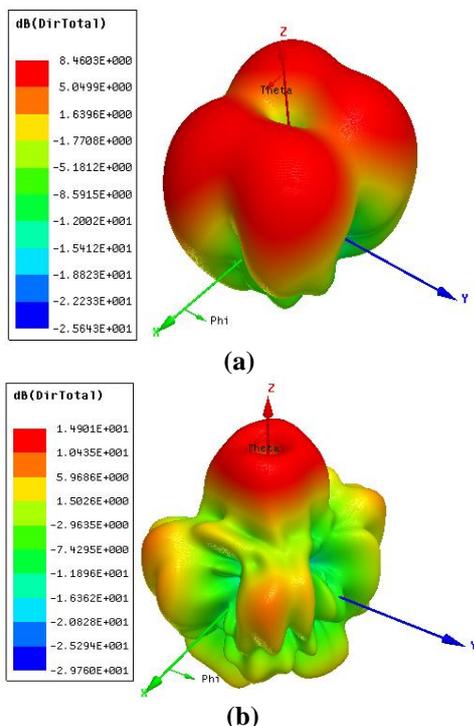


Figure 3. Diagrammes de rayonnement 3D du réseau d'antenne OAM : (a) sans cavité FP; (b) avec cavité FP.

Pour mieux comprendre l'influence de la cavité FP sur la directivité de l'antenne OAM, nous comparons à la Fig. 4, les diagrammes de rayonnement dans le plan E. On voit qu'avec l'utilisation de la cavité FP, la directivité de l'antenne passe de 6,7 à 14,8 dBi. La directivité maximale est obtenue pour un angle de  $11^\circ$ .

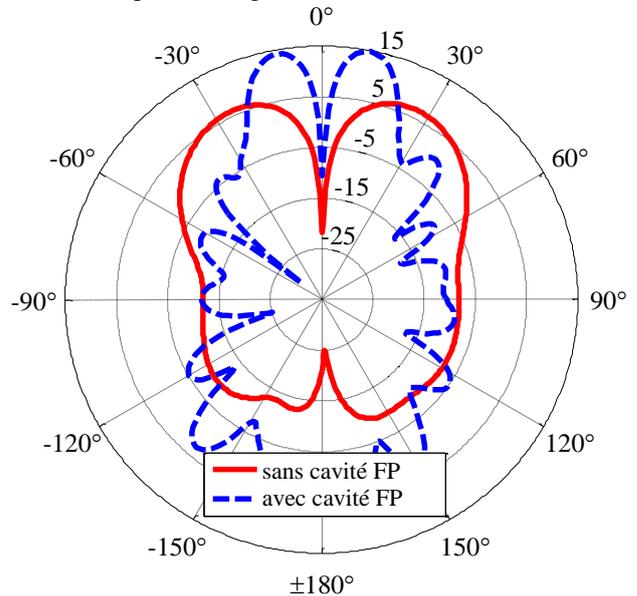


Figure 4. Comparaison des diagrammes de rayonnement dans le plan E de l'antenne OAM avec et sans cavité FP (rayon du réseau égal à 110mm).

### 4. Conclusion

Dans cette communication, nous avons présenté une méthode pour améliorer la directivité d'une antenne OAM en l'intégrant dans une cavité FP. L'antenne OAM est constituée d'un réseau circulaire de 60 mm de rayon comprenant 4 patches et fonctionnant à 2,5 GHz. En optimisant les paramètres de la cavité FP, la directivité atteint 14,8 dBi avec une amélioration de 8,1 dB par rapport l'antenne réseau de 4 patches.

Dans la communication finale, les résultats de mesure sur le prototype réalisé, ainsi qu'une analyse détaillée de ces résultats seront présentés.

### Références

- [1] J.D. Jackson, «*Classical Electrodynamics*», New York: Wiley, 1998.
- [2] W.L. Wei, K. Mahdjoubi, C. Brousseau, and O. Emile, «*Generation of OAM waves with circular phase shifter and array of patch antennas*», IET Electronic Letters, vol. 51, n° 6, pp. 442–443, 2015.
- [3] K. Mahdjoubi, T.H. Vu, A.C. Tarot, and S. Collardey, «*An overview on the design and properties of EBG antennas*», the 4th European Conf. on Antennas and Propagation, EuCAP, Barcelona, Spain, April 2010.