

PRES LUNAM  
Ecole Doctorale STIM  
Sciences et Technologies de  
l'Information et Mathématiques

**Spécialité :** Systèmes Electroniques et de  
Télécommunications  
**Nom du Laboratoire :** IETR  
**Equipe:** SRC

## **Nouvelle Antenne Large Bande à Double Polarisation pour Les Communications par Satellite**

Haiyang ZHANG  
Mél: haiyang.zhang@univ-nantes.fr

**Résumé :** Dans ce papier, nous proposons un nouveau type d'antenne patch large bande bi-polarisation. Cette antenne est composée de deux patchs rectangulaires disposés orthogonalement et alimentés par sonde coaxiale. L'adjonction de 5 éléments parasites structurés permet de maîtriser conjointement la bande passante ainsi que l'isolation entre les deux accès. Les résultats de simulations confirmés par l'expérience montrent que cette antenne présente une bande passante relative supérieure à 20% avec une isolation de l'ordre de 20dB. Cette structure peut alors être utilisée comme élément de base pour une mise en réseau pour les communications satellites ou comme source primaire d'une antenne à réflecteur.

**Mot clés :** *Antenne large bande, Double polarisation, Antenne croisée, Communication par satellite.*

**Collaborations :** Unit of Research in High Frequency Electronic Circuit and Systems, Faculty of Science of Tunis.

## **1 Introduction**

Les communications par satellites nécessitent de disposer d'antennes large bande, à grande directivité, à double polarisation et de réalisation simple. L'antenne à réflecteur parabolique recouvre la plupart de ces critères comme un gain et une directivité élevés dus à l'effet de focalisation du réflecteur avec une bonne qualité de polarisation. Cependant, la principale contrainte de cette solution est liée à sa structure même qui font qu'elle nécessite une motorisation mécanique pour la réception de plus de deux satellites et que son intégration dans l'espace urbain peut provoquer une pollution visuelle importante. La recherche de solutions alternative reste donc d'actualité.

B. Li et al. ont proposé une antenne patch large bande et bi-polarisation [1]. Deux patchs en forme de nœud papillon (bow tie) sont disposés et alimentés orthogonalement afin d'obtenir les polarisations horizontale et verticale. L'insertion de fentes en forme de H sur chaque élément permet d'augmenter la bande passante. Les résultats montrent un niveau de polarisation croisée relativement faible dans les plans caractéristiques E et H. Dans [2], des fentes en forme de croix excitées par des lignes coplanaires permettent d'obtenir une antenne à double polarisation linéaire. La bande passante relative obtenue est alors de l'ordre de 19%. L'inconvénient majeur de ces solutions réside dans l'utilisation de structures multicouches inhomogènes relativement complexes qui ne permet pas d'envisager une industrialisation à fort volume. Dans [3], P. Kumar et al. proposent une nouvelle antenne en forme de croix avec un plan de masse partiellement démétallisé. Ils ont ainsi pu obtenir une bande passante de 28% avec une directivité de quelques dBi. Bien que cette antenne soit de conception attractive, cette solution ne dispose que d'un accès et une seule polarisation linéaire est obtenue.

Dans cet article, une nouvelle antenne large bande et à double polarisation croisée est présentée. Cette antenne est basée sur l'utilisation de deux résonateurs patchs rectangulaires positionnés perpendiculairement l'un par rapport à l'autre et perturbés par 5 éléments parasites afin d'élargir la bande passante. Un travail sur la zone de couplage entre éléments a été mené afin de maximiser l'isolation entre les deux accès. Les résultats obtenus en simulation et en mesure montrent que cette solution présente une bande passante supérieure à 20% pour une isolation entre accès de l'ordre de 20dB. Dans la deuxième section, nous présentons les paramètres de conception de l'antenne. Les principaux résultats obtenus et leur analyse sont donnés dans la troisième section et nous terminons par quelques conclusions sur ce travail.

## **2 Conception de l'Antenne**

Une antenne patch rectangulaire présente naturellement une bande passante étroite de quelques pourcent suivant la nature du substrat utilisé, son épaisseur et la géométrie de l'antenne. L'utilisation d'éléments parasites à proximité de cette dernière permet de repousser cette limitation [4]. L'antenne que nous proposons reprend ce principe et est présentée figure 1.

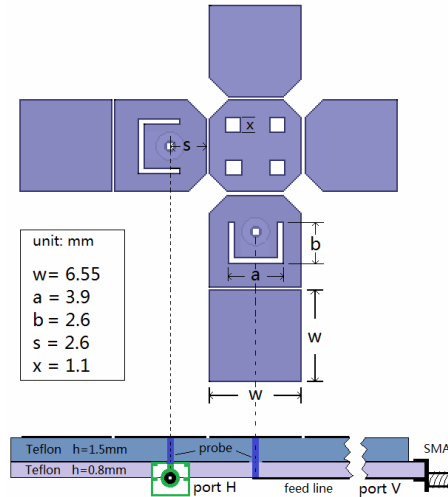


Figure 1. Géométrie de l'antenne

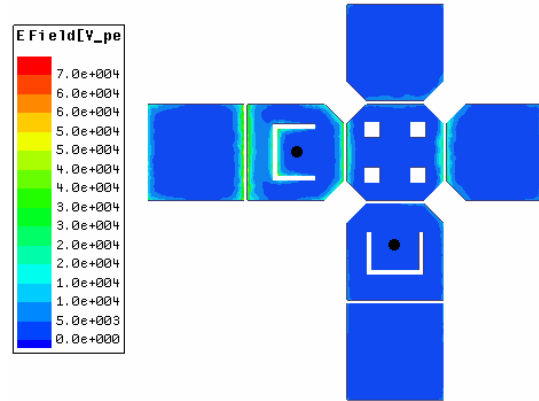


Figure 2. Champ électrique le long de l'antenne à 10.25GHz pour une excitation suivant l'axe horizontal.

Le substrat retenu est un substrat verre-téflon de permittivité relative 2,55,  $\tan \delta = 0.007$  et d'épaisseur 1,5mm. Les différents éléments constitutifs de l'antenne sont de largeur 6,55mm. Ils sont disposés en croix afin de bénéficier de la double polarisation linéaire orthogonale. Les deux éléments sur lesquels sont gravés des fentes en U sont excités par couplage direct via des accès coaxiaux, dont le diamètre de l'âme est égal à 0,6mm. Dans la suite de ce papier, ces éléments seront nommés « éléments pilotes ». Les éléments parasites sont excités par couplage de proximité. Le gap existant entre les éléments pilotes et les parasites est faible (250 $\mu$ m) et induit un couplage relativement élevé. Afin de limiter le couplage entre les éléments pilotes, et par conséquent améliorer l'isolation des accès, plusieurs angles des éléments pilotes et parasites ont été coupés. De même, quatre démétallisations carrées sont introduites dans le patch central pour améliorer l'isolation en contraignant les courants suivant une direction privilégiée. La combinaison de ces deux techniques permet une amélioration significative de l'isolation entre les accès.

Pour limiter l'effet inductif introduit par les accès coaxiaux, une fente en forme de U est introduite au niveau de chaque élément pilote [5]. Ces fentes ont donc pour principal objectif l'amélioration de l'adaptation.

Sur la figure 2, nous donnons la distribution du champ électrique lorsque l'antenne est alimentée suivant son axe horizontal. Ces résultats, obtenus avec le logiciel HFSS, montrent que, dans cette configuration, la puissance est principalement localisée au niveau de la fente et des gaps situés sur l'axe horizontal. Nous pouvons remarquer aussi que le champ suivant le bras vertical de l'antenne est très faible ce qui indique un bon niveau d'isolation.

### 3 Résultats et discussion

Lors de l'étude, nous avons pu identifier plusieurs paramètres permettant l'optimisation de la réponse en fréquence de cette antenne tels que les longueurs et largeurs des fentes, la position du point d'excitation et la largeur des gaps assurant le couplage entre résonateurs. Plusieurs études paramétriques ont été menées et quelques résultats obtenus sont donnés figure 4.

La figure 3 (a) montre que la bande passante de l'antenne est très sensible à la longueur de la fente en U. Quant à la figure 3 (b), elle montre que l'impédance d'entrée est maintenue sur la bande passante suivant la valeur du décalage du point d'alimentation.

Selon la simulation, et pour une impédance d'entrée de 50 $\Omega$ , les paramètres retenus sont une longueur de la fente de 3.9mm et un décalage du point d'alimentation de 2.6mm.

L'antenne proposée a été réalisée et mesurée avec l'analyseur de réseau vectoriel Agilent E8364B. Les coefficients de réflexion obtenus en simulation et mesure sont donnés figure 4.

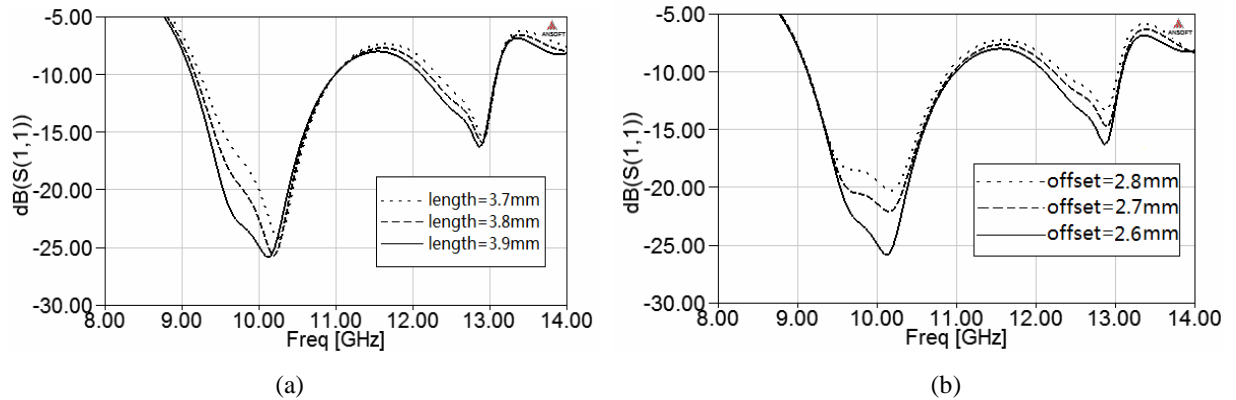


Figure 3. Etude paramétrique concernant la variation de la longueur de la fente (a) et l'offset du point d'excitation (b).

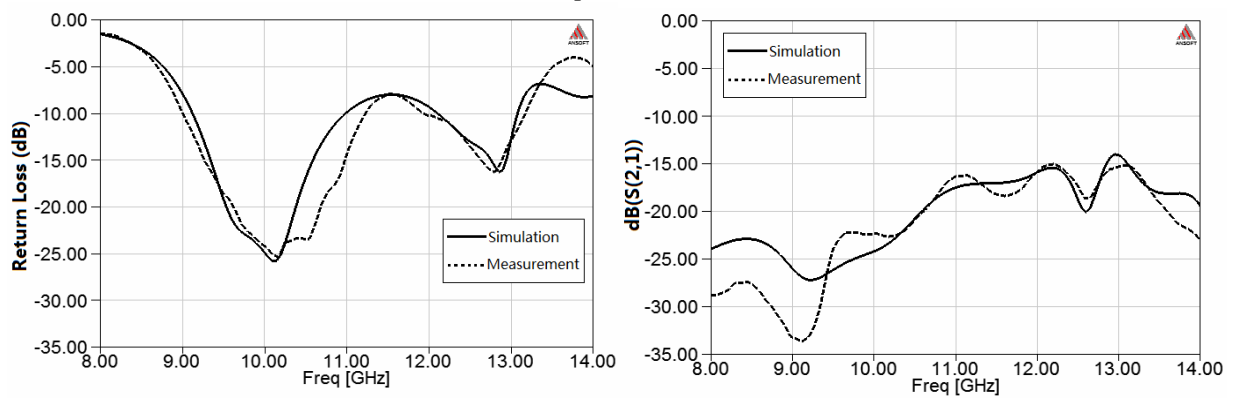


Figure 4. Coefficients de réflexion simulé et mesuré.

Figure 5. Isolation entre 2 ports (simulée et mesurée)

La bande passante à -10dB obtenue sur le port concernant la polarisation horizontale atteint 1,9GHz soit environ 19% en simulation. Les mêmes propriétés sont constatées sur l'accès vertical tant en simulation qu'en pratique. Les mesures effectuées sur le prototype réalisé montrent une bonne concordance avec les simulations. La bande passante obtenue est même légèrement plus large et atteint 2,2GHz soit environ 22%.

Sur la figure 5, nous donnons les résultats obtenus en simulation et en mesure sur l'isolation entre accès. Le niveau d'isolation reste supérieur à 20dB jusqu'à 10,5GHz. Ce niveau d'isolation augmente légèrement avec la fréquence mais reste supérieur à 15dB. Cette augmentation peut être imputée aux effets des couplages capacitifs au niveau des gaps entre éléments. En effet, lorsque la fréquence augmente, le champ électrique dans ces régions est plus intense et le couplage entre éléments orthogonaux augmente ; ce qui induit une diminution de l'isolation entre les accès.

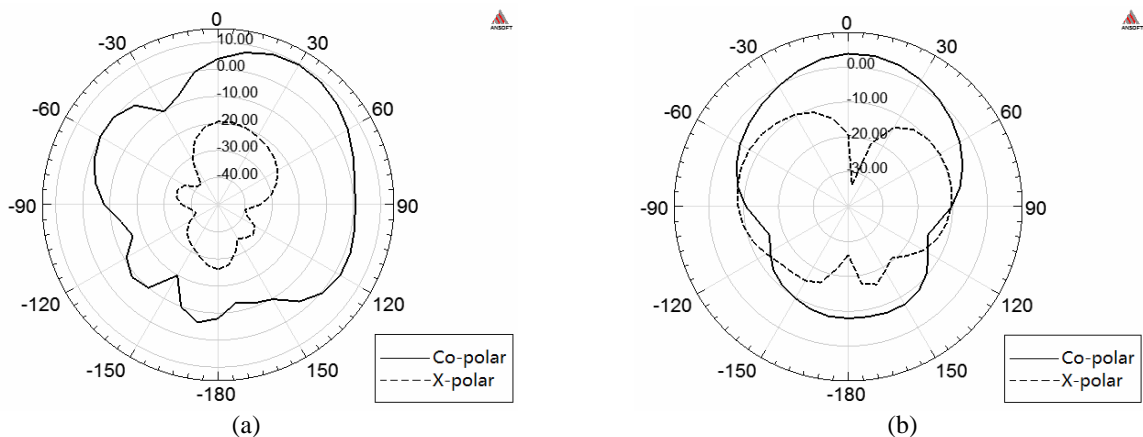


Figure 6. Diagrammes de rayonnement en gain simulé pour les plans E (a) et H (b) à 10.25GHz.

En ce qui concerne le rayonnement, les résultats de simulation sont présentés Fig. 6 (a) et 6 (b) pour les deux plans caractéristiques de l'antenne à la fréquence centrale de 10,25GHz. Ces résultats sont donnés lorsque seul l'accès horizontal est excité. Nous pouvons donc constater que le gain de cette antenne est de l'ordre de 10dBi et que, dans ces deux plans, le niveau de polarisation croisée est meilleur que 20dB dans l'axe normal. Une détérioration du niveau de polarisation croisée est observée en plan H dès lors que l'on s'écarte de l'axe normal.

Les performances en rayonnement de l'antenne sur sa bande passante sont représentées figure 7. Sur cette figure, nous représentons donc l'évolution du gain et de l'efficacité de rayonnement en fonction de la fréquence. Ces résultats issus de la simulation montrent que le gain est supérieur à 7dBi sur la bande 8,5 -12GHz pour atteindre un maximum de 9,6dBi. L'efficacité de rayonnement est quant à elle supérieure à 70% sur toute la bande d'analyse avec un maximum de 92%.

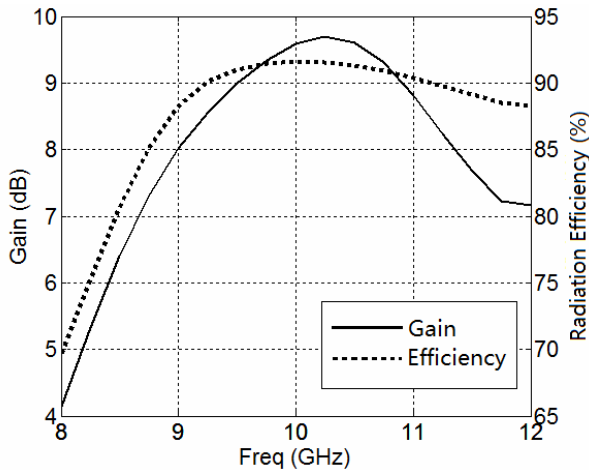


Figure 7. Variation simulée du gain et de l'efficacité de l'antenne en fonction de la fréquence.

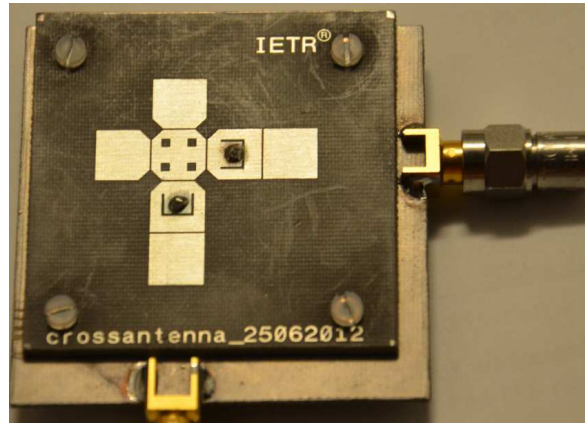


Figure 8. Antenne prototype réalisée.

## 4 Conclusion

Une nouvelle antenne patch large bande et double polarisation a été présentée. L'antenne est composée de deux éléments pilotes alimentés par ligne coaxiale et cinq patches parasites pour élargir la bande passante. Une étude paramétrique a permis d'identifier les paramètres influant permettant de maîtriser conjointement la bande passante et l'isolation entre accès. L'antenne réalisée présente alors une bande passante relative supérieure à 22% pour une isolation dans la bande passante de l'antenne meilleure que 16dB. La structure de l'antenne permet donc de disposer de deux polarisations orthogonales de bonne qualité dans la mesure où la polarisation croisée reste inférieure de plus de 20dB par rapport à la polarisation principale. Les résultats de la simulation indiquent aussi que l'antenne possède un gain et une efficacité de rayonnement élevés. Un prototype est ainsi réalisé et est illustré à la figure 8.

Il est important de noter que les dimensions de cette antenne restent compatibles avec une mise en réseau en vue de l'augmentation de la directivité pour des applications de communication satellite. Les contraintes technologiques sont peu importantes ; ce qui permet d'envisager un coût de production modéré.

## Références

- [1] B. Li, Y. -Z Yin, W. Hu, Y. Ding and Y. Zhao, "Wideband Dual -polarized Patch Antenna With Low Cross Polarization and High Isolation," IEEE Antennas and Wireless Propag. Lett., vol. 11, 2012.
- [2] Wayne S.T. Rowe and Rob B. Waterhouse, "Integratable Wide-band Dual Polarized Antennas With Rear Field Cancellation," IEEE Trans. Antennas Propag., vol. 51, NO.3, MARCH 2003.
- [3] P. Kumar, A. K. Singh, T. Chakravarty, G. Singh, S. Bhooshan, "A Novel Printed Cross Antenna for Wideband Application," 1-4244-1088-6/07, 2007 IEEE.
- [4] Kin-Lu WONG, "Planar Antennas For Wireless Communications - wireless series in microwave and optical engineering", Published by John Wiley & Sons, inc., Hoboken, New Jersey. 2003.
- [5] K.F. Lee, S.L.S. Yang etc, "The Versatile U-slot Patch Antenna", IEEE Antennas and propagation Magazine, vol.52, NO.1, PP. 71-88, February 2010.