



ANTENNE MICRO-RUBAN A ONDES DE FUITE A SUBSTRAT PHOTONIQUE

*C. G. L. NKOUKA MOUKENGUE, NZONZOLO,
B. MAFOUNA KIMINOU, A. MANKITI FATI.*

*Laboratoire de Génie Electrique et Électronique de l'ENSP,
Université Marien Ngouabi,
Brazzaville*

*République du Congo
E-mail : 1n999kouka@gmail.com*

RESUME

Dans cette communication, nous présentons une antenne micro-ruban à ondes de fuite à substrat photonique avec un plan de masse parfaitement conducteur. Sa conception est faite à l'aide du logiciel HFSS, basé sur la méthode des éléments finis. L'analyse des pertes par réflexion à la fréquence de fonctionnement montre que cette antenne améliore le coefficient de réflexion à l'entrée et permet d'obtenir un déplacement du dépointage par rapport à celui de l'antenne initial, ce qui permet de réduire son poids tout en améliorant ses performances en termes de dépointage et du coefficient de réflexion.

Mots-clés : antenne à ondes de fuite, micro-ruban, substrat photonique

ABSTRACT

In this paper, we present a leaky-wave antenna in microstrip at photonic substrate with a perfectly conductive ground plane. Its design is made of using HFSS software, based on the finite element method. The analysis of reflection losses at the operating frequency shows that this antenna improve the reflection losses to the entry and permit to get displacement the scanning angle in relation to the initial antenna, what permits to reduce the antenna weight while improving its performances in terms of scanning angle and coefficient of reflection.

Mots-clés: leaky-wave antenna, microstrip, photonic substrate

INTRODUCTION

L'exposition environnementale aux champs électromagnétiques générés par l'activité humaine a augmenté régulièrement, parallèlement à la demande d'énergie électrique et les progrès ininterrompus de la technique de même que l'évolution des mœurs ont conduit à la production à ce jour d'appareils de plus en plus sophistiqués tels que : des téléphones portables ; d'antennes de relais ; d'appareils électriques domestiques (rasoir électrique ; télévision ; poste radio etc.). Ces appareils sont tous sources de pollution électromagnétiques [1].

L'utilisation des hautes fréquences, de l'ordre des dizaines de gigahertz et plus peuvent entraîner des effets non thermiques dommageables pour la santé d'un système biologique exposé. Ceci en fonction de la fréquence, de l'intensité de ces ondes et de la durée d'exposition à ces dernières [2].

Les développements remarquables des technologies en bande millimétrique, ont permis la conception de systèmes de communication de petites dimensions rigides et d'une meilleure résolution [3]. En plus la demande de radar à grande précision pour les applications militaires, le domaine de la surveillance, de la détection et pour les systèmes de communication mobiles a généré un besoin important pour des systèmes moins complexes, performants et à bas prix [4].

Les circuits haute fréquence, qui sont utilisés dans toutes les sphères des télécommunications, sont parfois lourds et imposants selon les technologies utilisées.

L'industrie de l'électronique tente de réduire au maximum les coûts de fabrication et les contraintes liées aux poids des circuits pour satisfaire le consommateur ainsi que pour être plus concurrentiel.

Dans la littérature, on trouve plusieurs approches pour la résolution des contraintes liées au poids et à la taille des circuits micro-ondes [5-12].

Un autre moyen de réduire le poids de l'antenne est de réaliser des trous (vias) sur le substrat. C'est dans cette optique que, nous nous proposons d'étudier l'influence de la forme de ces trous sur les performances de l'antenne.

I. Approche théorique

Des nombreuses contributions sur la conception des antennes à ondes de fuite (AOF) avec des performances intéressantes sont rapportées dans la littérature sur une portion de la bande millimétrique [4-2], [7-9], mais leur poids reste important.

Notre travail est d'exploiter d'autres voies afin de proposer à terme une antenne à faible poids et à faible coût répondant au cahier de charge suivant :

- Bande de fréquence de fonctionnement : 78 – 82 GHz ;
- Angle d'ouverture : -3°
- Niveau des lobes secondaires < -10dB

Cette antenne est une antenne micro-ruban à ondes de fuite à substrat photonique avec un plan de masse parfaitement conducteur. Sur la face supérieure du substrat, des rubans métalliques rectangulaires ont été placés périodiquement avec une période p pour provoquer un rayonnement par ondes de fuite. Le substrat est percé de trous de forme cylindrique de rayon r ou de forme carrée de côté C , disposés périodiquement de période d_y suivant la direction (oy) et symétriquement sur l'axe (oz) d'écart S entre eux comme le montre la figure 1.

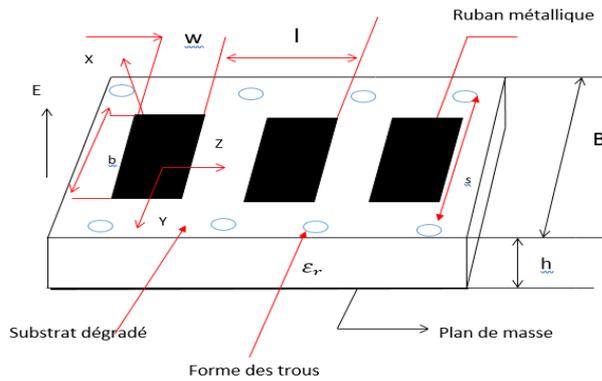


Figure 1 : Antenne micro-ruban à ondes de fuite

Pour réaliser la condition de rayonnement, les paramètres de l’AOF obéissent aux conditions suivantes [3-4] :

$$0,2\lambda_0 \leq l \leq 0,4\lambda_0 \tag{1}$$

$$b < \frac{\lambda_0}{(\epsilon_{eff} - 1)^2} \tag{2}$$

où λ_0 est la longueur d’onde dans le vide, β , la constante de phase de l’onde de fuite, $k_0 = \frac{2\pi}{\lambda_0}$, le nombre d’onde et ϵ_{eff} , la constante diélectrique effective de la structure.

Les dimensions de l’antenne calculées à partir des formules (1) et (2) à la fréquence de fonctionnement de 80.1 GHz sont consignées dans le tableau 1.

Tableau 1 : Dimensions de l’antenne

Désignation	w	l	b	B	h	ϵ_r
n						
Dimension s (mm)	1,270 05	2,5	3,001	8 λ_0	1,45	2,46

II. Résultats et discussions

Dans cette section, nous présentons les résultats de l’analyse du fonctionnement d’une AOF notamment l’influence des dimensions de l’antenne et celles des vias sur ses performances.

En effet, en utilisant le logiciel HFSS avec les dimensions de l’antenne du tableau 1, nous avons réalisé le layout de cette antenne sur un substrat d’épaisseur $h=1,45\text{mm}$ et de permittivité $\epsilon_r = 2,46$.

a) Influence des formes des trous sur le coefficient de réflexion

La figure 2 montre l’évolution du coefficient de réflexion en fonction de la fréquence, de l’antenne avec des vias parallélépipédiques de côté C variable. Comme le montre cette courbe, on note une légère diminution du coefficient de réflexion quand C augmente.

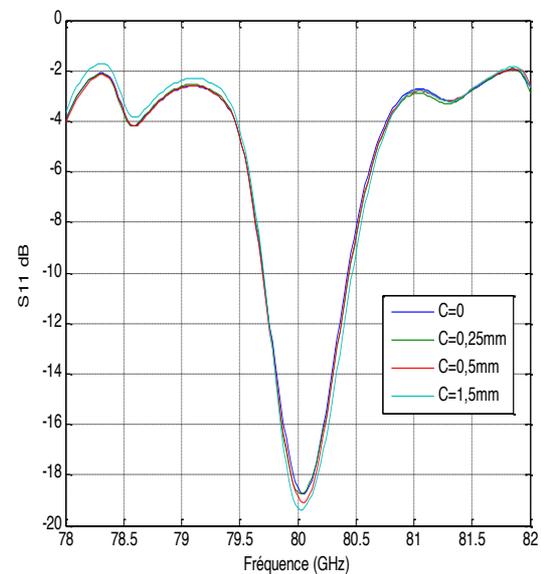


Figure 2 : Coefficient de réflexion S11 en fonction de la fréquence $dz= 3\text{mm}$, $S=\lambda_0$, $N=11$

La figure 3 illustre la variation du coefficient de réflexion en fonction de la fréquence pour une AOF à via cylindriques de rayon r. Nous notons un léger décalage de la fréquence de résonance. Les niveaux des pertes par réflexion s’améliorent quand r croît. Plus le rayon augmente, plus le coefficient de qualité diminue, plus la bande passante devient large.

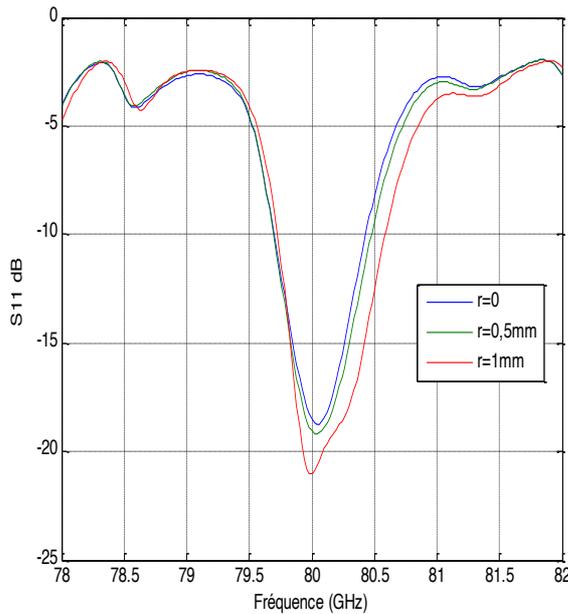


Figure 3 : Coefficient de réflexion S_{11} en fonction de la fréquence $dz=3\text{mm}$, $S=\lambda_0$, $N=11$

b) Influence de r et C sur le diagramme de rayonnement

Sur les figures 4 et 5, une superposition des diagrammes de rayonnement dans le plan E (xoz) est représentée pour une antenne micro-ruban à ondes de fuite à substrat grillagé opérant en bande millimétrique à $F=80\text{GHz}$. Sur la figure 4, on note qu’une augmentation du rayon entraîne une augmentation des niveaux des lobes secondaires de $-16,7\text{dB}$, $-12,05\text{dB}$, et $-7,98\text{dB}$ respectivement pour $r=0$; $0,5$ et 1mm .

Le dépointage du diagramme de rayonnement a tendance à se déplacer légèrement vers la gauche jusqu’à stabiliser lorsque $r=0,5\text{mm}$. Par ailleurs, pour les trous de section carré figure 5, il y’a un déplacement net du dépointage vers la droite lorsque C augmente. On constate une asymétrie considérable des niveaux des lobes secondaires par rapport aux lobes principaux. La largeur du faisceau vaut $8,5^\circ$. Les niveaux des lobes secondaires augmentent lorsque r ou C augmentent.

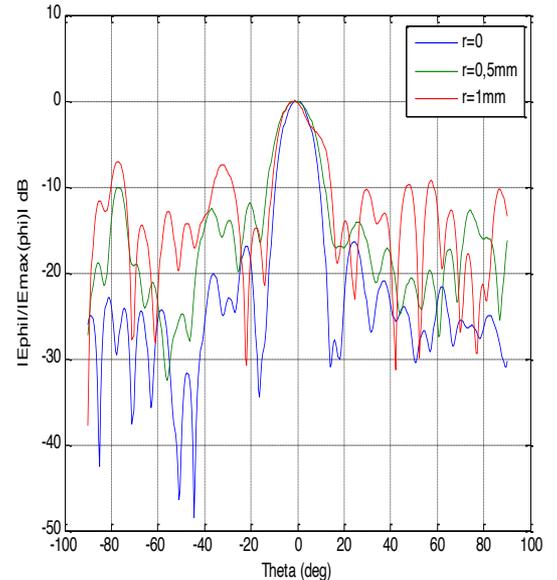


Figure 4 : Diagramme de rayonnement d’une AOF dans le plan E $S=dz=\lambda\text{mm}$, $dy=3\text{mm}$, $N=11$

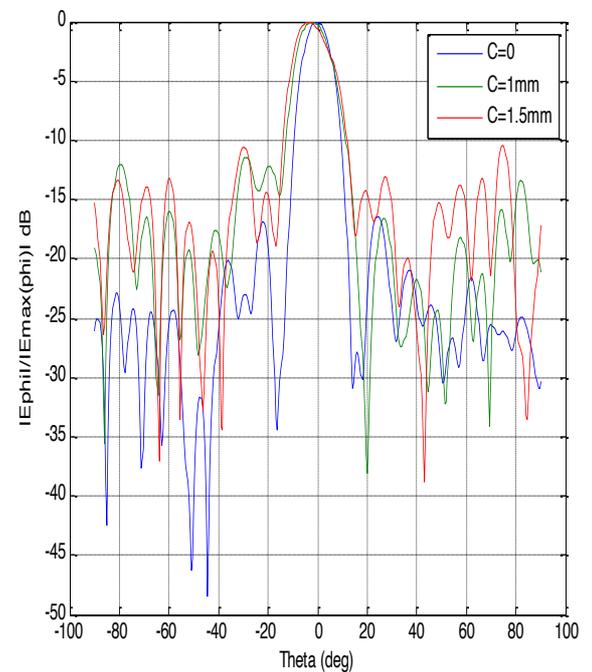


Figure 5 : Diagramme de rayonnement dans le plan E $S=dz=\lambda\text{mm}$, $dy=3\text{mm}$, $N=11$

Conclusion

Cette communication a permis d'étudier des antennes à ondes de fuite au substrat dégradé avec un plan de masse parfaitement conducteur. L'utilisation d'une antenne au substrat dégradé nous a permis de réduire des contraintes liées au poids tout en améliorant les performances de cette dernière.

Bibliographie

1. Tao Junwu, Cinato Mathieu, Lefeuvre Serge, Kunduzova Oksana " Investigation de l'effet des champs électromagnétique sur des cellules cardiaques" 19^{ème} Colloque International et Exposition sur la Compatibilité Électromagnétique (CEM 2018)
2. T. B. Carlos KONLACK et Roger TCHUIDJAN " Analyse de l'impact des ondes électromagnétiques sur l'homme" Afrique SCIENCE 07(3) (2011) 1 - 14
3. Mekkioui Z., "Analyse rigoureuse d'antennes diélectrique micro-ruban à ondes de fuite", Thèse de Doctorat d'Etat Université de Tlemcen, 2004.
4. GHOMI M. " Contribution à l'étude des antennes micro-ruban à ondes de fuite ", Thèse de Doctorat INPT Toulouse, 1992
5. Juhua Liu Tang, al " Substrate Integrated waveguide leaky-wave Antennas with H-shaped slots " IEEE Transaction on Antennas and propagation vol 60, N° 8, August 2012
6. Juhua liu, David R Jackson, al " Substrate Integrated Waveguide SIW leaky-wave Antenna with Transverse slot" IEEE Transactions on antennas and propagation, vol 60, N°1, January 2012
7. Charmolavy Goslavy Lionel Nkouka Moukengue, et al " Analysis of a new leaky-wave antenna for w-band applications" Int. J. Adv. Res. 8(12), 358-363
8. Charmolavy G. L Nkouka Moukengue et al " A 80 GHz Microstrip Leaky-Wave Antenna with Degraded Ground Plane Design " Journal of Scientific and Engineering Research, 2019, 6(8):97-101
9. Souad Doucha, Mehadji Abri et al " Leaky Wave Antenna Design based on SIW Technology for Millimeter Wave Applications" WSEAS Transactions on Communications, volume 14, 2015
10. Vesna Radisic, al " Novel 2-D Photonic Bandgap structure for Microstrip lines" IEEE Microwave and guided wave letters, vol 8 N°2, February 1998.
11. A Mahmoudian, H Dalili, al " Planar Leaky-wave antennas with Aperture coupled Feed" PIERS Proceeding, Hangzhou, china, March, 24-28 2008
12. José Luis GOMEZ et al "Analysis and Design of Periodic Leaky-Wave Antennas for the Millimeter Waveband in Hybrid Waveguide-Planar Technology" IEEE, April 2005