



HAL
open science

Co-conception d'une antenne à 15 GHz accordable en polarisation et de son réseau d'alimentation

Corentin Le Lez, Rozenn Allanic, Denis Le Berre, Cédric Quendo, Rose-Marie Sauvage, Aude Leuliet, Thomas Merlet, Douglas Silva de Vasconcellos, Virginie Grimal, Damien Valente, et al.

► To cite this version:

Corentin Le Lez, Rozenn Allanic, Denis Le Berre, Cédric Quendo, Rose-Marie Sauvage, et al.. Co-conception d'une antenne à 15 GHz accordable en polarisation et de son réseau d'alimentation. 22èmes Journées Nationales Microondes, Jun 2022, Limoges, France. hal-03785383

HAL Id: hal-03785383

<https://hal.science/hal-03785383v1>

Submitted on 5 Jul 2024

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.

Co-conception d'une antenne à 15 GHz accordable en polarisation et de son réseau d'alimentation

C. Le Lez¹, R. Allanic¹, D. Le Berre¹, C. Quendo¹, R-M Sauvage², A. Leuliet³, T. Merlet³, D. Silva De Vasconcellos⁴, V. Grimal⁴, D. Valente⁴, J. Billoué⁴

¹ Univ Brest, Lab-STICC, CNRS, UMR 6285, F-29200 Brest, France

² Direction Générale de l'Armement, 60 Boulevard du Général Martial Valin, 75509 Paris, France

³ Thales LAS, Elancourt, 78995, France

⁴ Laboratoire GREMAN, Université de Tours, Tours 37071, France

corentin.lelez@univ-brest.fr

Résumé – Cet article propose une antenne avec réseau de polarisation accordable permettant l'alternance entre les polarisations rectilignes et la polarisation circulaire gauche à 15 GHz avec un bande passante de 3%. Des diodes N⁺PP⁺ intégrées au substrat réalisent cette fonction en tant que résistances variables des atténuateurs. L'intégrabilité et la dynamique offerte par ce dispositif s'accorde avec les besoins actuels de compacité, d'agilité et robustesse des systèmes de communication et RADAR.

1. Introduction

L'ajout de fonctionnalités agiles aux antennes a permis des progrès majeurs dans la compacité et l'efficacité des systèmes de communications et RADAR. Ces fonctions incluent accord en fréquence [1], direction de rayonnement maximum [2] ou polarisation [3].

L'accord en polarisation permet à l'antenne de s'adapter à son environnement, de corriger les pertes induites par désalignement d'antennes, d'optimiser le bilan de liaison dans une application de communication, de trouver la polarisation optimale permettant de recevoir un maximum d'écho de la cible ou encore d'atténuer un signal perturbateur dans une application RADAR. Cela peut être réalisé par différents éléments d'accords, comme des diodes varactor [2,3], diodes PIN localisées [4], diodes distribuées [1] capacités MEMS [5] ou switch MEMS [6], en les plaçant sur différents éléments de l'antenne comme la ligne d'accès [4] ou sur la surface rayonnante [1].

2. Approche proposée et simulations

2.a. Principe de fonctionnement

La structure proposée est constituée d'une antenne patch carré à double accès perpendiculaires, et d'un réseau d'alimentation permettant d'altérer le signal d'entrée de chaque accès pour obtenir la polarisation voulue.

La Figure 1 donne une vue d'ensemble du réseau d'alimentation et son modèle HFSSTM associé. Il est composé de 3 coupleurs 3 dB, de longueur 90°. Le premier sépare équitablement le signal d'entrée et déphase les signaux de sortie de 90° entre eux. Ces signaux entrent alors chacun dans un nouveau coupleur qui constitue l'atténuateur à réflexion. Ce coupleur envoie le signal vers les deux diodes intégrées servant de résistances variables sur les voies directe et couplée. Le signal est donc réfléchi

ou absorbé par les diodes selon leur état. Le signal réfléchi est alors recombinaison vers la voie isolée, connectée au port de l'antenne correspondant à la phase voulue.

Les polarisations accessibles sont donc circulaire (une seule direction, atténuateurs passants), elliptique (une seule direction, atténuateurs quelconques) et rectiligne (deux directions, atténuateurs passant et bloquant respectivement) au choix, par une commande analogique.

2.b. Réseau d'alimentation

Le réseau et l'antenne ont été conçus sur substrat silicium haute résistivité (type P, $\epsilon_r = 11,9$, $\rho = 2500 \Omega \cdot \text{cm}$) de 350 μm d'épaisseur. Les résistances variables sont constituées de diodes N⁺PP⁺ intégrées au substrat par dopage N⁺ localisé sur la face avant, la face arrière étant intégralement dopée P⁺. Les zones dopées N⁺ sont carrées de 300 μm de côté. Les diodes correspondent à des charges adaptées 50 Ω lorsque leur résistivité atteint 1 $\Omega \cdot \text{cm}$, elles absorbent alors théoriquement l'intégralité du signal traversant l'atténuateur. La simulation du comportement des diodes est implémentée par variation de la tangente de perte sous les zones dopées, rendant compte de la variation locale de résistivité passant de 2500 $\Omega \cdot \text{cm}$ au repos à 1 $\Omega \cdot \text{cm}$ lorsque l'atténuation commandée est maximale.

La réponse du réseau simulée sur HFSSTM (Figure 2) montre que le réseau permet bien de répartir le signal équitablement en mode circulaire ($S_{21} = S_{31} = -3,7 \text{ dB}$), et atténué de 20 dB le signal voulu dans les modes linéaires.

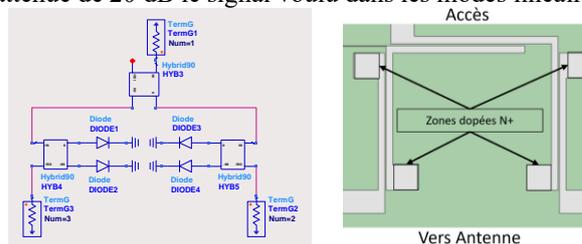


Figure 1. Modèles ADS et HFSSTM du réseau seul

Le coupleur de proximité d'entrée a une largeur de ligne 90 μm , écartées de 22 μm et 1,65 mm de long. Les coupleurs qui forment les atténuateurs ont pour largeur 80 μm , 12 μm d'écartement et 1,8 mm de long. L'adaptation est supérieure à 15 dB dans les 3 états entre 14 GHz et 16 GHz.

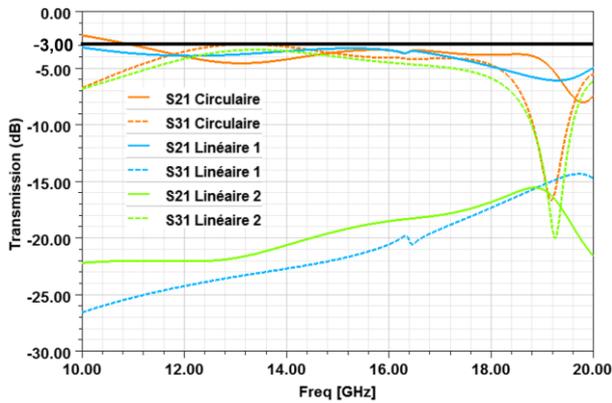


Figure 2. Réponses S_{21} et S_{31} simulées dans les 3 états

2.c. Système complet

L'antenne est un patch carré de 2,735 mm de côté (i.e. fonctionnant à 15 GHz). Elle est alimentée par un accès à fente couplée ($S = 10 \mu\text{m}$, $L = 0,35 \text{ mm}$, $W = 10 \mu\text{m}$), présentée avec son réseau d'alimentation (Figure 3). Sa bande passante à -10 dB est 3% autour de 15 GHz est connectée au réseau par une ligne d'adaptation quart d'onde de 1,777 mm de long et $10 \mu\text{m}$ de large. Des stubs radiaux ($R = 1,9 \text{ mm}$, $\alpha = 70^\circ$) sont disposés à 1,9 mm du circuit pour isoler les pads de polarisation.

Les performances de l'ensemble réseau et antenne simulées à 15 GHz donnent en mode circulaire, linéaire 1 et linéaire 2 respectivement un gain en dB de 2,5, -0,3 et -1,2, et un rapport axial en dB de 2,3, 22 et 32. Une chute de 3 dB est attendue dans les modes linéaires car une partie du signal est dissipée.

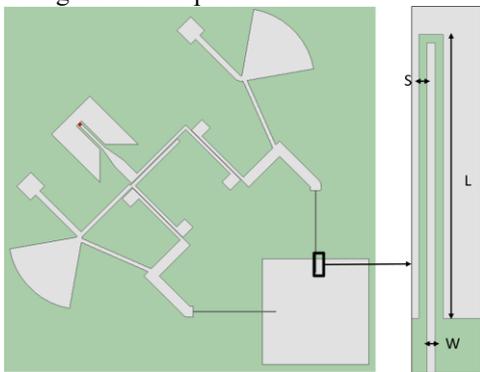


Figure 3. Antenne et son réseau d'alimentation

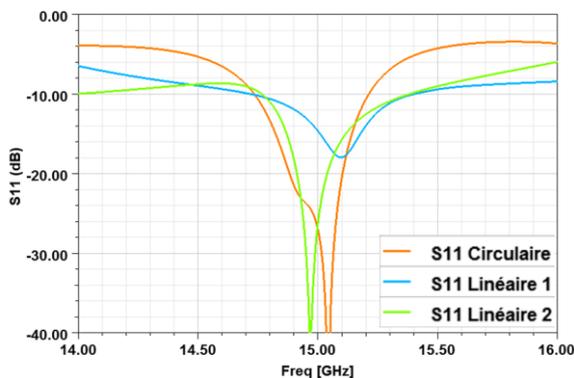


Figure 4. Réponse S_{11} du réseau et antenne connectés en polarisation circulaire et rectiligne

La directivité reste constante à 6 dB dans tous les états. L'adaptation est présentée dans les 3 états Figure 4.

L'antenne et son réseau d'alimentation est en cours de fabrication au laboratoire GREMAN à Tours, et seront caractérisés prochainement.

3. Discussion

Par la compacité du réseau d'alimentation d'une surface similaire à l'antenne pilotée, le principe du réseau présenté est adapté à l'utilisation en réseaux d'antennes, surtout sur une technologie multicouche. En effet, le réseau et l'antennes font tous deux un carré d'un quart d'onde de côté, ce qui rend le système très intégrable sur une technologie industrielle adaptée.

De plus, par la taille macroscopique des diodes, la puissance supportée par les atténuateurs est améliorée par rapport aux diodes localisées. En effet, il n'y a plus de point chaud et la puissance se dissipe dans un volume plus important, ce qui est important pour une application RADAR où la puissance appliquée est importante.

Les performances de l'antenne seule pourraient être améliorées par l'utilisation de silicium poreux, diminuant localement la densité du silicium et faisant de fait chuter la permittivité et la conductivité du substrat donc améliorer le gain tout en conservant son intégrabilité.

4. Conclusion

Un système antenne et réseau de polarisation accordable intégré à 15 GHz et de bande fractionnelle 3% ont été présentés et simulés. Les diodes intégrées au substrat permettent de dissiper efficacement le signal les traversant, contrôlant la polarisation de l'antenne entre linéaire deux axes et circulaire gauche, le tout avec un fort potentiel d'intégration.

Références

- [1] R. Allanic *et al.*, "A Fully Integrated Frequency Reconfigurable Antenna Co-Designed as a Whole Circuit on Silicon," Asia-Pacific Microw. Conf. 2018, pp. 1256-1258
- [2] D. F. Sievenpiper *et al.*, "Two-dimensional beam steering using an electrically tunable impedance surface," in IEEE Transactions on Antennas and Propagation, vol. 51, no. 10, pp. 2713-2722, Oct. 2003
- [3] B. Liang *et al.*, "A Frequency and Polarization Reconfigurable Circularly Polarized Antenna Using Active EBG Structure for Satellite Navigation," in IEEE Transactions on Antennas and Propagation, vol. 63, no. 1, pp. 33-40, Jan. 2015
- [4] D. Peroulis, K. Sarabandi and L. P. B. Katehi, "Design of reconfigurable slot antennas," in IEEE Transactions on Antennas and Propagation, vol. 53, no. 2, pp. 645-654, Feb. 2005
- [5] E. Erdil *et al.*, "Frequency Tunable Microstrip Patch Antenna Using RF MEMS Technology," in IEEE Transactions on Antennas and Propagation, vol. 55, no. 4, pp. 1193-1196, April 2007
- [6] T. Hand and S. Cummer, "Characterization of Tunable Metamaterial Elements Using MEMS Switches," in IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters, vol. 6, pp. 401-404, 2007