



HAL
open science

Conception de cellules pour des polariseurs imprimées large bande opérant en réflexion

S Gharbieh, M. García-Vigueras, Renaud Loison, A. Harmouch, A. Jrad

► **To cite this version:**

S Gharbieh, M. García-Vigueras, Renaud Loison, A. Harmouch, A. Jrad. Conception de cellules pour des polariseurs imprimées large bande opérant en réflexion. XXIèmes Journées Nationales Microondes, May 2019, Caen, France. hal-02166155

HAL Id: hal-02166155

<https://hal.science/hal-02166155>

Submitted on 11 Jul 2019

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.

Conception de cellules pour des polariseurs imprimés large bande opérant en réflexion

S.GHARBIEH^{1,2}, M.GARCÍA-VIGUERAS¹, R.LOISON¹, A.HARMOUCH², A.JRAD³

¹Institut d'Electronique et de Télécommunication de Rennes, IETR, INSA Rennes

²CRSI, Université Libanaise, Faculté de Génie, EDST, Tripoli, Lebanon

³LEPA, Université Libanaise, Faculté des Sciences, EDST, Tripoli, Lebanon

samara.gharbieh@insa-rennes.fr, maria.garcia-vigueras@insa-rennes.fr, renaud.loison@insa-rennes.fr

Résumé – Cet article présente la topologie de deux cellules pouvant être utilisées pour concevoir des réflecteurs périodiques polarisants. Ces réflecteurs sont capables de convertir une onde incidente linéairement polarisée en une onde réfléchie circulairement polarisée. Deux polariseurs sont conçus et leurs performances en incidence normale sont validées par des simulations. Les bandes passantes sont de 48,6% et 70,9% respectivement, pour un taux d'ellipticité inférieur à 2dB. Le polariseur ayant la meilleure bande passante est de même étudié sous différentes incidences obliques.

1. Introduction

Les polariseurs sont des éléments fondamentaux dans plusieurs systèmes de communications telle que la télédétection [1] ainsi que dans différentes applications spatiales. Les surfaces polarisantes convertissent une onde polarisée linéairement (PL) en une onde polarisée circulairement (PC) permettant ainsi de remplacer les sources PC par des sources PL dans quelques systèmes [2]. Ces surfaces peuvent être utilisées soit en réflexion [3] ou en transmission [4], et elles sont généralement constituées de cellules métalliques périodiquement imprimées sur des couches simples ou multiples de substrats diélectriques [5], [6].

Dans ce travail, nous nous intéressons à la conception des surfaces périodiques réfléchissantes fonctionnant sur une large bande de fréquences dans le but d'être utilisées dans des applications spatiales. De nombreux travaux ont été rapportés dans la littérature visant à cet objectif. Trois principales stratégies de conception peuvent être identifiées. La première est d'utiliser un motif comprenant deux résonateurs perpendiculaires [1], [7]. Ces deux résonateurs sont excités par l'onde PL incidente. Le point clé de cette solution est le fait que les fréquences de résonance sont légèrement décalées, générant ensuite la différence de phase de 90° souhaitée entre les deux composantes du champ réfléchi et par conséquent, la PC est atteinte. Vu que cette approche est basée sur un phénomène de résonance, normalement elle induit ensuite une bande passante réduite. Dans ce cadre et pour améliorer la bande passante, une deuxième stratégie utilisant des motifs non résonants qui se comportent soit comme un condensateur ou un inducteur

selon la composante considérée du champ électrique incident [3], [5] est utilisée. Différents exemples existent dans la littérature utilisant cette stratégie et se limitant tous sur un comportement capacitif suivant un axe et inductif suivant l'axe perpendiculaire, comme les méandres classiques. En ajustant correctement les dimensions de telles structures réactives, on peut obtenir une différence de phase de 90° entre les composantes orthogonales du champ réfléchi. Dans le but d'augmenter encore plus la bande passante et pour avoir un degré de liberté additionnel afin de mieux contrôler la différence de phase entre les composantes du champ réfléchi, plusieurs exemples utilisent une cascade de ces éléments quasi-statiques non résonants. D'où la troisième stratégie qui considère les structures multicouches dont chaque couche est chargée d'agir principalement avec une des deux composantes orthogonales du champ incident [4], [6]. Le comportement à large bande est à nouveau atteint, car les motifs considérés ne sont pas résonants. Cependant, les structures multicouches sont normalement évitées dans les applications spatiales, du fait qu'elles rendent le système moins compact. Ensuite notre objectif est donc d'atteindre le PC en large bande tout en utilisant une seule couche de circuits imprimés.

Dans cet article, deux nouvelles cellules polarisantes sont présentées, qui sont fondamentalement basées sur la deuxième approche. La contribution principale de ce travail est que les motifs conçus généralisent la deuxième approche à des comportements autre que ceux du méandre classique autrement dit autre combinaison que capacitif/inductif. Cela conduit à des cellules qui ont une structure simple et peuvent être imprimée sur une seule couche de diélectrique. De plus, les cellules montrent de très bonnes performances en ce qui concerne la bande de fréquence. Des bandes plus large que les cellules présentées dans la littérature (par exemple, la bande passante dans [7] est de 44% pour un taux d'ellipticité plus petit que 3dB) sont atteintes.

L'article est organisé de la manière suivante. Le principe de fonctionnement est présenté dans la section 2. Dans la section 3 et 4, la conception des cellules ainsi que les résultats des simulations sont affichés. Enfin une conclusion est donnée dans la section 5.

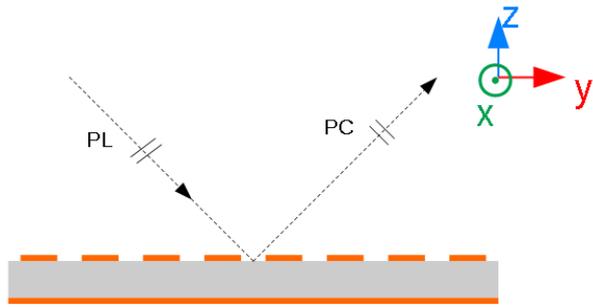


Figure 1 : Exemple d'une surface polarisante qui convertit une onde LP en une onde CP.

2. Principe de fonctionnement

Le scénario considéré est illustré dans la Fig. 1. Il consiste d'un réflecteur formé de cellules périodiquement imprimées sur une couche de substrat et au dessous un plan de masse métallique. Ce réflecteur est éclairé par une onde plane PL inclinée à 45° dans le repère des axes x-y.

Le champ incident E_{inc} (voire Fig. 3) incliné peut être ensuite décomposé en deux composantes en phase et de même amplitude suivant les deux axes x et y. Afin de convertir l'onde incidente PL en une onde réfléchi PC, il est nécessaire de synthétiser des cellules capables de générer une différence de phase de 90° entre les deux composantes du champ réfléchi x et y. On considère dans la suite le cas des structures symétriques suivant les deux axes de la cellule. Cette hypothèse garantie que les polarisations croisées n'apparaissent pas. Donc si la cellule est illuminé par un champ suivant l'axe x par exemple, le champ réfléchi n'est formé que par une seule composante suivant x aussi. Alors la polarisation circulaire est créée si une différence de phase de 90° entre les coefficients de réflexion suivant les axes x et y est produite par la cellule.

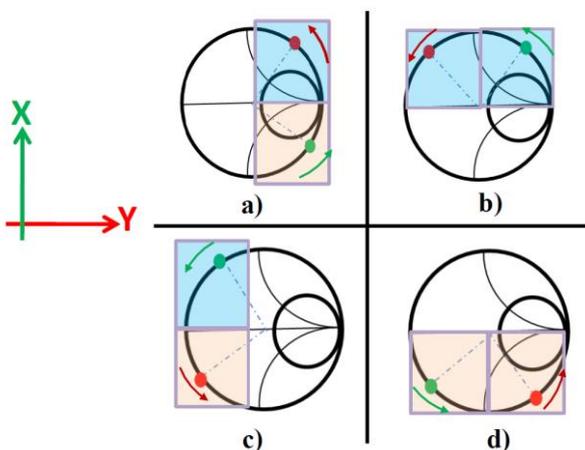


Figure 2 : Représentation des phases des coefficients de réflexion dans l'abaque de Smith.

On considère un substrat sans pertes avec une épaisseur de $\lambda_0/4$, où λ_0 est la longueur d'onde à la

fréquence centrale. Ainsi, à cette fréquence, la valeur de l'impédance d'entrée de la cellule est purement imaginaire et correspond à l'impédance du motif de la cellule unitaire. Pour concevoir de telles structures, l'objectif principal est de trouver des motifs dont les coefficients de réflexion suivant x et y sont en quadrature de phase. Afin de visualiser cet objectif, la représentation en abaque de Smith des phases des coefficients de réflexion est utilisée dans la Fig.2. Pour créer la différence de phase de 90° entre les coefficients de réflexion suivant x et y, les impédances équivalentes doivent suivre les configurations esquissées dans Fig. 2. Plus clairement, le comportement du motif suivant x par exemple peut être capacitif ou inductif, de même suivant y. Pour garantir une différence de phase de 90°, il existait quatre différentes combinaisons (Fig. 2). Le cas de la Fig. 2a et de la Fig. 2c correspondrait à des lignes de méandres classiques, se comportant comme des condensateurs dans une direction et comme des inducteurs dans la direction perpendiculaire. En outre, les cellules se comportant d'une même manière dans les deux axes, soit inductive (Fig. 2b), soit capacitive (Fig. 2d), produisent également des CP.

3. Conception des cellules polarisantes

Les polariseurs étudiés sont des surfaces périodiques imprimées sur un substrat avec un plan de masse en dessous (Fig. 1). Nous considérons des conditions idéales sans pertes (le substrat est le vide et les conducteurs sont parfaits). Ces conditions idéales sont prises juste dans le but de valider les avantages de cette stratégie de conception. Dans de prochaines études, des substrats réels pourraient être envisagés. La fréquence de fonctionnement centrale est de 20 GHz et la périodicité est fixé à $P = \lambda_0/3 = 5$ mm. Ce choix de périodicité est fait pour éviter l'apparence de lobes d'ambiguïté dans la bande de fréquence étudiée. L'épaisseur du substrat est bien définie pour être $\lambda_0/4 = 3,75$ mm.

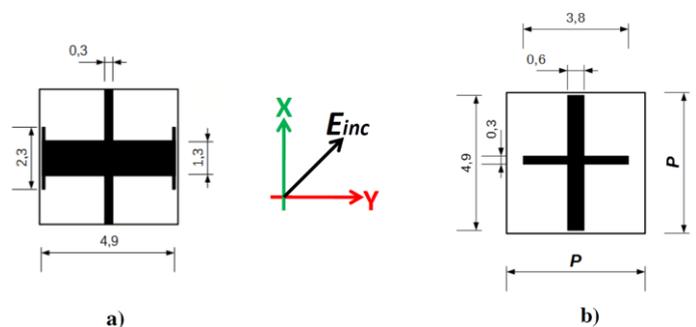


Figure 3 : Géométrie des deux cellules polarisantes conçues. (Toutes les dimensions sont en mm)

Dans la section précédente, plusieurs cas possibles sont montrés (Fig. 2) afin d'assurer la différence de phase de 90° entre les deux composantes du champ. Pour démontrer la faisabilité de concevoir plusieurs modèles

capables la conversion de polarisation, nous choisissons les deux configurations suivantes :

- La configuration de la Fig. 2 c) qui reprend le comportement d'un méandre classique où le motif est inductif pour la composante x et capacitif pour la composante y. Pour cela la structure de la Fig. 3 a) est considérée. Tout simplement le bras suivant x assure le comportement capacitif or la ligne continue suivant y assure le comportement inductif.
- La configuration de la Fig. 2 d) où le motif est capacitif suivant les deux axes également. Ces comportements capacitifs sont atteints par deux armes perpendiculaires Fig. 3 b).

Les dimensions des structures sont optimisées de façon à pouvoir assurer les valeurs correspondantes d'inductance ou de capacités adéquates pour assurer la différence de phase de 90° . Il y a sûrement d'autres dimensions qui peuvent assurer la différence de phase nécessaire.

La conversion de polarisation est attendue en réflexion après avoir illuminer les cellules par un champ incident PL et incliné 45° .

4. Résultats et Discussions

Les cellules conçues sont simulées en HFSS, dans des conditions de périodicité infinie. Dans un premier temps, les cellules sont illuminées sous incidence normale. Elles sont testées sur la bande [10-35 GHz] dans le but d'examiner leurs performances en conversion de polarisation sur une large bande de fréquence. La Fig. 4 montre les taux d'ellipticité correspondant aux cellules de Fig. 3 a) et b) respectivement. Ces graphiques montrent que les cellules conçues sont capables de convertir une onde incidente polarisée linéairement vers une onde réfléchie polarisée circulairement sur une large bande de fréquence pour un taux d'ellipticité inférieur à 2dB (respectivement 48,6% et 70,9%). Ces résultats de simulation valident la solution proposée. Ils renforcent l'idée de ne pas se limiter dans une seule combinaison de comportement capacitif/inductif. Les résultats encouragent sans doute l'utilisation de la seconde cellule pour les applications à large bande.

Vue que la cellule de la Fig. 3 b) montre un taux d'ellipticité inférieur à 2dB sur une bande de fréquence de 70,9% en incidence normale, il est aussi intéressant d'examiner sa réponse sous différentes incidences. Pour cela cette même cellule est simulée dans les cas d'une incidence oblique à 10° , 20° , 30° , 35° et 40° .

Le graphique de la Fig. 5 montre les différents taux d'ellipticité. Pour un taux inférieur à 2dB, une bande passante de 48% est accomplie jusqu'à une incidence de 35° . Cette bande passante diminue dans le cas d'une incidence de 40° (bande passante de 37%). Même sous incidence oblique, le polariseur montre une bande passante acceptable. Cet aspect d'incidence oblique pourra être pris en considération et incite à optimiser les

cellules pour avoir de meilleurs réponses en incidence oblique.

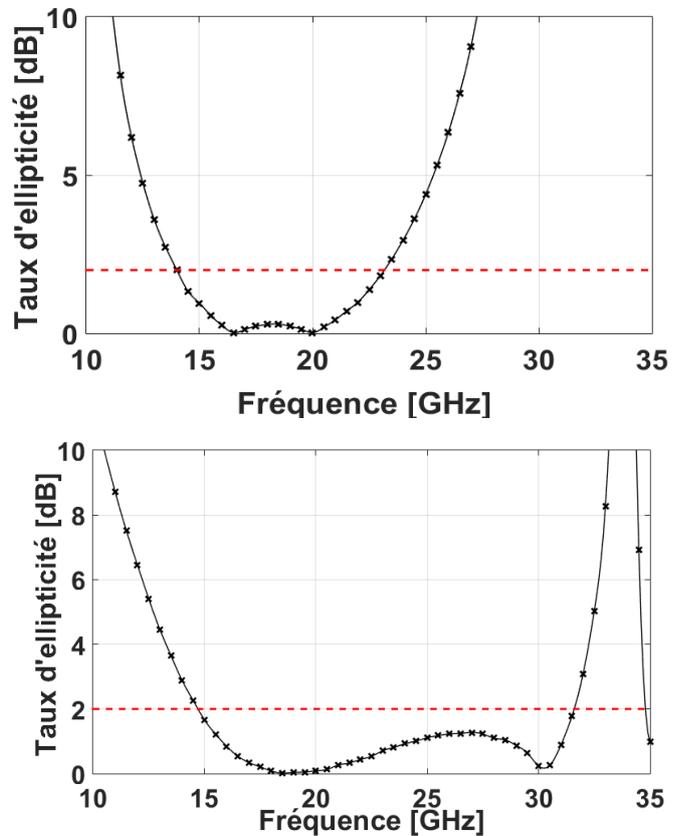


Figure 4 : Taux d'ellipticité en fonction de la bande de fréquence pour les cellules de la Fig. 3 a) et b) respectivement.

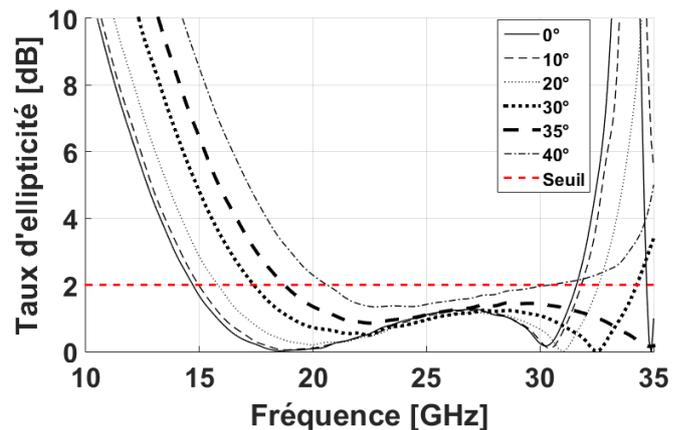


Figure 5 : Taux d'ellipticité en fonction de la bande de fréquence pour différentes incidences.

5. Conclusion

Dans cet article, nous avons présenté deux cellules différentes pour la conception des réflecteurs polarisants. Ces cellules permettent la conversion de la polarisation linéaire d'une onde en polarisation circulaire. Elles étendent le principe du polariseur à méandres en généralisant les comportements capacitifs/inductifs à d'autres combinaisons permettant également de créer la différence de 90° nécessaire pour la polarisation circulaire. Le principe a été validé par des simulations et de larges bandes ont été obtenues dans le cas d'une incidence normale (48,6% et 70,9%). De plus la cellule qui a comme comportement capacitif pour les deux composantes est aussi simulée sous différentes incidences. Les simulations montrent une large bande de 48% pour une incidence de 35° avant de se réduire pour une incidence au-delà de 40° . Les réflecteurs proposés sont concurrents dans les applications spatiales vue qu'ils sont compacts et larges bandes.

Références

- [1] M. Veysi, C. Guclu, O. Boyraz, and F. Capolino, "Infrared polarizing reflectarray metasurfaces," in *Antennas and Propagation Society International Symposium (APSURSI), 2014 IEEE*, pp. 1017–1018, IEEE, 2014.
- [2] W. Tang, G. Goussetis, N. J. Fonseca, H. Legay, E. S'aenz, and P. de Maagt, "Coupled split-ring resonator circular polarization selective surface," *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, vol. 65, no. 9, pp. 4664–4675, 2017.
- [3] C. Zhang, Y. Wang, F. Zhu, G. Wei, J. Li, C. Wu, S. Gao, and H. Liu, "A planar integrated folded reflectarray antenna with circular polarization," *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, vol. 65, no. 1, pp. 385–390, 2017.
- [4] C. Pfeiffer and A. Grbic, "Millimeter-wave transmitarrays for wavefront and polarization control," *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*, vol. 61, no. 12, pp. 4407–4417, 2013.
- [5] W. Tang, S. Mercader-Pellicer, G. Goussetis, H. Legay, and N. J. Fonseca, "Low-profile compact dual-band unit cell for polarizing surfaces operating in orthogonal polarizations," *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, vol. 65, no. 3, pp. 1472–1477, 2017.
- [6] M. Hosseini and S. V. Hum, "A circuit-driven design methodology for a circular polarizer based on modified jerusalem cross grids," *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, vol. 65, no. 10, pp. 5322–5331, 2017.
- [7] R. Orr, G. Goussetis, V. Fusco, and E. Saenz, "Linear-to-circular polarization reflector with transmission band," *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, vol. 63, no. 5, pp. 1949–1956, 2015.