



**HAL**  
open science

## Cellule élémentaire contrôlable optiquement pour réseau-transmetteurs en bande X

Romain Cane, Jérôme Taillieu, David Gonzalez-Ovejero, Ronan Sauleau,  
Mehdi Alouini

► **To cite this version:**

Romain Cane, Jérôme Taillieu, David Gonzalez-Ovejero, Ronan Sauleau, Mehdi Alouini. Cellule élémentaire contrôlable optiquement pour réseau-transmetteurs en bande X. OPTIQUE Dijon 2021, Société Française d'Optique, Jul 2021, Dijon, France. hal-03294136

**HAL Id: hal-03294136**

**<https://hal.science/hal-03294136>**

Submitted on 21 Jul 2021

**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.

# CELLULE ELEMENTAIRE CONTROLABLE OPTIQUEMENT POUR RESEAU-TRANSMETTEURS EN BANDE X

Romain Cane<sup>1,2</sup>, Jérôme Taillieu<sup>1,2</sup>, David Gonzalez-Ovejero<sup>1</sup>, Ronan Sauleau<sup>1</sup>, Mehdi Alouini<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Univ Rennes, CNRS, IETR (Institut d'Electronique et de Télécommunications de Rennes) - UMR 6164, F-35000 Rennes, France

<sup>2</sup> Univ Rennes, CNRS, Institut FOTON – UMR 6082, F-35000 Rennes, France

[jerome.taillieu@univ-rennes1.fr](mailto:jerome.taillieu@univ-rennes1.fr),

## RÉSUMÉ

Une cellule élémentaire contrôlée optiquement à 1,5  $\mu\text{m}$  est proposée pour intégration dans un réseau transmetteur en bande X. Un prototype a été caractérisé dans un guide d'onde avec une différence de phase de  $180^\circ \pm 10^\circ$  entre les deux états de la cellule, dans la bande fréquence de 8.7-10.5GHz avec une bande passante relative à -3dB de 9.8%.

**MOTS-CLEFS :** *réseau-transmetteur ; cellule élémentaire contrôlable optiquement ; germanium*

## 1. INTRODUCTION

Les réseaux transmetteurs (RT) ont été étudiés dans la dernière décennie, principalement pour les communications terrestres ou spatiales à haut débit. Ceux-ci sont constitués d'une ou plusieurs sources illuminant un réseau plan de cellules élémentaires. Chaque cellule élémentaire est constituée d'une antenne réceptrice, d'un système de décalage de phase et d'une antenne émettrice. Le contrôle de la phase en chaque cellule élémentaire permet d'orienter le faisceau dans la direction souhaitée selon un masque de phase prédéfini.

Une large diversité de RT reconfigurables électriquement à cellules élémentaires à 1 ou 2 bits d'états de phase a été récemment démontré dans la littérature[1]–[4]. La montée en fréquence de ces RT repose aujourd'hui sur la possibilité de commuter optiquement les cellules élémentaires. En effet, le réseau de polarisation des cellules élémentaires fait intervenir un nombre considérable d'accès électriques aux cellules élémentaires, qui sont séparées de  $\lambda/2$ , et dont la densification dégrade fortement les caractéristiques de transmission du RT. Le remplacement du réseau de polarisation par un réseau de fibre résout ce problème à condition que la commutation de chaque cellule élémentaire puisse être activée optiquement[5].

Nous présentons ici une cellule élémentaire opérant en bande X reconfigurable optiquement à 1,5  $\mu\text{m}$  par induction d'une couche plasma dans des semiconducteurs de Germanium.

## 2. DESIGN ET PRINCIPE DE LA CELLULE ELEMENTAIRE RECONFIGURABLE

L'architecture de la cellule élémentaire contrôlable optiquement proposée ici est inspirée de travaux précédents sur un RT en bande X de 400 éléments reconfigurables électriquement à l'aide de diodes PIN [3]. La cellule élémentaire est constituée de deux substrat RT/Duroid<sup>TM</sup> 5880 séparés par un plan de masse en cuivre. Les deux substrats sont assemblés à l'aide d'un film de colle. Une antenne "patch" est imprimée sur chaque face, l'une passive en forme de U et l'autre contrôlable optiquement en forme de O où se trouvent les semi-conducteurs comme illustré en Fig. 1(b). Les semi-conducteurs en Germanium ont été choisis et étudiés afin de tirer profit des technologies télécoms à 1,55  $\mu\text{m}$ . Ces derniers sont collés sur l'antenne active et sont illuminés par une source laser à 1,55  $\mu\text{m}$  à l'aide de fibres optiques collées sur le substrat Duroid. Lorsque que le Germanium est illuminé à 1,55  $\mu\text{m}$  il génère par effet photoélectrique un plasma conducteur qui connecte électriquement d'un côté ou de l'autre le via traversant à l'antenne "patch". Ainsi, lorsque le semi-

conducteur du haut est illuminé, le circuit de l'antenne active dessine un U droit ou réciproquement un U retourné. Dans un cas, les deux patchs actifs et passif forment des U dans le même sens et n'entraînent pas de déphasage, dans l'autre cas les deux antennes sont retournées l'une par rapport à l'autre et entraînent un déphasage de l'onde incidente par rapport à l'onde émise de  $180^\circ$ .

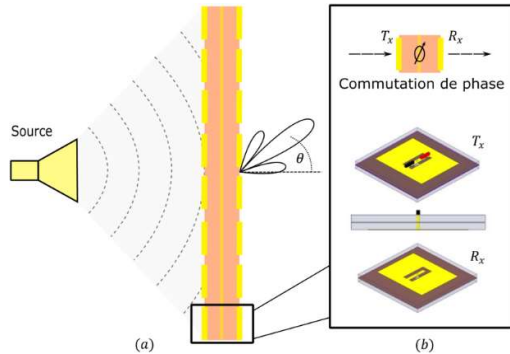


Fig. 1. Principe de fonctionnement d'un réseau transmetteur (a). Cellules élémentaires réalisées intégrées au réseau transmetteur (b)

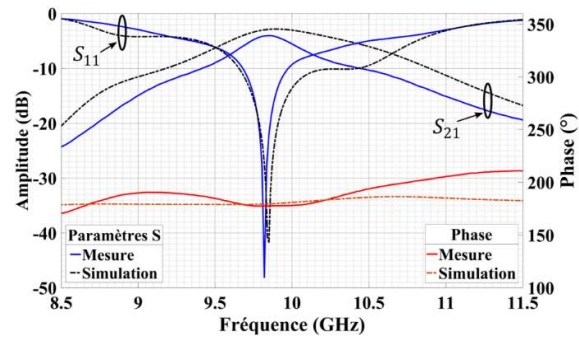


Fig. 2. Coefficients de réflexions et de transmission du RT (à l'état  $180^\circ$ ) et différence de phase entre les deux états.

La cellule a été testée, caractérisée et simulée en l'intégrant dans un guide d'onde aux standards WR-90. La différence de pertes en transmission entre les deux états a été mesurée à 1 dB vers 9,8 GHz avec un minimum de pertes d'insertion de 4 dB. La bande passante à 3 dB quant à elle vaut 0,50 GHz (soit 5,1% à 9.8 GHz) (Fig 2) avec une différence de phase quasi constante entre 8,7 et 10,5 GHz ( $180^\circ \pm 10^\circ$ ) (Fig 2) pour 200 mW de puissance optique à  $1,55 \mu\text{m}$ .

La cellule a été simulée dans un réseau périodique infini et est désormais prête à être intégrée dans un réseau de  $10 \times 10$  cellules contrôlables optiquement à l'aide de de switches optiques de type MEMS. Les simulations ont montré une déviation du faisceau de  $30^\circ$  pour un gain minimum de 16 dB.

## CONCLUSION

Une cellule élémentaire contrôlable optiquement par des semiconducteurs en germanium a été réalisée et est prête pour intégration en réseau de  $10 \times 10$  cellules. La cellule permet de contrôler la phase sur 1 bit. Le réseau transmetteur a été simulé et a montré de bonnes performances de déflexions, nous travaillons actuellement à son assemblage.

## RÉFÉRENCES

- [1] R. M. L. Arrays, C. Cheng, S. Member, and A. Abbaspour-tamijani, "Study of 2-bit Antenna – Filter – Antenna Elements for," vol. 54, no. 12, pp. 4498–4506, 2006.
- [2] J. Y. Lau and S. V. Hum, "Reconfigurable transmitarray design approaches for beamforming applications," *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. 60, no. 12, pp. 5679–5689, 2012, doi: 10.1109/TAP.2012.2213054.
- [3] A. Clemente, L. Dussopt, R. Sauleau, P. Potier, and P. Pouliguen, "Wideband 400-element electronically reconfigurable transmitarray in X band," *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. 61, no. 10, pp. 5017–5027, 2013, doi: 10.1109/TAP.2013.2271493.
- [4] A. Clemente, L. Dussopt, R. Sauleau, P. Potier, and P. Pouliguen, "1-bit reconfigurable unit cell based on PIN diodes for transmit-array applications in X-band," *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. 60, no. 5, pp. 2260–2269, 2012, doi: 10.1109/TAP.2012.2189716.
- [5] R. Cane, R. Sauleau, and M. Alouini, "Optically-Controlled Unit-Cell for Transmitarrays at X-band," *2019 49th Eur. Microw. Conf. EuMC 2019*, pp. 714–717, 2019, doi: 10.23919/EuMC.2019.8910955.