

Réseau d'antenne microruban large bande pour déflexion de faisceau photonique en bande W

Jérôme Taillieu^{1,2}, Ronan Sauleau¹, Mehdi Alouini², David González-Ovejero¹

¹ Univ Rennes, CNRS, IETR (Institut d'Électronique et des Technologies du numéRique) – UMR 61614, F-35000, Rennes, France, jerome.taillieu@univ-rennes1.fr *

² Univ Rennes, CNRS, Institut FOTON – UMR 6082, F-35000 Rennes, France

Le trafic de données sans fil augmente d'un facteur 100 tous les dix ans [1] et une utilisation plus efficace du spectre alloué ne suffira pas à atteindre les débits de données prévus. L'utilisation de porteuses dans le régime des ondes millimétriques ou submillimétriques sera essentielle pour atteindre les largeurs de bande totales requises pour les communications point-à-point (P2P) des systèmes au-delà de la 5G, la diffusion en continu de multimédia à ultra-haute définition ou encore pour les communications au sein des centres de données [2].

L'utilisation de porteuses submillimétriques est entravée par des pertes de propagation élevées. Pour compenser ces pertes, il est nécessaire d'employer des sources THz de forte puissance et des antennes à fort gain avec la possibilité d'orienter le faisceau. En effet, bien que les faisceaux directifs fixes puissent suffire pour les liaisons P2P à courte distance, il est nécessaire de faire appel à des faisceaux dépointables pour les liaisons P2P sur de plus longues distances afin de garantir un auto-alignement fin de faisceaux.

L'architecture globale de l'antenne étudiée ici repose sur la génération photonique du signal transmis, qui bénéficie des composants télécom relativement peu coûteux pour les fonctions d'amplification et de modulation haute fréquence. La figure 1 montre l'architecture prévue pour l'émetteur. Tout d'abord, un laser bifréquence [3] à 1,55 μm est utilisé pour générer deux longueurs d'onde corrélées à basse fréquence. Ensuite, l'une de ces porteuses optiques est modulée par un modulateur IQ afin de bénéficier de formats de modulations évolués. Ce signal est par la suite amplifié avec un amplificateur à fibre dopée à l'Erbium (EDFA) et filtré pour réduire le bruit d'émission spontanée amplifiée. Ensuite, la chaîne d'amplification est divisée en quatre bras à l'aide de coupleurs optiques. La réalisation de la loi de phase sera assurée, dans un premier temps, par des lignes à retard qui précéderont les photomélangeurs à photodiode UTC. L'antenne à réseau phasé est composée de quatre sous-réseaux, chacun excité par une seule photodiode UTC. La fréquence centrale de la liaison RF est fixée à 100 GHz.

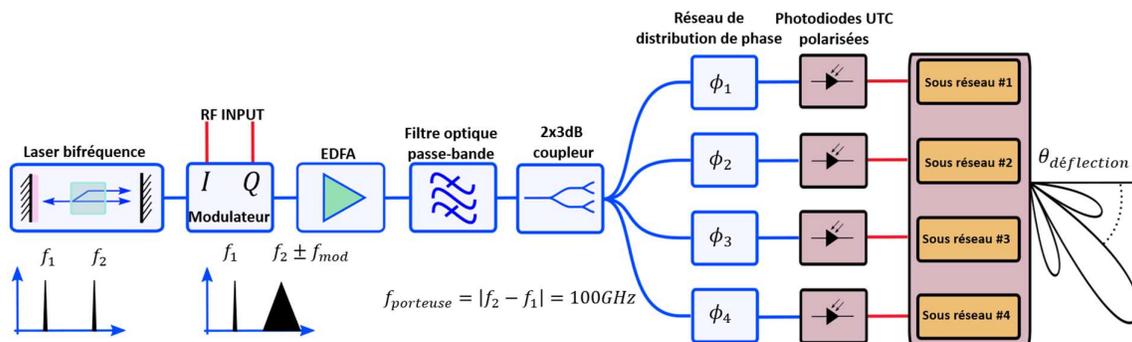


Figure 1. Schéma de la chaîne de transmission

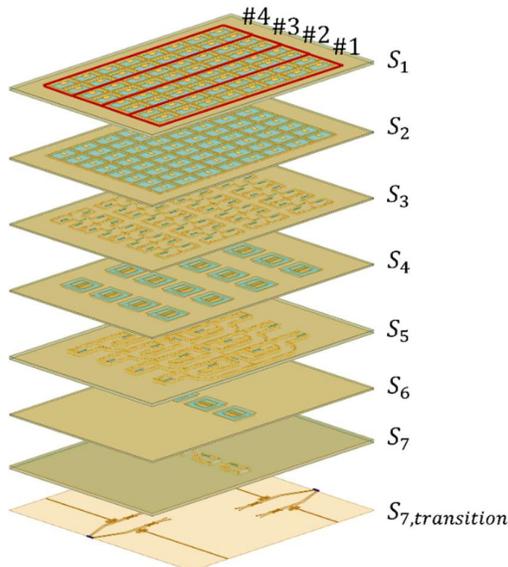


Figure 2. Vue éclatée de l'antenne PCB multicouche

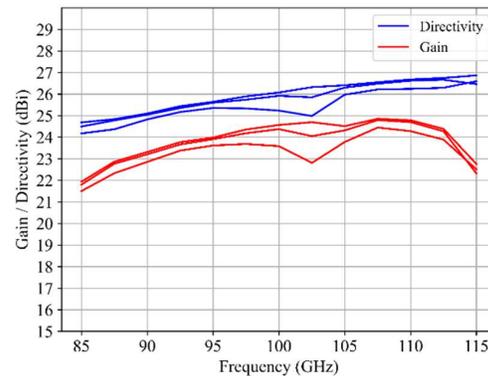


Figure 3. Gain et directivité de l'antenne à 0°, 5° et 10° d'angle de déflexion sur toute la bande d'intérêt

Du fait de la complexité de l'injection optique dans les photodiodes, le réseau à contrôle de phase développé (Fig. 2) a été divisé en quatre sous-réseaux électriquement larges afin d'obtenir un gain suffisant pour satisfaire le bilan de liaison avec un minimum de photodiodes. Les sept substrats Isola Astra MT77 ($\epsilon_r = 3$, $\tan\delta = 0.0017$ en bande W) sont collés les uns aux autres à l'aide de préimprégné Isola Astra ($\epsilon_r = 2.97$, $\tan\delta = 0.0019$ en bande W). Les photodiodes UTC sont connectées à la face inférieure de l'antenne multicouche (voir $S_{7,transition}$ en Fig. 2) par une résine conductrice. Le circuit passif connectant la sortie en guide d'onde coplanaire (CPW) des UTC vers l'entrée en guide d'onde intégré (SIW) de l'antenne permet de polariser les UTC. Cette transition présente des pertes en transmission de 2 dB pour des pertes de retours inférieures à -12,5 dB sur toute la bande considérée. La puissance en sortie de la transition en S_7 est guidée par SIW et est successivement divisée dans les substrats S_5 et S_3 puis rayonnée à l'aide d'une structure de patches empilés en S_2 et S_1 .

En bande W l'épaisseur des préimprégné n'est plus négligeable : Il n'est plus possible de coupler la puissance d'un substrat à un autre à l'aide de deux ouvertures superposées : les pertes y sont trop importantes et conduisent au couplage entre sous-réseaux. C'est pourquoi les substrats S_4 et S_6 ont été ajoutés afin de supprimer ces fuites.

L'antenne ainsi développée permet un angle d'élévation contrôlable optiquement sur $\pm 10^\circ$ et présente un gain stable à ± 1.5 dB sur la plage de fréquence 85 GHz-115 GHz. En incluant les pertes de la transition entre la photodiode et l'antenne, le gain maximal est de 22,4 dBi.

Ce travail a bénéficié du soutien du gouvernement français accordé au laboratoire d'excellence Labex CominLabs et géré par l'Agence Nationale de la Recherche dans le cadre du programme "Investissements d'Avenir" sous la référence ANR-10-LABX-07-01.

[1] "Ericsson Mobility Report," no. November, 2021.
 [2] T. Nagatsuma, G. Ducournau, and C. C. Renaud, "Advances in terahertz communications accelerated by photonics," *Nat. Photonics*, vol. 10, no. 6, pp. 371–379, 2016
 [3] A. Rolland *et al.*, "Narrow Linewidth Tunable Terahertz Radiation By Photomixing Without Servo-Locking," pp. 260–266, 2014