

Un doubleur de fréquences équilibré à diodes planaires en vue des récepteurs hétérodynes submillimétriques spatiaux

A. Maestrini¹, B. Lecomte¹, M. Favreau², S. Toutain³ et G. Beaudin¹

¹ DEMIRM - Observatoire de Paris, 61 av. de l'Observatoire - 75014 Paris

² MMS-Toulouse, 31, avenue des cosmonautes, 31402 Toulouse CEDEX 4

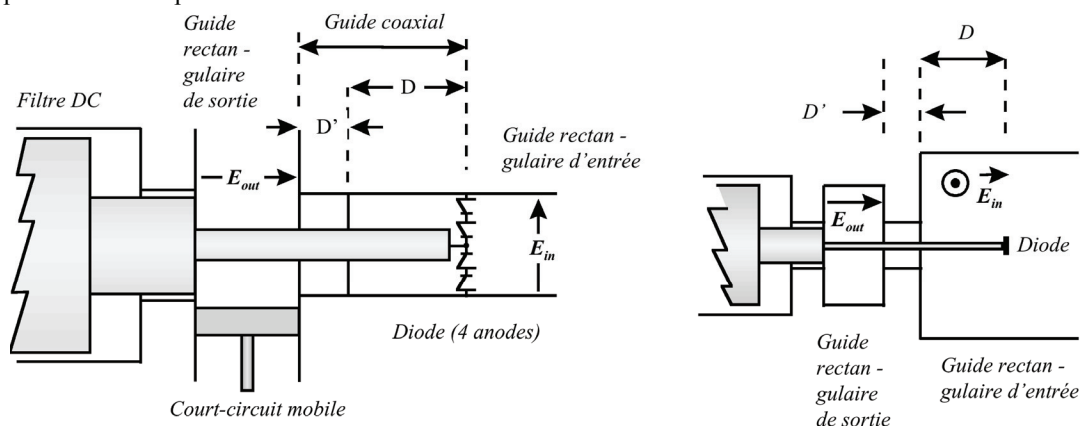
³ Laboratoire SEI, IRESTE, rue Christian Pauc - La Chantrerie - B.P. 60601- 44306 Nantes CEDEX 03

Introduction :

Les multiplicateurs de fréquences à diodes planaires sont des éléments clé des chaînes de réception hétérodynes submillimétriques pour les instruments spatiaux dédiés à la radioastronomie ou à l'aéronomie. En effet, il n'existe pas de source fondamentale à état solide délivrant suffisamment de puissance aux fréquences considérées. Dans ce contexte, nous avons conçu, modélisé, et caractérisé un doubleur de fréquences équilibré fonctionnant à 260 GHz. Ce travail s'inscrit dans le cadre d'un projet financé par l'Agence Spatiale Européenne dont le but était de développer un prototype de récepteur Schottky fonctionnant à 500 GHz en mode subharmonique pour le satellite MASTER, (le mélangeur fut conçu et réalisé par MMS à Toulouse).

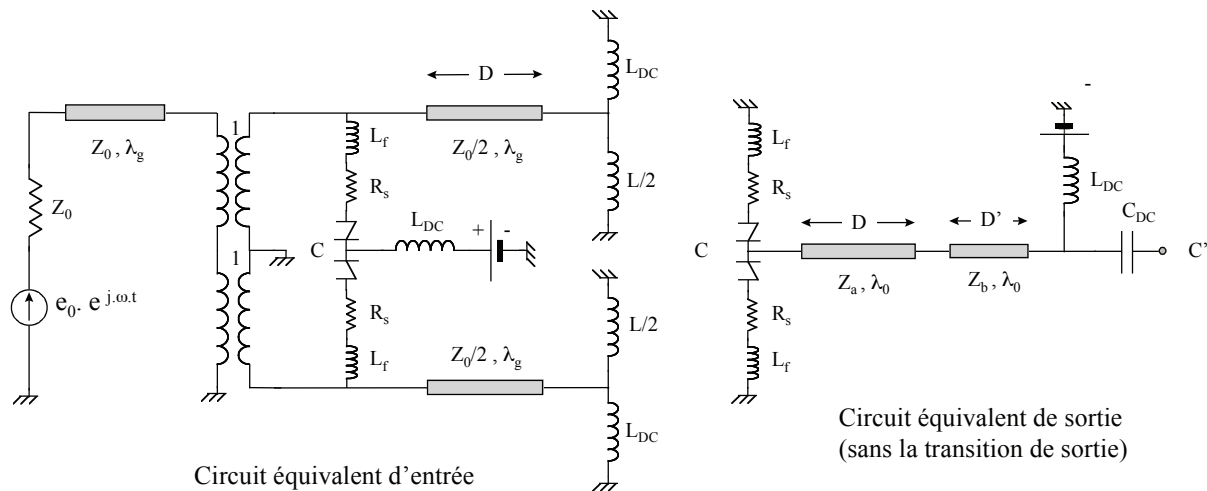
Conception et modélisation d'un doubleur de fréquences équilibré à 260 GHz :

Le doubleur équilibré étudié reprend la structure proposée par Neal Erickson [1]. Le composant utilisé est fabriqué par l'Université de Virginie (diode SB3T2-C0); il est réalisé sur un substrat en GaAs de 25 μ m d'épaisseur et comporte quatre anodes réparties en deux paires disposées tête-bêche, placées dans le guide rectangulaire d'entrée ; au point central, est connectée une tige métallique de 100 μ m de diamètre, placée dans le sens de la propagation ; elle traverse le fond de la cavité d'entrée pour former deux sections de guide quasi-coaxial, puis traverse le guide rectangulaire de sortie, réalisant ainsi la transition de sortie ; à son extrémité, est connecté un filtre coaxial qui permet de polariser le composant.

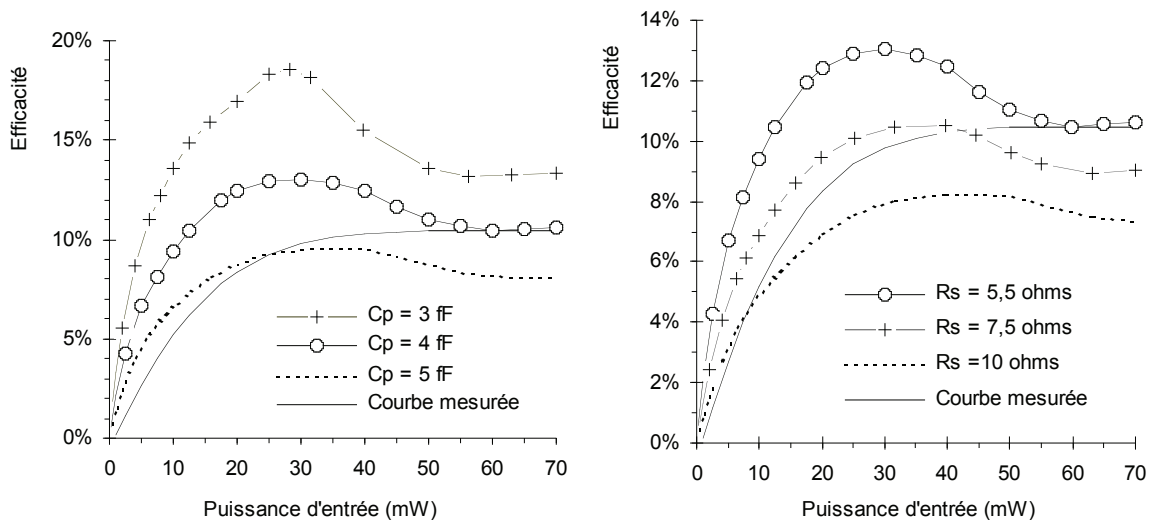


Une analyse électromagnétique des champs et des courants présents dans les différentes parties du doubleur a permis de mettre en évidence l'existence des harmoniques impairs, couplés au guide rectangulaire d'entrée ainsi qu'au guide quasi-coaxial suivant un mode transverse électrique. Les harmoniques pairs sont, quant à eux, couplés au guide quasi-coaxial suivant le mode TEM. Du fait d'une réduction de la hauteur du guide rectangulaire d'entrée, le signal de sortie n'a aucune possibilité d'être couplé à ce dernier (mode TM_{11} sous coupure) ; cette analyse physique a permis de concevoir un premier multiplicateur et de déterminer les paramètres critiques de la structure. Un double stub plan E/ plan H, a été placé en amont du composant afin de pouvoir adapter le composant sur une grande plage de fréquences.

Le modèle a été établi d'après cette étude. Compte tenu de la différence des modes de propagation aux deux principales fréquences, il faut distinguer le circuit équivalent d'entrée du circuit équivalent de sortie. Pour les simulations en harmonique balance, il est nécessaire de les réunir en utilisant des filtres idéaux de fréquences.



La barrière Schottky varactor a été modélisée en utilisant les valeurs mesurées des capacités et des résistances séries. Les ponts à air ont été modélisés par des inductances proportionnelles à leur longueur (environ $1\text{pH}/\mu\text{m}$). A la fréquence d'entrée, le guide rectangulaire est parfaitement adapté au guide quasi-coaxial (section D) : nous avons choisi de les représenter par une même ligne de propagation d'impédance Z_0 (définie avec la tension au centre du guide d'onde). La section D' est sous coupure (équivalente à une inductance L de faible valeur). A l'harmonique 2, les sections D et D' véhiculent le mode TEM ; leurs impédances sont très proches, (environ 100Ω). Le modèle a permis d'optimiser la position du composant et d'étudier l'influence des dispersions des principaux paramètres. Des mesures ont permis de confirmer la cohérence de notre approche.



Simulations et mesures du doubleur équilibré à 260 GHz. Pertes des courts-circuits prises en compte dans les simulations. Capacités parasites mesurées : 4fF (par paire). Résistances séries mesurées : 5,5 Ω (par paire).

Références :

[1] Erickson, Neal & Rizzi, « A balanced doubler using a planar diode array for 270 GHz », Fifth International Symposium on Space terahertz technology, 1994

Ce travail a été soutenu par l'ESA, contrat # ITT A0/1-3022/95/NL/PB et par le CNES (R&D).