



# Nouvelle topologie de déphaseurs analogiques agiles large bande

Khaled Khoder, Marc Le Roy, André Pérennec

► **To cite this version:**

Khaled Khoder, Marc Le Roy, André Pérennec. Nouvelle topologie de déphaseurs analogiques agiles large bande. GDR ondes, 17-18 janvier 2013, Phelma/MINATEC Grenoble, May 2013, Grenoble, France. pp.1-2, 2013. <hal-00793208>

**HAL Id: hal-00793208**

**<http://hal.univ-brest.fr/hal-00793208>**

Submitted on 21 Feb 2013

**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.

# Nouvelle topologie de déphaseurs analogiques agiles large bande

Khaled Khoder, Marc Le Roy et André Pérennec

Université Européenne de Bretagne (UEB), Université de Bretagne Occidentale (UBO)  
Lab-STICC (UMR CNRS 6285), 6, avenue Le Gorgeu, CS93837, 29238 Brest cedex 3.  
khaled.khoder@univ-brest.fr, marc.leroy@univ-brest.fr, [andre.perennec@univ-brest.fr](mailto:andre.perennec@univ-brest.fr)  
Ce projet bénéficie du soutien financier du Conseil Général du Finistère



Un nouveau type de déphaseur analogique à variation continue de phase est présenté. Il est basé sur l'association du déphaseur de Schiffman et de varicaps assurant l'agilité en phase. Cette topologie assure un nouveau compromis particulièrement intéressant en terme de bande passante, de plage de variation de phase, de pertes d'insertion, de compacité et de coût. L'application principale visée est le réseau d'antennes à balayage. Un prototype à une seule cellule a été conçu sur la bande 4-7 GHz. La validation expérimentale montre un très bon accord avec la simulation avec une agilité en phase de plus de  $180^\circ$  et permet d'envisager les  $360^\circ$  avec seulement deux cellules, tout en assurant un niveau de pertes d'insertion très raisonnable pour un déphaseur analogique.

## INTRODUCTION

De nombreux systèmes de télécommunications nécessitent l'utilisation de déphaseurs. Actuellement, les antennes à balayage électronique sont l'objet de nombreuses recherches tant sur la partie antennaire que sur les dispositifs associés. Parmi ceux-ci, les déphaseurs tiennent une place particulière car les spécifications requises sont très contraignantes, surtout sur la platitude de la phase. Quoique la tendance actuelle soit à l'utilisation des MEMS, l'utilisation de composants semi-conducteurs tels que les varicaps est de nouveau d'actualité car leurs pertes intrinsèques et leur tenue en fréquence se sont améliorées. Mais le plus important en conception de circuits reste la topologie optimale à mettre en œuvre. Nous présentons ici un nouveau déphaseur large bande à varicaps qui assure une grande agilité en fréquence pour des niveaux de pertes raisonnables.

## TOPOLOGIE DU DEPHASEUR

La recherche de topologies passe-tout est privilégiée pour maximiser le coefficient de transmission. En éléments localisés, les cellules en treillis et leurs équivalents sont bien connus mais réservés aux relativement basses fréquences microondes. En éléments distribués, le déphaseur de Schiffman [1] est le plus connu et permet un déphasage constant sur de relativement larges bandes, mais sans agilité de phase (figure 1). Une autre structure intéressante a été proposée par Hayashi et al. [2] et repose sur un "branch line"  $90^\circ$  simplifié (Figure 2). La topologie que nous présentons ici (figure 3) peut être vue soit comme une extension du Schiffman pour le rendre agile, soit comme le déphaseur de Hayashi où un couplage est introduit entre les deux lignes de transmission.

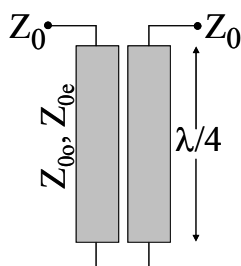


Figure 1 : déphaseur de Schiffman

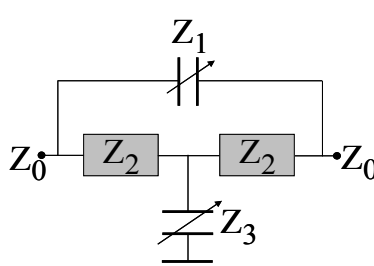


Figure 2 : déphaseur passe-tout

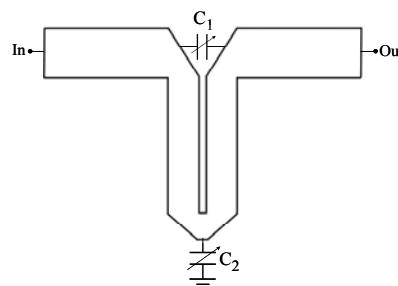


Figure 3 : nouvelle topologie du déphaseur

## CONCEPTION ET VALIDATION EXPERIMENTALE

Dans un premier temps, une analyse complète a été réalisée sur ce nouveau déphaseur en décomposant la structure en modes pairs et impairs. Cependant, les expressions obtenues se révélèrent trop complexes pour pouvoir en retirer des relations de synthèse. Une optimisation globale a donc été menée sur les paramètres suivants : impédances pair  $Z_{0e}$  et impair  $Z_{0o}$ , longueur des 2 lignes couplées pour la partie distribuée et la valeur des capacités  $C_1$  et  $C_2$ . Pour ces dernières, en reprenant la relation de synthèse du déphaseur de Hayashi, qui conduisait à  $C_3 = 4.C_1$  (associées à  $Z_3$  et  $Z_1$ ), nous avons cherché le meilleur rapport entier entre  $C_2$  et  $C_1$ . Adaptation et agilité en phase ont été optimisées et la relation  $C_2 = 2.C_1$  a été retenue.

A noter que l'intérêt principal de cette topologie est de présenter une grande agilité de phase pour de faibles valeurs de capacité. Ainsi, la diode varicap utilisée (MA46H120 de chez M/A COM [3]) présente des capacités allant de 1.15 pF à 0.15 pF pour des tensions de 0 à 18 Volts. De ce fait, la majeure partie de la puissance est transmise par les lignes couplées comme indiqué plus loin.



Par ailleurs, les paramètres S d'une varicap ont été mesurés pour les différentes valeurs de polarisation et introduits dans l'optimisation sous le logiciel ADS. L'optimisation sur la bande 4 - 7 GHz a ramenée les valeurs suivantes :  $Z_{0e} = 92 \Omega$  et  $Z_{0o} = 47 \Omega$  pour les impédances paires et impaires des deux lignes couplées et une fréquence de 10 GHz pour un angle électrique de  $90^\circ$ . Les paramètres S associés sont représentés ci-dessous.

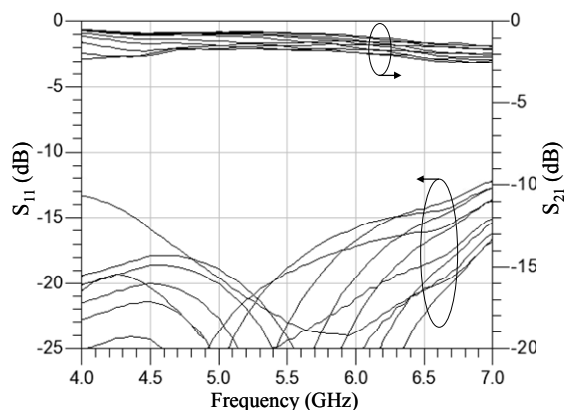


Figure 4 : simulations après optimisation des paramètres  $S_{11}$  et  $S_{21}$  à partir des valeurs mesurées de la varicap MA46H120

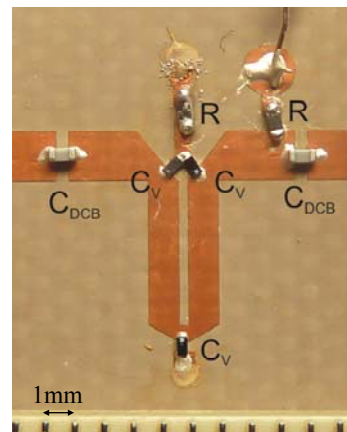


Figure 5 : photographie du circuit,  $C_{DCB} = 47 \text{ pF}$ ,  $R = 3.3 \text{ k}\Omega$

Pour l'implantation du circuit (figure 5), un substrat standard RF-35 a été choisi (épaisseur  $h = 0.78 \text{ mm}$ ,  $\epsilon_r = 3.5$ ,  $\text{tg } \delta = 0.0023$ ), la largeur des lignes couplées et de la fente sont respectivement de  $W = 1.07 \text{ mm}$  et  $S = 0.31 \text{ mm}$ . Pour  $C_1$ , deux varicaps ont été associées en série, la polarisation est assurée au travers de deux résistances de fortes valeurs ( $3.3 \text{ k}\Omega$ ) et deux capacités de  $47 \text{ pF}$ ). La longueur du circuit est de  $12 \text{ mm}$ . Après réalisation du circuit, les paramètres de transmission, de réflexion et de phase mesurés sont les suivants (la tension de commande va de  $0$  à  $15 \text{ Volts}$ ).

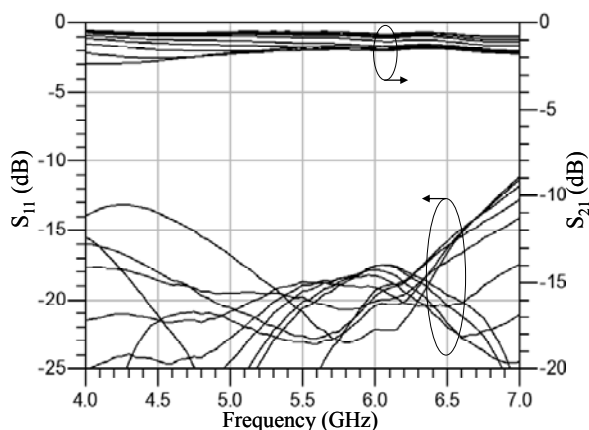


Figure 6 : paramètres  $S_{11}$  et  $S_{21}$  mesurés

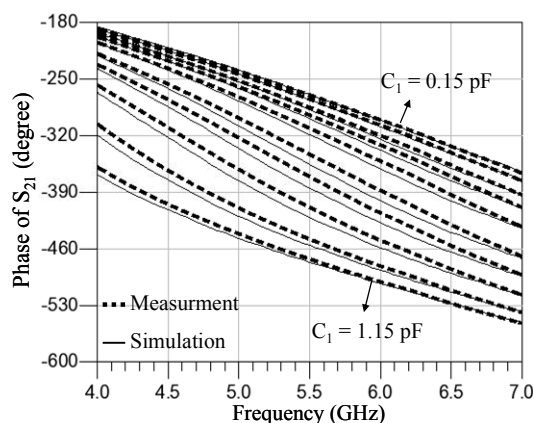


Figure 7 : comparaison des phases mesurées et simulées

On observe un bon accord entre simulations et mesures, bien que la pente de phase demanderait à être améliorée. A noter que la simulation/optimisation ayant été menée avec les caractéristiques mesurées des varicaps, et par conséquent avec ses pertes d'insertion *intrinsèques*, nous avons pu évaluer leur contribution dans le déphaseur en remplaçant les 3 varicaps par des capacités idéales. L'analyse a ramenée une valeur moyenne de  $0.7 \text{ dB}$  sur la bande passante.

## CONCLUSION

Une nouvelle topologie de déphaseur analogique large bande a été présentée. Elle présente une grande agilité en phase pour de faibles valeurs de capacité et génère des pertes d'insertion relativement faibles. Plus de  $180^\circ$  de variation de phase a été obtenu : deux cellules devraient permettre d'atteindre les  $360^\circ$ . Dans ce cas le nombre de paramètres étant plus élevé, cela devra permettre une amélioration de la platitude des phases. De plus grandes largeurs de bandes seront également accessibles. Enfin, pour des applications en ondes millimétriques, la compacité de ce déphaseur autorise une réalisation en technologie MMIC.

## BIBLIOGRAPHIE

- [1] B. M. Schiffman, "A new class of broad-band microwave 90-degree phase shifter," IRE Trans. Microwave Theory Tech., pp. 232-237, April 1958.
- [2] Hitoshi Hayashi, Tadao Nakagawa, and Katsuhiko Araki, 'A Miniaturized MMIC Analog Phase Shifter Using Two Quarter-Wave-Lengh Transmission Lines', IEEE Trans. Microwave Theory Tech., vol. 50, no. 1, January 2002.
- [3] MA46H120 series, GaAs constant gamma Flip-ship Varactor diode, M/A COM, <http://www.macomtech.com/datasheets/MA46H120.pdf>.