



**HAL**  
open science

# Déphaseur large bande à phase indépendante de la fréquence à base de circuit actif à temps de propagation de groupe négatif

Blaise Elysée Guy Ravelo, Marc Le Roy, André Pérennec

► **To cite this version:**

Blaise Elysée Guy Ravelo, Marc Le Roy, André Pérennec. Déphaseur large bande à phase indépendante de la fréquence à base de circuit actif à temps de propagation de groupe négatif. GDR Ondes, Groupe Thématique 4 " Antennes et Circuits ", Paris - CNAM, 2-4 Novembre 2009, Nov 2009, Paris, France. pp.1-2. hal-00492420

**HAL Id: hal-00492420**

**<https://hal.univ-brest.fr/hal-00492420>**

Submitted on 15 Jun 2010

**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.

# Déphaseur large bande à phase indépendante de la fréquence à base de circuit actif à temps de propagation de groupe négatif

Blaise Ravelo, Marc Le Roy et André Pérennec

Université Européenne de Bretagne (UEB), Université de Bretagne Occidentale (UBO)  
Lab-STICC UMR CNRS 3192, 6 avenue Le Gorgeu, CS93837, 29238 Brest cedex 3.  
marc.leroy@univ-brest.fr, andre.perennec@univ-brest.fr

Un nouveau principe de déphaseur actif à phase constante est proposé. Ce déphaseur est obtenu par l'association de dispositifs à Temps de Propagation de Groupe (TPG) positif et négatif de même valeur absolue. Pour le concevoir, nous avons ainsi associé une ligne de transmission classique avec un circuit actif à TPG négatif développé récemment. Après réalisation d'un prototype en technologie planaire hybride, nous avons mesuré une phase constante (indépendante de la fréquence) de  $-90^\circ \pm 5^\circ$  sur une bande relative d'environ 75 % autour de 1,7 GHz. Les niveaux de gain et d'adaptation mesurés sont également en très bon accord avec les simulations. Finalement, des perspectives d'applications sont décrites.

## INTRODUCTION

De nombreux physiciens ont montré [1-3] qu'à travers un milieu à dispersion anormale, la vitesse de groupe  $v_g$  (liée au Temps de Propagation de Groupe (TPG)) pouvait devenir négative sans contredire le principe de causalité. Dans les dispositifs électroniques générant un TPG négatif, les pertes sont très importantes et ils sont très limités en fréquence [2-3] ce qui restreint fortement leurs applications. Pour surmonter ce problème, nous avons introduit récemment, une topologie de cellule à TPG négatif (*Negative Group Delay : NGD*) [4-6] capable de fonctionner à plusieurs GHz avec compensation des pertes. En utilisant cette topologie, un nouveau type de déphaseur large-bande engendrant une phase indépendante de la fréquence est introduit. Cet article présente donc l'étude théorique et la validation expérimentale de ce concept.

## PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT

Les Figs. 1(a) et 1(b) illustrent le principe de fonctionnement de ce déphaseur à phase constante à base de circuit NGD. En cascadeant ce circuit à TPG négatif avec un dispositif à TPG positif (*Positive Group Delay : PGD*) de même valeur absolue parfaitement adaptés entre eux (Fig. 1(a)), l'ensemble forme ainsi un dispositif présentant un TPG nul ou bien une phase constante ou encore indépendante de la fréquence (Fig. 1(b)) [5].

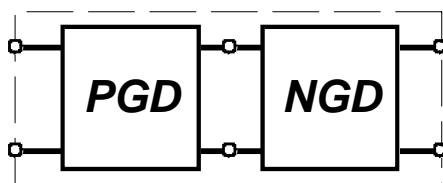


Figure 1(a) : Schéma bloc illustrant le principe de fonctionnement du déphaseur à phase constante.

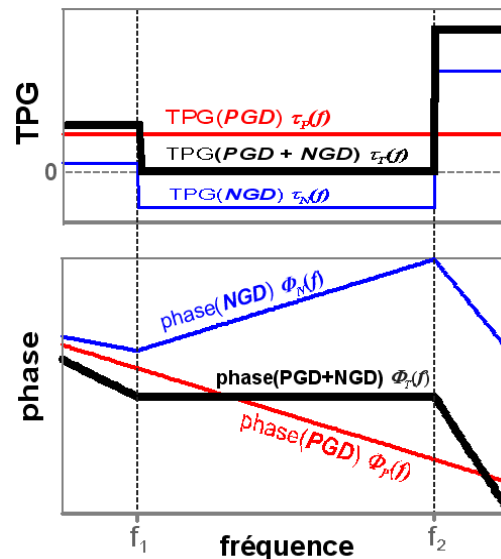


Figure 1(b) : allures des TPGs et phases des blocs NGD et PGD, et des deux circuits cascadeés.

Ainsi, lorsque le TPG,  $\tau$ , défini à partir de la phase en transmission par  $\tau(\omega) = -\partial\varphi(\omega)/\partial\omega$ , est constant, comme dans le cas d'une ligne de transmission classique, la phase  $\Phi(f)$  varie linéairement :

$$\Phi(f) = -2\pi\tau f + \Phi(0).$$

Lorsque les dispositifs PGD et NGD présentent respectivement des TPGs constants  $\tau_p$  et  $\tau_N$  entre  $f_1$  et  $f_2$ , alors leur phase en transmission s'écrivent :

$$\Phi_p(f) = -2\pi\tau_p(f - f_1) + \Phi_p(f_1),$$

$$\Phi_N(f) = -2\pi\tau_N(f - f_1) + \Phi_N(f_1).$$

Par conséquent, la phase totale s'écrit :

$$\Phi_T(f) = -2\pi(\tau_N + \tau_p)(f - f_1) + [\Phi_p(f_1) + \Phi_N(f_1)].$$

On constate que si  $\tau_N = -\tau_p$ , cette phase sera constante et s'écrira :

$$\Phi_T(f) = \Phi_p(f_1) + \Phi_N(f_1).$$

## CONCEPTION ET VALIDATION EXPERIMENTALE

La technique proposée requiert un dispositif capable de générer un TPG négatif constant sur une bande de fréquence suffisamment large, tout en compensant les pertes associées. Pour atteindre cet objectif, nous avons retenu une topologie qui consiste simplement en un transistor à effet de champ avec à sa sortie un dipôle RLC série placé en parallèle (Fig. 2(a)). Une méthode de synthèse complète est disponible en [4-6] ainsi que les démonstrations analytiques et expérimentales correspondantes qui confirment que ce circuit fournit un TPG toujours négatif à la résonance et du gain tout en respectant les critères de fonctionnement des circuits actifs microondes (adaptation et stabilité). Le concept de déphaseur à phase indépendante de la fréquence a été validé par la réalisation et la caractérisation expérimentale d'un circuit planaire hybride (Fig. 2(b)).

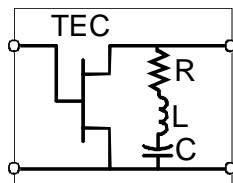


Figure 2(a) : cellule à TPG négatif.

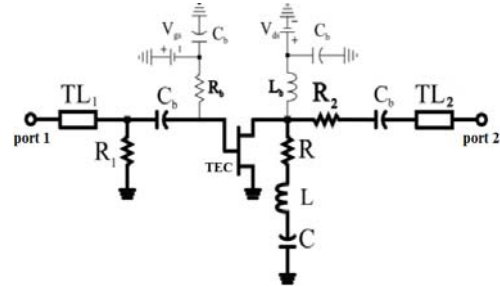


Figure 2(b) : schéma détaillé (circuit de polarisation en trait fin) du déphaseur.

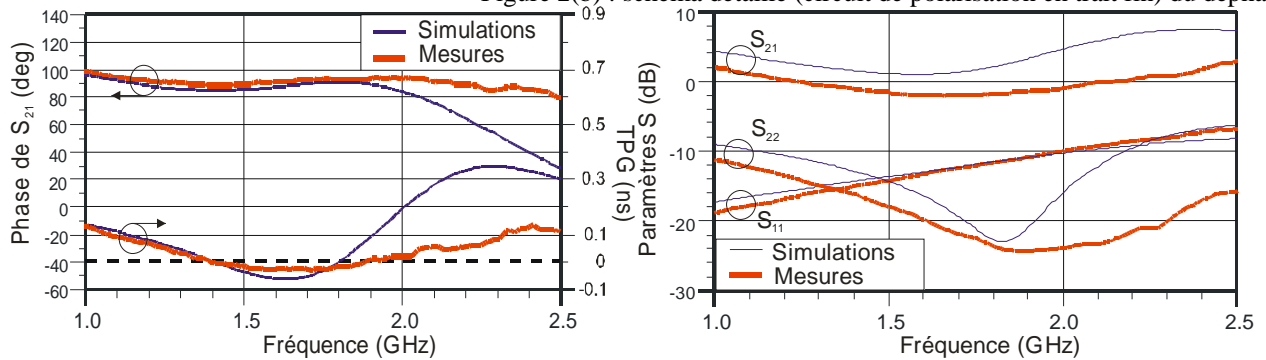


Figure 3 : phases, TPG et paramètres S simulés et mesurés.

Simulations et mesures sont en bonne concordance et indiquent un gain compris en -2 et +2 dB ainsi qu'une phase à  $-90 \pm 5^\circ$  de 1,08 à 2,42 GHz, soit 76,5 % en relatif. L'adaptation en entrée et en sortie est également satisfaisante et conforme aux prévisions.

## CONCLUSION

Un nouveau principe de déphaseur à phase constante est présenté, reposant sur la mise en cascade d'une ligne avec un circuit actif à TPG négatif [5]. Les principaux avantages de ce déphaseur sont les suivants : la phase est constante et non le déphasage entre deux branches ; largeur de bande importante ; la possibilité de compensation des pertes. Par rapport aux déphaseurs à base de métamatériaux proposés récemment, le principe décrit présente un avantage en termes de taille, de poids et de largeur de bande mais aussi sur sa possibilité de générer un retard très faible entre l'entrée et la sortie. Ce déphaseur semble particulièrement prometteurs pour les réseaux d'antennes, les modulateurs/démodulateurs et pour concevoir un filtre de Hilbert. Des dispositifs reconfigurables et en technologie MMIC sont actuellement à l'étude ainsi que l'application de dispositifs à TPG négatif pour l'égalisation et la remis en forme de signaux numériques [6].

## BIBLIOGRAPHIE

- [1] L. Brillouin, and A. Sommerfeld, « Wave propagation and group velocity », *Academic Press*, NY, 1960, pp. 113-137.
- [2] R. Y. Chiao, E. L. Bolda, J. Bowie, J. Boyce and M. W. Mitchell, « Superluminality and amplifiers », *Prog. Crystal Growth Charact. Mat.* 33, 1996, pp. 319-325.
- [3] M. W. Mitchell, and R.Y. Chiao, « Negative group delay and 'fronts' in a causal systems: an experiment with very low frequency bandpass amplifiers », *Phys. Lett. A*, Vol. 230, Jun. 1997, pp. 133-138.
- [4] B. Ravelo, A. Pérennec, M. Le Roy, and Y. Boucher, « Active microwave circuit with negative group delay », *IEEE MWCL*, Vol. 17, Issue 12, Dec. 2007, pp. 861-863.
- [5] B. Ravelo, M. Le Roy, and A. Pérennec, « Application of negative group delay active circuits to the design of broadband and constant phase shifters », *MOTL*, Vol. 50, n°12, Dec. 2008, pp. 3077-3080.
- [6] B. Ravelo, A. Pérennec, and M. Le Roy, « Negative group delay active topologies respectively Dedicated to microwave frequencies and baseband signals », *Journal of EuMA*, Vol. 4, Jun. 2008, pp. 124-130.