



## Filtre Dual-Behavior Resonator (DBR) d'ordre 4 à couplages croisés

Alexandre Manchec, Yann Clavet, Cédric Quendo, Eric Rius, Jean-François Favennec, Christian Person

### ► To cite this version:

Alexandre Manchec, Yann Clavet, Cédric Quendo, Eric Rius, Jean-François Favennec, et al.. Filtre Dual-Behavior Resonator (DBR) d'ordre 4 à couplages croisés. 15èmes Journées Nationales Microondes, May 2007, Toulouse, France. pp.2.D.2, 2007. <hal-00457128>

**HAL Id: hal-00457128**

<http://hal.univ-brest.fr/hal-00457128>

Submitted on 16 Feb 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.

## Filtre Dual-Behavior Resonator (DBR) d'ordre 4 à couplages croisés

Alexandre Manchec, Yann Clavet, Cédric Quendo, Eric Rius, Jean-Francois Favennec, Christian Person

LEST - UMR CNRS n°6165 – CS 93837 – 29238 Brest Cedex 3 – France

### I. Introduction

Les techniques de couplages croisés sont souvent utilisées pour améliorer les performances d'une structure classique. Elles permettent par exemple d'augmenter la réjection d'un filtre à lignes couplées en rajoutant des zéros de transmissions à partir de la matrice de couplage entre résonateurs non adjacents [1]-[2]. Nous allons dans ce papier montrer de quelles manières nous pouvons tirer profit de ces idées dans le cas du filtre DBR. Ces techniques permettent de créer, à partir de couplages judicieux, positifs ou négatifs, des zéros de transmission sur la partie réelle ou sur la partie imaginaire de la fonction de transfert du filtre (constellation du filtre). Si les zéros de transmission sont placés sur l'axe imaginaire, ils permettront de positionner sur la réponse en amplitude un certain nombre de zéros proches de la bande passante et, s'ils sont en dehors de cet axe ils permettront de contrôler le temps de propagation de groupe (TPG). Le nombre de zéros dépend de l'ordre du filtre, du nombre de couplages et de leur position dans le filtre. Il existe de nombreuses études utilisant ces couplages sur des topologies classiques de filtres planaires tels que les filtres Hairpin ou open-loop réalisés sur des substrats conventionnels [1]-[2]. Les principales difficultés sur ces substrats classiques sont liées aux pertes et aux couplages parasites, et si on augmente l'ordre du filtre il devient très difficile à optimiser. C'est pourquoi d'autres études ont été réalisées à partir de ces topologies par exemple sur des technologies HTS présentant peu de pertes, ce qui a permis de réaliser efficacement des filtres à couplages croisés d'ordre très élevés [3]. Cependant, il n'existe pas encore d'étude sur la topologie DBR. A la différence des topologies classiques, le filtre DBR est constitué de deux structures stop-bande positionnant déjà deux zéros de transmissions de chaque côté d'un pôle. Ces deux structures sont réalisées le plus souvent à partir de stubs à circuits ouverts afin de simplifier leur implémentation. Cette topologie est donc très intéressante car elle laisse présager un très grand nombre de solutions de couplage, positifs, négatifs et entre stubs basses fréquences (BF) et hautes fréquences (HF) constituant les résonateurs. Le filtre DBR dispose déjà intrinsèquement d'une forte rejection proche de la bande passante grâce à ses zéros de transmission [4], [5]. L'idéal serait donc de conserver la position initiale d'une partie de ces zéros et de venir positionner ou de déplacer les zéros inhérents des DBRs couplés afin d'améliorer encore la réjection ou d'aplatir le TPG.

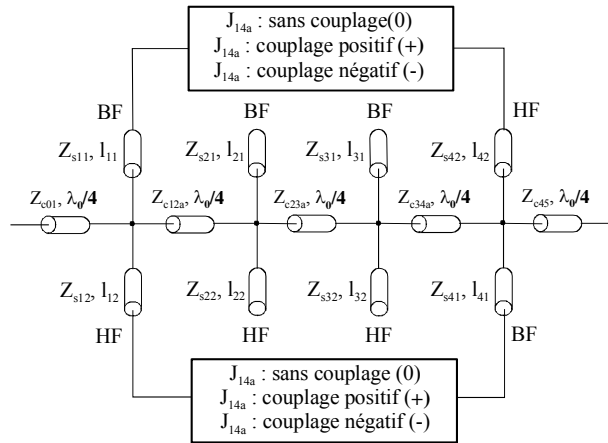
### II. Flexibilité du DBR

Les filtres DBR à couplages croisés, sont basés sur le même principe que les filtres classiques à couplages croisés [1]-[2]. Cependant, en considérant le nombre de zéros de transmission de la structure DBR le problème est un peu différent. De plus il est intéressant de noter qu'il y a plusieurs solutions de couplage entre les stubs des résonateurs non-adjacent. La première consiste à coupler entre eux les stubs BF, ou les stubs HF. La deuxième utilise un couplage entre des stubs de nature différente. Ces couplages croisés entre les stubs des DBRs peuvent être magnétique ou électrique. Ils sont modélisés par un inverseur d'admittance  $J$  qui peut être positif ou négatif. Le couplage entre deux résonateurs est alors désigné par  $J_{ija}$  ou  $J_{ijb}$  :  $i$  représente le numéro du premier résonateur couplé et  $j$  celui du deuxième. Le nombre de possibilités entre deux résonateurs est donc élevé puisqu'il est possible de mixer des couplages entre deux stubs mais aussi entre quatre stubs.

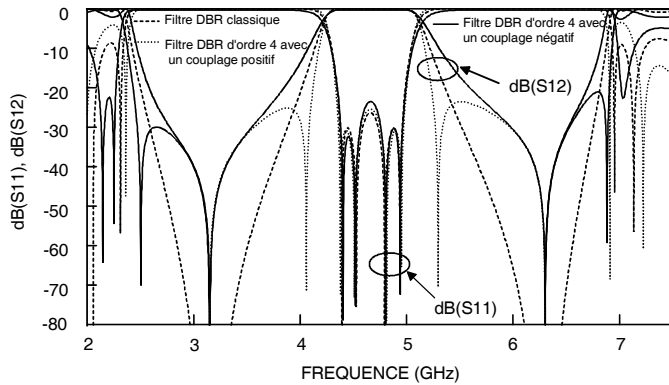
### III. Filtres DBR d'ordre 4 à couplages croisés

Un filtre classique à couplages croisés avec une réponse quasi elliptique ou avec un TPG plat peut être réalisé à partir d'un filtre ordre 4 en couplant le premier résonateur au quatrième. Les filtres DBR à couplages croisés utilisés ici sont basés sur le même principe. Le schéma électrique en ligne idéale de ces filtres est présenté sur la figure 1 et leurs réponses électriques à la figure 2. Le premier filtre modifié, utilise deux couplages croisés positifs identiques  $J_{14a}$  et  $J_{14b}$ . Le but est d'améliorer la réjection, en positionnant un zéro de transmission de chaque côté de la bande passante. Pour la seconde

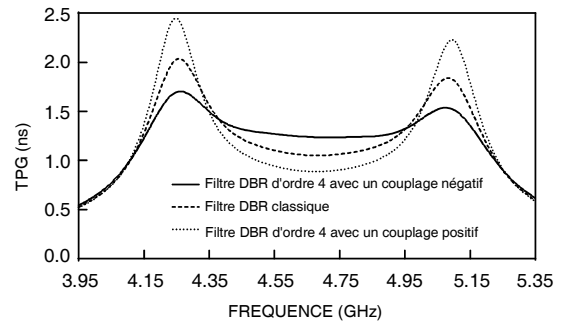
solution modifiée, deux couplages croisés négatifs identiques  $J_{14a}$  et  $J_{14b}$  aplatissent le TPG. Ces couplages nécessitent un réajustement des paramètres de sortie de la synthèse. La figure 2 montre clairement que la réjection est nettement meilleure avec le filtre à couplages croisés positifs. La figure 3 met aussi en évidence par rapport aux deux autres solutions l'aplatissement du TPG du filtre avec un couplage négatif.



**Figure 1** Filtre DBR en lignes idéales d'ordre 4 avec ou sans couplages croisés.

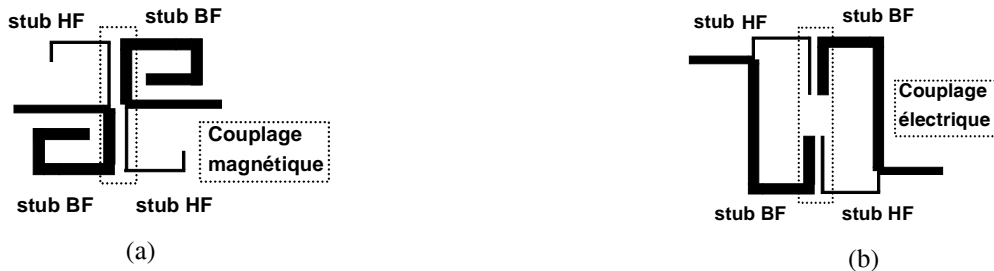


**Figure 2** Simulations en lignes idéales du filtre DBR classique d'ordre 4 et des deux filtres DBR d'ordre 4 à couplages croisés.



**Figure 3** Simulations en lignes idéales du TPG du filtre classique d'ordre 4 et des deux filtres DBR d'ordre 4 à couplages croisés.

Les structures de couplages croisés de base du DBR sont présentées figure 4(a) et 4 (b). Le DBR est réalisé ici à partir de stubs quart d'onde en circuit ouvert, le maximum de champ électrique se trouvera donc à l'extrémité des stubs, et par conséquent le maximum de champ magnétique se trouvera au début des stubs. Un couplage électrique est donc réalisé aux extrémités de deux stubs de deux DBRs non-adjacents et au début pour le couplage croisé magnétique. Cette technique de couplage est identique à celle adoptée par Hong et Lancaster [1] dans le cas particulier des résonateurs planaire open-loop. Le DBR est constitué de deux stubs de nature différente. Il est donc possible de réaliser plusieurs solutions de couplage entre stubs. Il y a le couplage entre stubs identiques (BF-BF, HF-HF) et le couplage entre stubs différents (BF-HF). En considérant les couplages magnétiques et électriques, il y donc sept possibilités de couplages entre DBRs non-adjacents alors qu'avec une solution classique il n'y a que deux possibilités. Cependant, pour le moment nous n'avons étudié que les couplages BF-HF.



**Figure 4** Structure de couplage : (a) couplage magnétique, (b) couplage électrique.

#### IV. Résultats expérimentaux

Les filtres des trois premiers paragraphes ont tous été réalisés en technologie microruban sur un substrat alumine ( $\epsilon_r = 9.9$ ,  $h = 254 \mu\text{m}$ ). Dans un premier temps le couplage croisé défini par la valeur positive ou négative de l'inverseur d'admittance a été simulé à partir de modèles de lignes couplées. Une phase finale d'optimisation faisant intervenir le simulateur électromagnétique Momentum est cependant nécessaire en dernière étape.

Les masques des filtres d'ordre 4 réalisés sont présentés sur les figures IV.21, IV.22, et IV.23. Les simulations électromagnétiques et les mesures de ces filtres s'accordent très bien (Figures IV.24 et IV.25). Il existe là aussi un décalage systématique provoqué par des dispersions technologiques. Les comparaisons des mesures et des simulations en amplitude et en TPG des trois filtres sont présentées sur les figures IV.26 et IV.27. On observe bien une réjection plus forte avec le filtre utilisant un couplage magnétique et un TPG plus plat avec le filtre à couplage électrique. Les pertes d'insertion du filtre classique et des filtres à couplages croisés sont égales respectivement à 1,77 dB, 1,59 dB et 2,34 dB. Le couplage électrique utilisé par le troisième filtre modifie la platitude du TPG mais aussi la platitude de la réponse en amplitude dans la bande passante.

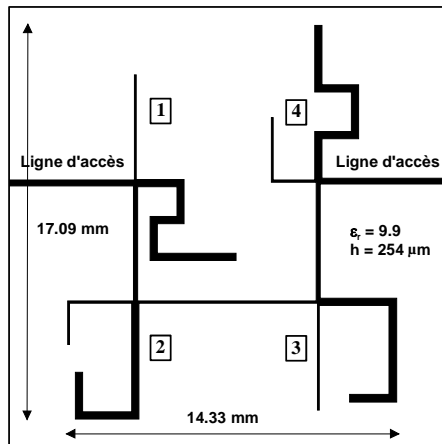


Figure 5 Masque du filtre classique DBR d'ordre 4.

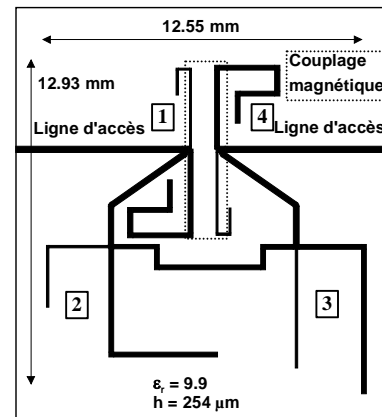


Figure 6 Masque du filtre DBR d'ordre 4 à couplages croisés magnétiques.

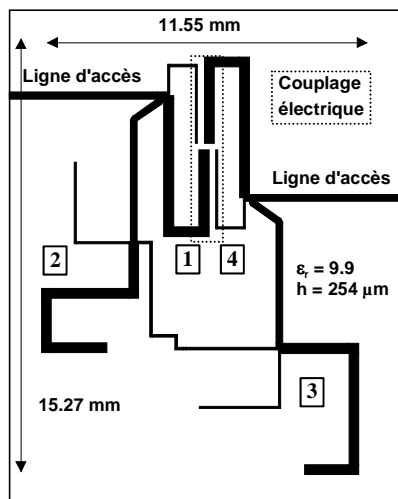


Figure 7 Masque du filtre DBR d'ordre 4 à couplages croisés électriques.

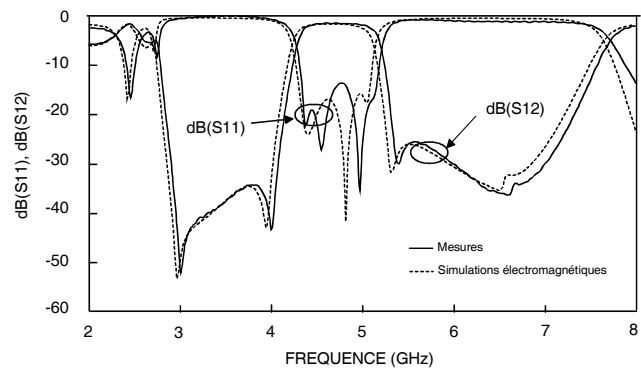
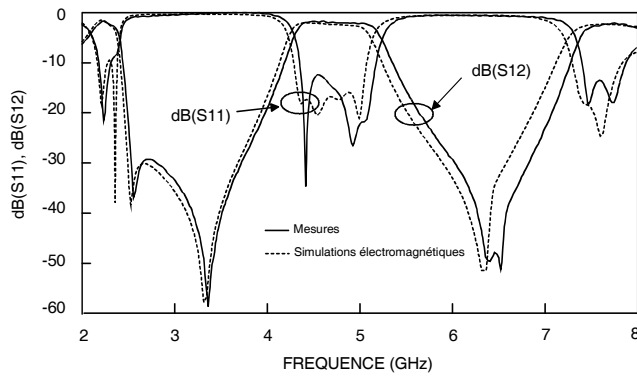
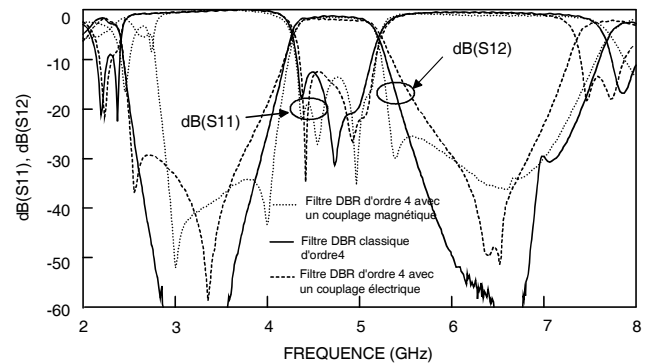


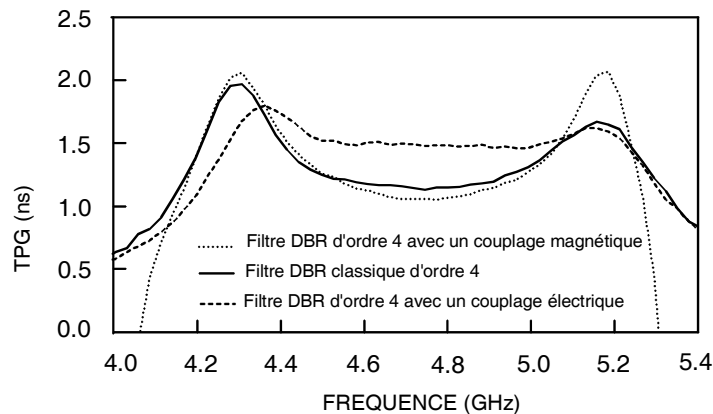
Figure 8 Simulation électromagnétique et mesure du filtre DBR d'ordre 4 à couplages croisés magnétiques.



**Figure 9** Simulation électromagnétique et mesure du filtre DBR d'ordre 4 à couplages croisés électriques.



**Figure 10** Mesures du filtre classique DBR d'ordre 4 et des deux filtres DBR à couplages croisés.



**Figure 11** Mesures du TPG du filtre classique DBR d'ordre 4 et des deux filtres DBR à couplages croisés.

## V. Conclusion

Nous avons étudié une nouvelle méthode de couplages croisés basée sur le filtre DBR, avec pour but d'améliorer la réjection et le TPG de façon séparé. La réjection et le TPG sont donc les deux critères sur lesquels nous avons concentré notre travail. Le principe de fonctionnement du DBR est très simple et offre de nombreuses solutions de couplages croisés. Dans ce papier, nous n'avons considéré que des couplages entre stubs différents, mais il est également possible aussi de faire des couplages négatifs ou positifs entre stubs identiques.

- [1] J-S. Hong, M. J. Lancaster, "Coupling of microstrip square open-loop resonators for cross-coupled planar microwave filters", IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, vol. 44, n°12, pp. 2099-2109, Decembre. 1996.
- [2] J-S. Hong, and M. J. Lancaster, "Cross-Coupled Microstrip Hairpin-Resonator Filters", IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, vol. 46, n°1, pp. 118-122, Janvier 1998.
- [3] J-S. Hong, M. J. Lancaster, D. Jedamzik, R. B. Greed, J-C Mage "On the performance of HTS microstrip quasi-elliptic function filters for mobile communications systems", IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, vol. 48, n°7, pp. 1240-1246, Juillet 2000.
- [4] C. Quendo, E. Rius, C. Person, "Narrow bandpass filters using dual behavior resonators (DBRs) based on stepped impedance stubs and different-length stubs," IEEE Trans. Microwave Theory & Tech, vol. 52, n°3, Mars 2004.
- [5] C. Quendo, E. Rius, C. Person, "Narrow bandpass filters using dual behavior resonators" IEEE Trans. Microwave Theory & Tech, vol. 51, n°3, Mars 2003.