



HAL
open science

Quadriplexeur hyperfréquence DBR dans la bande 11 -18 GHz

S. Cadiou, Cédric Quendo, Eric Rius, Jean-François Favennec, Benjamin Potelon, Rémi Ségalen, Françoise Mahé, D. Kaminsky

► **To cite this version:**

S. Cadiou, Cédric Quendo, Eric Rius, Jean-François Favennec, Benjamin Potelon, et al.. Quadriplexeur hyperfréquence DBR dans la bande 11 -18 GHz. 16èmes Journées Nationales Microondes, May 2009, Grenoble, France. pp.6B-8. hal-00491943

HAL Id: hal-00491943

<https://hal.science/hal-00491943>

Submitted on 14 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.

Quadriplexeur hyperfréquence DBR dans la bande 11-18 GHz

S. Cadiou^{1,2}, C. Quendo^{1,2}, E. Rius^{1,2}, J-F. Favennec^{1,2}, B. Potelon^{1,2}, R. Segalen³, F. Mahé³, D. Kaminsky³

¹Université Européenne de Bretagne, France

²Université de Brest ; CNRS, UMR 3192 Lab-STICC, ISSTB, 6 avenue Le Gorgeu, CS 93837, 29238 Brest cedex 3

³Thales Systèmes Aéroportés, 10, avenue 1^{ère} DFL, CS 93801, 29238 Brest cedex 3
stephane.cadiou@univ-brest.fr

Résumé

Cet article présente une méthode de conception d'un quadriplexeur hyperfréquence planaire en technologie triplaque utilisé dans la bande 11-18 GHz. Le composant opère un découpage du spectre d'entrée en quatre canaux de largeurs de bande et d'espacements identiques (1 GHz). Le multiplexeur utilise des filtres d'ordre 8 en topologie Dual Behavior Resonator pour assurer un bon niveau de réjection et un contrôle large bande de la réponse. Les quatre canaux sont connectés en parallèle et mutuellement adaptés via un réseau à stub. De plus, de nouveaux modèles électromagnétiques de discontinuités ont été développés, ce qui facilite considérablement la phase de réglage électromagnétique. Un quadriplexeur a été conçu en technologie triplaque qui offre une bonne compacité et isolation entre filtres. Son encombrement est de 17.1 cm² et ses performances simulées sont de 5 dB de pertes d'insertion et des réjections large bande meilleures que 60 dB.

1. Introduction

Durant la dernière décennie, la multiplication des sources électromagnétiques a pollué le spectre microonde. C'est dans cet environnement dense que les systèmes de guerre électronique ont vocation à scruter l'ensemble des émissions radioélectriques, a priori inconnues, sur une bande de fréquence très large (typiquement de 2 à 18 GHz). Dans ces dispositifs, le traitement des données exige un découpage du spectre reçu en plusieurs canaux fréquentiels de largeurs de bande et d'espacements variant selon l'application visée. Certains canaux peuvent être soit interrompus lorsqu'ils sont indésirables soit isolés pour un traitement ultérieur (superhétérodyne).

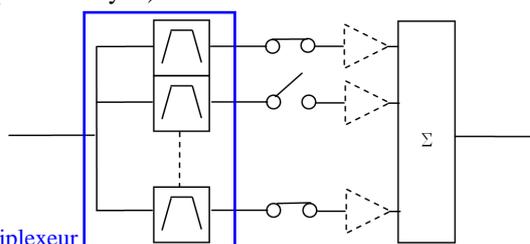


Figure 1. Ex. de récepteur de Guerre Electronique.
Le carré bleu indique le multiplexeur.

Les multiplexeurs sont des éléments clés des architectures de ces récepteurs hyperfréquences. Les spécifications sur la séparation des canaux imposent de fortes contraintes sur les filtres en termes de réjections, de pertes et de compacité.

Jusqu'alors, les technologies volumiques faibles pertes (guides d'ondes et résonateurs diélectriques) étaient utilisées pour la conception de multiplexeurs (notamment dans les OMUX pour applications spatiales [1]) mais elles ne sont plus compétitives pour les applications de Guerre Electronique du fait de leurs encombrement et poids prohibitifs. Les supraconducteurs ont également émergés depuis quelques années dans la conception de multiplexeurs mais les dispositifs de refroidissement restent encore trop volumineux. Les contraintes actuelles imposant toujours plus de compacité et de performances, les technologies planaires sont désormais privilégiées.

Aujourd'hui, le challenge est d'imaginer de nouvelles architectures de multiplexeurs, plus compactes, et des topologies de filtres qui permettent d'atteindre des performances comparables à celles obtenues en technologies classiques. Différentes topologies de filtres ont déjà été utilisées dans des multiplexeurs multi-canaux [2]-[5].

La figure 2 donne les spécifications fréquentielles du multiplexeur à concevoir. De plus, les réjections en large bande et les pertes doivent être meilleures que 50 dB et 5 dB, respectivement. Nous utiliserons une technologie triplaque pour sa compacité, sa robustesse et pour s'affranchir au maximum des couplages fortuits.

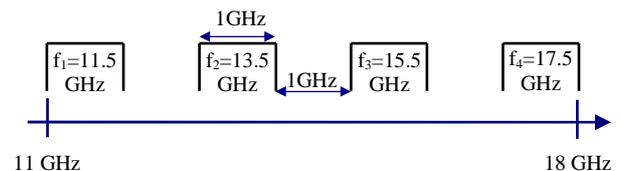


Figure 2. Décomposition fréquentielle souhaitée

La section 2 présente la conception des filtres de canal. Les considérations technologiques, l'adaptation, le réglage EM et enfin les résultats seront présentés dans la

section 3. Toutes les simulations ont été réalisées grâce aux logiciels circuits ADS™ et EM 2,5D Momentum de la plateforme d'Agilent Technologies.

2. Conception des filtres

2.1. Topologie des filtres

Une difficulté dans le multiplexage large bande est de trouver une topologie de filtres qui permette un contrôle dans mais également hors de la bande. Un autre facteur limitant est le réglage électromagnétique global de la structure. Dans le cas présent, une topologie à zéros de transmission sera préférée pour satisfaire aux réjections et largeurs de bande imposées. En effet, ces filtres doivent assurer un bon niveau de réjection sur une bande de 10 GHz et présenter une bande relative de 6 à 10 %. La topologie Dual Behavior Resonator permet de répondre à ces contraintes. Les filtres DBR sont basés sur la mise en parallèle de deux structures coupe-bande qui permet une recombinaison constructive. Les stubs HF et BF assurent un contrôle indépendant des bandes atténuées. La synthèse DBR a été développée dans [6] et [7]. Les figures 3 et 4 présentent la topologie et la réponse idéale d'un DBR, respectivement.

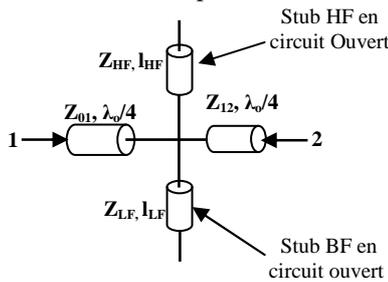


Figure 3. La topologie DBR

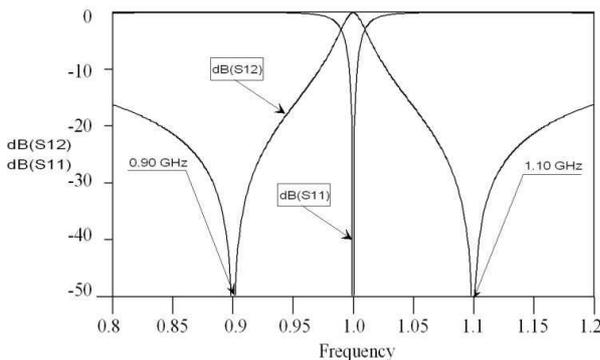


Figure 4. Réponse électrique idéale d'un DBR

2.2. Réjections et contrôle large bande

La topologie DBR offre d'autres avantages :

- Le contrôle indépendant des bandes atténuées permet un positionnement libre des zéros de transmission pour assurer les réjections proche et large bande.
- A la fréquence de chacun des zéros, les stubs HF et BF présentent un court circuit électrique. Grâce aux inverseurs centraux (quart d'onde à la

fréquence centrale), l'impédance en entrée/sortie est plus ou moins proche d'un circuit ouvert.

Les filtres DBR sont adaptés au multiplexage et l'ordre 8 est le meilleur compromis pertes/réjections. Les figures 5 et 6 présentent respectivement le masque et la réponse EM d'un filtre DBR d'ordre 8 à la fréquence $f_0=11.5$ GHz. Les réjections en proche et large bande sont respectivement de 30dB (à 500 MHz de la bande) et de 55dB sur la bande 13-20 GHz.

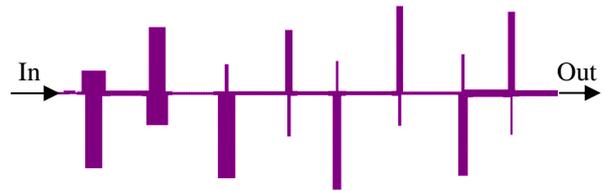


Figure 5. Masque d'un filtre DBR d'ordre 8 à $f_0=11,5$ GHz

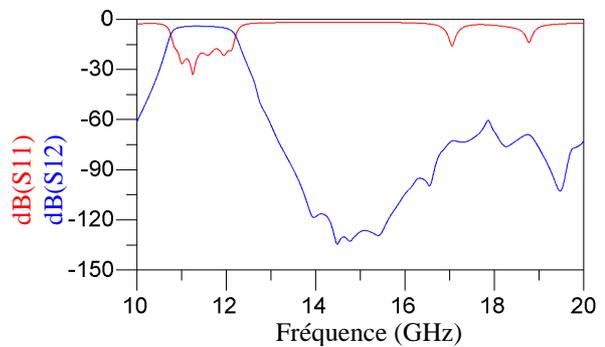


Figure 6. Réponse EM d'un filtre DBR d'ordre 8 à $f_0=11,5$ GHz

2.3. Pliage des filtres

Il est intéressant de noter qu'un filtre DBR d'ordre élevé peut être plié en inversant simplement la connexion stubs/inverseurs aux jonctions (figure 7). Ce pliage n'affecte pas la réponse circuit mais modifie légèrement la discontinuité donc sa réponse EM. De plus, stubs HF et BF peuvent être alternés librement de part et d'autre de l'axe central sans perturber la réponse EM. Cette flexibilité géométrique permettra d'optimiser l'encombrement global du multiplexeur.

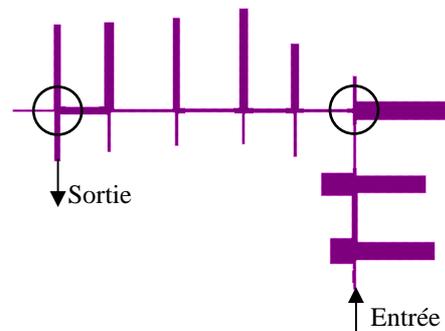


Figure 7. Masque d'un filtre d'ordre 8 plié

3. Conception du multiplexeur

3.1. Technologie de conception

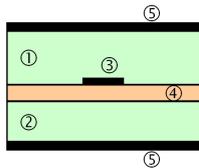


Figure 8. Substrat triplaqué utilisé

La technologie triplaqué utilisée dans la conception est adaptée aux contraintes de compacité, d'isolation et de performances exigées par ce type d'application. L'épaisseur du substrat est d'environ 500 μm et sa permittivité relative de l'ordre de 4. A noter la couche de prepreg (couche de colle ④) d'une épaisseur d'environ 100 μm et de même permittivité relative.

3.2. Connexion et réseaux d'adaptation

Diverses architectures et synthèses [8]-[11] de connexion de canaux existent (manifold, coupleurs « branchline », passe-haut/passe-bas et circulateurs) mais la topologie DBR permet une connexion en jonction directe. En effet, un positionnement judicieux des zéros de transmission et un ajustement adéquat des longueurs des premiers inverseurs sont souvent suffisants pour régler le circuit global. Cependant, lorsque l'on dépasse trois canaux, cette procédure devient critique et, dans le cas présent, nous avons remplacé le premier inverseur par un circuit d'adaptation à un stub, comme illustré sur la figure 9.

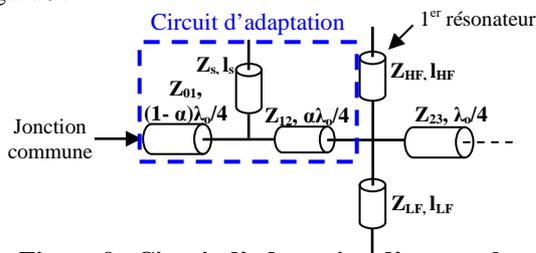


Figure 9. Circuit d'adaptation d'un canal

En pratique, les impédances présentées par le filtre en entrée aux fréquences de ses zéros de transmission sont finies. C'est pourquoi les contributions d'un filtre donné dans les bandes adjacentes sont non négligeables et doivent être compensées. Un dispositif d'adaptation à stubs adapte donc chaque filtre sur l'impédance du port commun, qui, elle, dépend également des impédances de tous les autres filtres. Les dimensions des circuits d'adaptation sont des éléments de réglage du circuit.

3.3. Modèles de jonction et de discontinuités

Traditionnellement, le réglage électromagnétique est l'étape la plus longue de la conception de dispositifs passifs. Elle devient même prohibitive en présence de circuits tels que des quadriplexeurs. Pour cette raison, l'acuité des modèles de discontinuités utilisés en circuit doit être la plus grande possible : un bon modèle qui prend en compte tous les effets électromagnétiques

garantit une bonne corrélation entre courbes circuit et EM. Dans cette étude, de nouveaux modèles de discontinuités ont été créés avec l'outil *Model Composer* d'ADS™ [12] en adaptant des modèles existants au substrat, et dimensions en jeu (figure 10 (a)). De plus, les quatre canaux seront connectés via une connexion particulière à 5 branches. Un modèle EM de cette jonction a également été créé grâce aux outils *Advanced Model Composer* et *Graphical Cell Compiler* permettant la création de modèle à partir de formes quelconques.

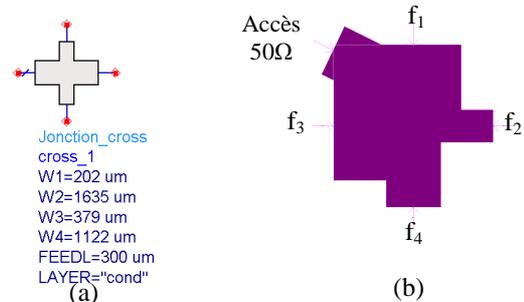


Figure 10. Modèles électromagnétiques d'une discontinuité en croix (a) et jonction commune (b)

3.4. Réglage du quadriplexeur

Grâce à ces nouveaux modèles de discontinuités, le réglage de la structure globale est principalement réalisé au niveau circuit, ce qui raccourcit fortement le temps de conception globale. La figure 11 montre la schéma ADS hybride EM/circuit permettant le réglage.

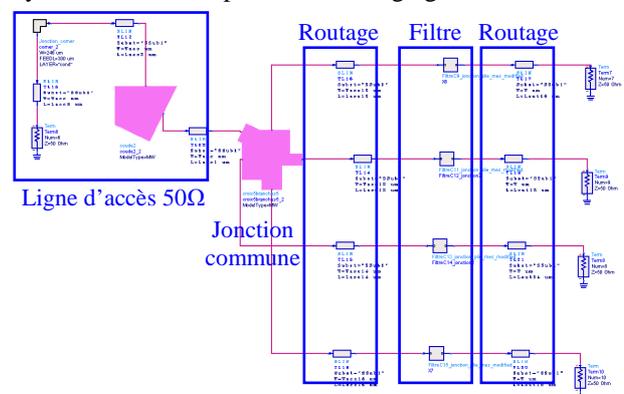


Figure 11. Schéma ADS hybride EM/circuit du quadriplexeur

3.5. Résultats de simulation électromagnétique

Le masque généré à partir du schéma précédent est présenté sur la figure 12. Les dimensions du quadriplexeur sont de $3.8 \times 4.5 \text{ cm}^2$ et ses performances simulées (figure 13) présentent des pertes d'insertion de 5 dB. Ses réjections sont meilleures que 30 dB en bande proche (au croisement) et 60 dB au delà. Une étude de sensibilité a été réalisée et montre que ce circuit est moins sensible à la dispersion technologique du substrat triplaqué qu'à la précision de gravure. Elle valide cependant largement l'utilisation de la topologie DBR pour cette application.

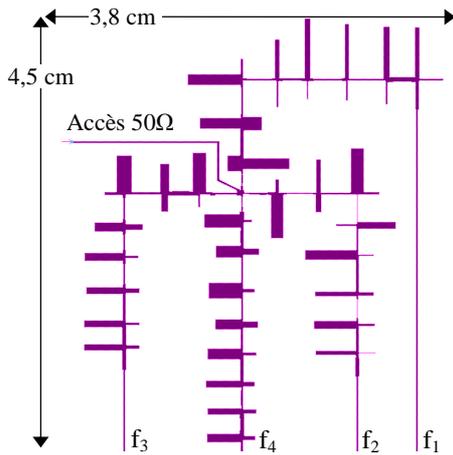


Figure 12. Masque du quadriplexeur

Sur la figure suivante, la réponse circuit est en trait continu, la réponse EM, en trait pointillé.

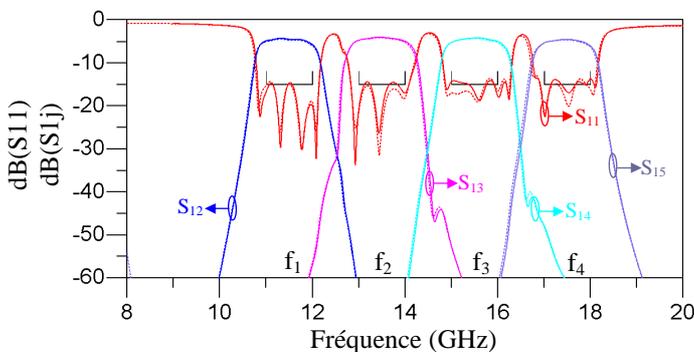


Figure 13. Réponses circuit et EM du quadriplexeur

4. Conclusion

Nous avons présenté la conception d'un quadriplexeur planaire triplaqué utilisant les avantages de la topologie DBR. L'encombrement du circuit est de 17.1 cm². Les spécifications électriques sont atteintes en simulation EM. Le circuit est en cours de réalisation et les résultats de mesure seront présentés lors de la conférence.

5. Bibliographie

- [1] H. Dillenbourg, J-J. Herren, P. Lenoir, D. Baillargeat, and S. Bila. "High Power Handling and DR State of the art Output Multiplexer", in *International Microwave Symposium*, 2005.
- [2] M. Zewani and I. C. Hunter, "Design of Ring-Manifold Microwave Multiplexers", in *International Microwave Symposium Digest*, pp. 689-692, 2006.
- [3] S. Mallécol, J-P. Coupeuz, C. Person, T. Lespagnol, S. Paquelet, and A. Bisiaux, "Microwave (De)Multiplexer for Ultra-Wideband (UWB) Non-

Coherent High Data Rates Transceiver", in *Proceedings of the 36th European Microwave Conference*, 2006.

- [4] P. HardCastle, "Fully Reconfigurable 8-Channel 2-18GHz Broadband Switched Multiplexer", in *Proceedings of the 36th European Microwave Conference*, 2006.
- [5] S. Hong, and K. Chang, "A 10-35-GHz Six-Channel Microstrip Multiplexer for Wide-Band Communication Systems", *IEEE Transactions On Microwave Theory And Techniques*, vol. 54, 2006.
- [6] C. Quendo, E. Rius, and C. Person, "Narrow Bandpass Filters Using Dual Behavior Resonators Based on Stepped-impedance Stubs and Different-length Stubs", *IEEE Transactions On Microwave Theory And Techniques*, vol. 53, 2004.
- [7] C. Quendo, E. Rius, and C. Person, "Narrow Bandpass Filters using Dual Behavior Resonators (DBRs)", *IEEE Transactions On Microwave Theory And Techniques*, vol. 51, pp. 734-743, 2003.
- [8] G. Matthaei, L. Young, and E. M.T. Jones, *Microwave Filters, Impedance-matching Networks and Coupling Structures*. Artech House, 1964.
- [9] Alfred I. Grayzel, "A Fundamental Multiplexer Theorem" in *Proceedings of the IEEE*, May 1969.
- [10] R. J. Wenzel, "Application of Exact Synthesis Methods to Multichannel Filter Design", *IEEE Transactions On Microwave Theory And Techniques*, 1965.
- [11] J. D. Rhodes and R. Levy. "A Generalized Multiplexer Theory". *IEEE Transactions On Microwave Theory And Techniques*, vol. 27, 1979.
- [12] Agilent Technologies, *ADS 2008U2 User's Manual*, 2008.