



HAL
open science

Filtres Passe-Bande Compacts à base de Résonateurs Multi-Sections

Loic Thépaut, Benjamin Potelon, Cédric Quendo, Rémi Ségalen, Françoise
Mahé

► **To cite this version:**

Loic Thépaut, Benjamin Potelon, Cédric Quendo, Rémi Ségalen, Françoise Mahé. Filtres Passe-Bande Compacts à base de Résonateurs Multi-Sections. Journées Nationales Microondes, May 2017, Saint-Malo, France. hal-01697933

HAL Id: hal-01697933

<https://hal.science/hal-01697933v1>

Submitted on 31 Jan 2018

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.

Filtres Passe-Bande Compacts à base de Résonateurs Multi-Sections

Loïc Thépaut^{1,2}, Benjamin Potelon¹, Cédric Quendo¹, Rémi Ségalen² et, Françoise Mahé²

¹Université de Brest, Lab-STICC, UMR 6285, 6 avenue Le Gorgeu 29238 Brest Cedex 3, France

²Thales Systèmes Aéroportés, 10 avenue 1^{ère} DFL, 29238 Brest Cedex 3, France

loic.thepaut@univ-brest.fr

Résumé – Dans cet article, un résonateur basé sur une ligne multi-sections est proposé. Le principal atout de ce nouveau résonateur repose sur la réduction de sa longueur par rapport au UIR (Résonateur à Impédance Uniforme). Pour illustrer cet avantage, ce résonateur a été mis en œuvre dans un filtre passe-bande interdigité d'ordre 3 avec une fréquence centrale à 125 MHz. Ce filtre a été conçu, simulé et réalisé. Les mesures montrent un bon accord avec la simulation. Les performances et la compacité du filtre résultant sont ensuite comparées à un filtre interdigité UIR. Le filtre basé sur ce nouveau Résonateur Multi-Sections a une empreinte 4 fois plus petite que le filtre interdigité UIR.

1. Introduction

Les développements récents des systèmes hyperfréquences conduisent à des contraintes drastiques sur la taille et le coût des composants, et en particulier sur les Filtres Passe-Bande (BPF). Par conséquent, les recherches se sont concentrées sur des filtres compacts et à faible coût. Ces derniers sont réalisés à l'aide, par exemple, de la technologie des circuits imprimés (PCB). Pour améliorer la compacité, des études récentes basées sur l'utilisation de métamatériaux ou d'ondes lentes ont été réalisées [1]-[2].

Une technique classique pour améliorer la compacité est d'utiliser la topologie de Résonateurs à Sauts d'Impédance (SIR) [3], parfois associée avec les techniques décrites précédemment [4].

Le SIR peut alors être utilisé sur diverses topologies de filtre [5]-[6]. Parmi ces différentes topologies, la topologie de filtres interdigités est pertinente grâce à une bande passante relative importante et à l'utilisation de résonateurs quart d'onde, qui rend le filtre intrinsèquement compact [7].

L'idée d'augmenter le nombre de sections jusqu'à trois a été proposée dans [8] pour permettre le couplage de résonateurs non-adjacents, cependant la compacité en comparaison d'un SIR n'est pas améliorée. L'utilisation de résonateurs à 3 sections permet également de maîtriser les zéros de transmission [9]. Dans [11], la réponse hors bande est améliorée par la suppression des premiers harmoniques grâce à des résonateurs avec un grand nombre de sections.

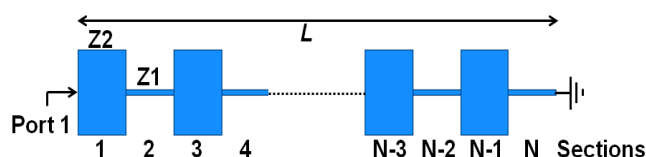


Figure 1. Schéma du Résonateur Multi-Sections.

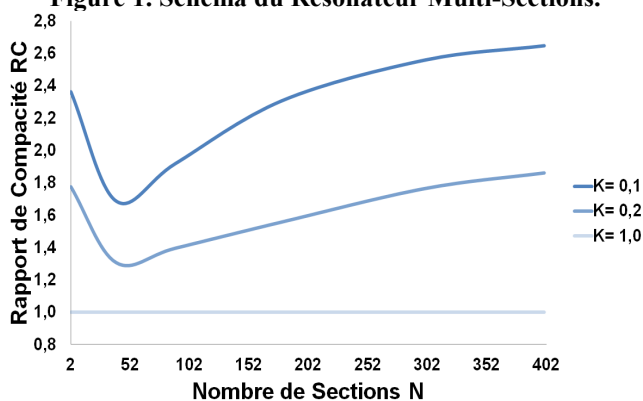


Figure 2. Rapport de compacité du Résonateur Multi-Sections en fonction de N @ 125 MHz.

Dans ce travail, nous proposons d'étudier la conception d'un Résonateur Multi-Sections [11] pour améliorer la compacité.

Pour illustrer les avantages du Résonateur Multi-Sections, non seulement en termes de compacité mais aussi en performances électriques, un filtre d'ordre 3 est conçu, réalisé et mesuré. Ce nouveau filtre sera comparé avec un filtre de référence à base de résonateurs UIR (Résonateur à Impédance Uniforme).

2. Etude du Résonateur Multi-Sections

Afin d'optimiser la conception du Résonateur Multi-Sections, des simulations EM d'un Résonateur Multi-Sections quart d'onde chargé par un court-circuit ont été effectuées. Ce résonateur, présenté en Figure 1, est composée de N sections, dont les impédances caractéristiques sont alternativement Z2 et Z1, impédances caractéristiques faible et forte ($Z2 < Z1$), respectivement.

Le rapport d'impédance est donné par :

$$K = Z2/Z1 \quad (1)$$

Le résonateur est dimensionné pour résonner à la fréquence de 125 MHz quel que soit le nombre de sections. Le nombre paire de sections a été choisi pour s'adapter de façon optimale à la distribution des champs EM donc la Nième section a une impédance caractéristique forte [3].

Le réglage de la fréquence de résonance a été effectué en modifiant la longueur physique globale L du résonateur en supposant que toutes les sections ont des longueurs physiques identiques.

Le Rapport de Compacité RC d'un résonateur à N-Sections est alors calculé de la façon suivante :

$$RC = Lref/L \quad (2)$$

Où Lref est la longueur physique d'un Résonateur à Impédance Uniforme de 50 Ohms.

La Figure 2 montre l'évolution du rapport de compacité RC par rapport au nombre de sections pour plusieurs rapports d'impédance. Nous noterons que le nombre de sections N égal à 2 correspond au SIR conventionnel [3].

Cette figure montre que plus le rapport d'impédance K est élevé, plus le rapport de compacité RC est grand. De plus, pour un K relativement faible, lorsque N devient important, le rapport de compacité dépasse également le rapport de compacité atteint avec 2 sections. Cependant, le rapport de compacité atteint une limite lorsque N devient très grand. Cette limite en compacité dépend du rapport d'impédance K.

Un filtre d'ordre 3 basé sur le Résonateur Multi-Sections a été simulé, réalisé et mesuré. Ce filtre est comparé à un filtre à résonateurs UIR pour démontrer le gain en compacité.

3. Etude et réalisation du filtre interdigité à Résonateurs Multi-Sections

Nous avons choisi de concevoir des filtres d'ordre 3 avec une bande passante relative de 32 % et une fréquence centrale de 125 MHz. Ce filtre a été réalisé avec la technologie triplaque sur un substrat RO4350 ($\epsilon_r = 3,66$) d'une hauteur totale de 1,45 mm.

3.a. Filtre interdigité à UIR

Un filtre interdigité de référence a été conçu selon [7]. Le schéma du filtre interdigité à UIR avec des entrée/sortie taperisées et les dimensions sont indiquées en Figure 5.

3.b. Filtre interdigité à Résonateurs Multi-Sections

Un filtre interdigité basé sur le Résonateur Multi-Sections a été conçu. Lors de la conception de ce filtre, plusieurs paramètres tels que le nombre de sections N ou le rapport d'impédance K peuvent être choisis par le concepteur, ce qui rend la topologie de ce filtre assez souple dans la perspective de la conception de filtres compacts.

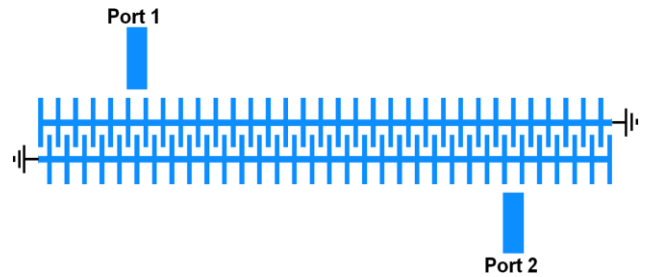


Figure 3. Exemple d'un masque de caractérisation du couplage d'un Résonateur Multi-Sections.

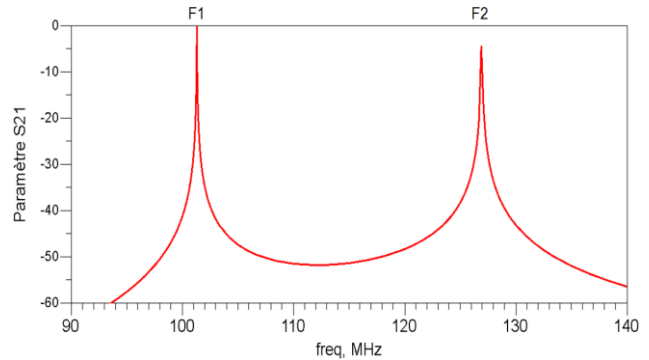


Figure 4. Réponse de simulations EM du couplage du Résonateur 260-Sections.

Ainsi, pour obtenir un filtre compact, N doit être choisie le plus grand possible, et K le plus faible possible. Cependant, les contraintes technologiques telles que les largeurs minimales pour les lignes et les fentes limitent le nombre de sections. Dans notre cas, nous avons choisi une impédance forte $Z1 = 100$ Ohms et une impédance faible $Z2 = 10$ Ohms ce qui correspond à un rapport d'impédance K égal à 0,1. De plus, le nombre de sections sera choisi égal à 260.

Pour réaliser le couplage entre les résonateurs, nous devons entrelacer les résonateurs. Pour permettre cet entrelacement entre les résonateurs, la longueur physique de la section avec l'impédance caractéristique forte $Z1$ est choisie trois fois plus grande que la longueur de la section avec l'impédance caractéristique basse $Z2$. Cette modification est imposée par la conception du filtre afin de permettre l'implémentation physique en fonction des contraintes technologiques sur les largeurs minimales de lignes et de fentes.

Les couplages entre les résonateurs 260-Sections sont calculés à l'aide du coefficient de couplage M suivant :

$$M = (F2^2 - F1^2) / (F2^2 + F1^2) \quad (3)$$

La Figure 3 montre un exemple de masque de deux Résonateurs Multi-Sections. Les réponses des simulations EM sont présentées en Figure 4 et les fréquences F1 et F2 permettent d'obtenir le coefficient de couplage M.

Le schéma du filtre interdigité à 260-Sections est présenté en Figure 6. Ce filtre est comparé au filtre à résonateurs UIR. Les réponses EM simulées du filtre à résonateurs UIR et du filtre à Résonateurs 260-Sections sont représentées en Figure 7.

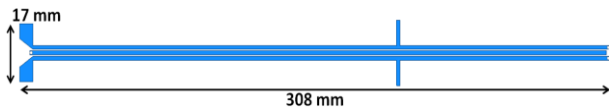


Figure 5. Schéma du filtre interdigité à UIR.

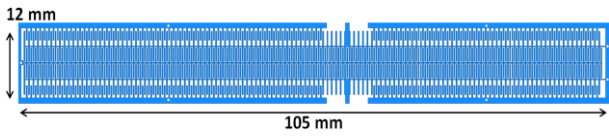


Figure 6. Schéma du filtre interdigité à Résonateurs 260-Sections

En ce qui concerne la bande passante, les performances électriques des deux filtres sont proches, bien que le filtre à Résonateurs 260-Sections ait des pertes d'insertions légèrement supérieures à celles du filtre à résonateurs UIR. Nous notons l'apparition d'un deuxième zéro de transmission et une meilleure rejection du filtre 260-Sections.

La réponse large bande montre que le premier harmonique du filtre 260-Sections apparaît à $3.F_0$, tout comme le filtre UIR.

Enfin, les résultats de mesures du filtre à Résonateurs 260-Sections sont présentés en Figure 8. Afin de montrer l'empreinte du filtre résultant, la couche supérieure du triplaque a été supprimée et une photographie du filtre est présentée en Figure 9.

La diminution de la surface totale du filtre interdigité à 260-Sections est divisée par 4 par rapport au filtre à résonateurs UIR. Les performances de ces 2 filtres sont résumées et comparées dans le Tableau 1.

4. Conclusion

Un nouveau résonateur compact nommé Résonateur Multi-sections a été présenté et implémenté dans une topologie de filtre interdigité. Les performances du filtre résultant sont comparées au filtre interdigité à résonateur d'impédance caractéristique uniforme (UIR). Cette nouvelle topologie de Résonateurs Multi-Sections permet de diviser l'empreinte du filtre interdigité par 4 en comparaison du filtre à UIR tout en conservant des performances électriques très proches.

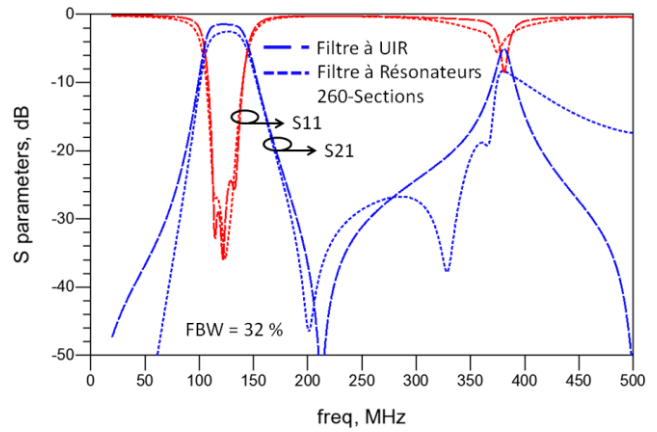


Figure 7. Résultats de simulations EM des filtres à résonateurs UIR et à Résonateurs 260-Sections.

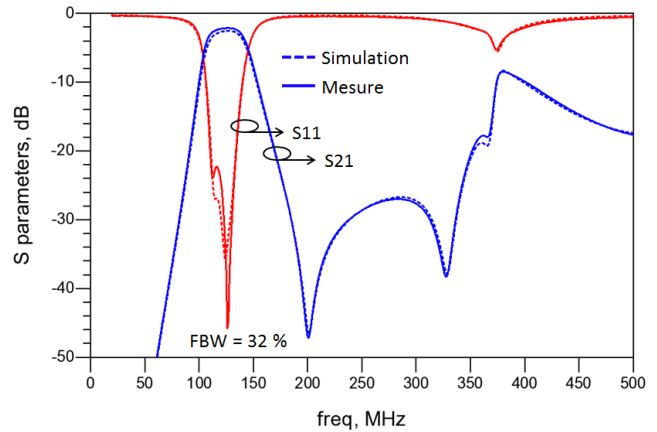


Figure 8. Résultats de simulations EM et de mesures du filtre à Résonateurs 260-Sections.

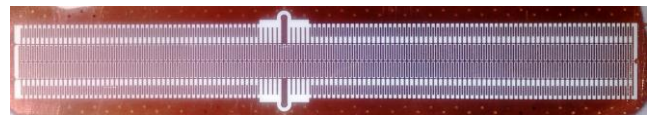


Figure 9. Photographie du filtre interdigité à Résonateurs 260-Sections.

Filtres	Empreintes (mm ²)	Pertes d'insertions (dB)
Filtre à UIR	5236	1,5
Filtre à Résonateurs 260-Sections	1260	2,5

Tableau 1. Récapitulatif des caractéristiques physiques et électriques des filtres.

Remerciements

Toutes les simulations EM ont été réalisées sur le cluster de calcul hautes performances WINCHYPS1. Ce cluster est géré par la plateforme TechHyp du Lab-STICC.

Références

- [1] Joung-Geun Park, Jong-Chul Lee, Ki-Cheol Yoon, "A new compact high-Q resonator with μ -near zero metamaterial and microwave bandpass filter applications," in *Antennas and Propagation (APCAP)*, July 2014.
- [2] Franc, A.-L.; Pistono, E.; Corrao, N.; Ferrari, P., "Compact high rejection notch and DBR designed with slow-wave transmission lines," in *Microwave Conference Proceedings (APMC)*, Dec. 2010.
- [3] Makimoto Mitsuo, Sadahiko Yamashita, "Compact bandpass filters using stepped impedance resonators," *Proceedings of the IEEE*, Jan. 1979.
- [4] Karimian, S., Zhirun Hu, "Metamaterial stepped impedance resonator bandpass filter based on composite rightleft-handed transmission lines," in *Microwave Conference (EuMC)*, 2011.
- [5] Makimoto Mitsuo, Sadahiko Yamashita, "Bandpass Filters Using Parallel Coupled Stripline Stepped Impedance Resonators," *Microwave Theory and Techniques*, Dec 1980.
- [6] Jaegook Lee, Ki-Cheol Yoon, Hyunwook Lee, Tae-Sung Jung, Tae-Young Kim, Jong-Chul Lee, "Short stub band-pass filter using stepped impedance resonator for size reduction," in *Microwave Conference Proceedings (APMC)*, 2013.
- [7] G. Matthaei, L. Young and E.Jones, "Microwave filters, Impedance Matching Networks, Coupling Structures," Norwel, Artech House, 1980.
- [8] Hualiang Zhang, Chen, K.J., "A tri-section stepped-impedance resonator for cross-coupled bandpass filters," in *MWCL*, IEEE, June 2005.
- [9] J.A.G. Malherbe and T. Bopape, "Pseudo-Elliptic Bandpass Filter with Stepped," *EuMC*, Londres, 2016.
- [10] Y. c. Chiou, M. h. Wu and J. t. Kuo, Periodic Stepped-Impedance Resonator (PSIR) Bandpass Filters with Multispurious Suppression, *IEEE MTT-S, IMS*, San Francisco, CA, 2006.
- [11] L. Thépaut, B. Potelon, C. Quendo, R. Ségalen and F. Mahé "Compact Multi-Section Resonator and Bandpass Filter Application", *EuMC*, Londres, 2016.