



HAL
open science

Antennes multi-bandes pour application GPS/Galileo/TéléMesure MicroSat

Sami Hebib, Hervé Aubert, Olivier Pascal, Nelson Fonseca, Jean-Marc Lopez

► **To cite this version:**

Sami Hebib, Hervé Aubert, Olivier Pascal, Nelson Fonseca, Jean-Marc Lopez. Antennes multi-bandes pour application GPS/Galileo/TéléMesure MicroSat. 15èmes Journées Nationales Microondes, May 2007, Toulouse, France. pp. 1-4. hal-00431766

HAL Id: hal-00431766

<https://hal.science/hal-00431766>

Submitted on 13 Nov 2009

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.

Antennes multi-bandes pour application GPS/Galileo/TéléMesure MicroSat

Sami Hebib^{1,2}, Hervé Aubert^{2,3}, Olivier Pascal¹, Nelson J. G. Fonseca⁴, Jean-Marc E. Lopez⁴

1 : AD2M, Université Paul Sabatier, 118 Route de Narbonne, 31062 Toulouse

2 : LAAS-CNRS, 7 Avenue du Colonel Roche, 31077 Toulouse

3 : INPT-ENSEEIH, 2 Rue Charles Camichel, 31071 Toulouse

4 : CNES, 18 Avenue Edouard Belin, 31401 Toulouse

sami.hebib@gmail.com

Résumé

Deux nouvelles topologies d'antennes multi-bandes à polarisation circulaire sont proposées pour le nouveau système européen de navigation satellitaire Galileo. La première configuration est à base d'éléments filaires tandis que la seconde est formée de triangles de Sierpinski. La conception et la simulation de ces deux structures ont été élaborées à l'aide d'un outil approprié utilisant la méthode des moments (MoM). Le comportement multi-bande de ces antennes est obtenu à l'aide de trappes. Ces dernières peuvent être conçues soit en éléments localisés (capacités et inductances CMS) soit avec des éléments distribués (lignes, stubs,...). Les deux antennes, et particulièrement celle à base de triangles de Sierpinski, présentent de très bonnes performances en termes d'adaptation, de bandes passantes et de polarisation circulaire. Les performances en rayonnement sont également satisfaisantes pour les deux structures et peuvent être améliorées en exploitant l'axe perpendiculaire à l'antenne. Enfin, les deux configurations d'antennes multi-bandes proposées offrent l'avantage d'être flexibles, c'est à dire que le concept peut être facilement adapté à d'autres applications.

I. Introduction

L'intérêt pour les antennes multi-bandes ne fait que croître, en particulier dans le but de réduire le nombre d'antennes bord et sol en associant plusieurs applications sur une même antenne. Le service Antennes du CNES a ainsi proposé d'analyser, dans le cadre du nouveau système de navigation satellitaire Galileo, la possibilité de combiner les applications GPS, Galileo et TéléMesure (TM) de la famille de satellites MicroSat. Dans cette communication, deux topologies originales d'antennes multi-bandes compactes à polarisation circulaire sont présentées : la première est constituée de triangles de Sierpinski et la seconde est à base d'éléments filaires. Le comportement multi-bande de ces deux configurations est obtenu à l'aide de trappes [1] dont le rôle est d'isoler électriquement les différents résonateurs de l'antenne. Ces trappes peuvent être conçues soit en éléments répartis (stubs [2], capacités inter-digitées [1],...) soit en éléments localisés [3]. Les deux configurations d'antennes multi-bandes proposées offrent l'avantage d'être flexibles, c'est à dire qu'elles peuvent être facilement modifiées pour satisfaire les contraintes techniques d'autres cahiers des charges.

II. Conception

Contrairement à une idée reçue, les antennes fractales ne permettent généralement pas de concevoir des éléments rayonnants multi-bandes pour lesquels les rapports entre les différentes fréquences de fonctionnement sont indépendants et aisément contrôlables. Par ailleurs, l'autosimilarité des diagrammes de rayonnement de ces antennes est très relative : en effet, aux différentes fréquences de fonctionnement les diagrammes de rayonnement des antennes fractales sont souvent peu semblables [4]. La faible autosimilarité des diagrammes des antennes fractales et plus particulièrement celle du triangle de Sierpinski est due à l'existence d'un couplage entre les éléments métalliques de l'antenne : à chaque résonance (ou fréquence de fonctionnement) le courant ne reste pas confiné dans la résonateur métallique correspondant à cette résonance mais déborde sur les autres résonateurs constituant l'antenne [1]. L'autre conséquence, liée à ce courant de fuite, est l'effet réseau généré par le rayonnement simultané de plusieurs parties de l'antenne. La solution que nous avons adoptée pour séparer les différentes parties rayonnantes (résonateurs) de l'antenne consiste à insérer des

trappes (filtres coupe-bande ou circuits bouchon) entre les différents résonateurs. Le dimensionnement de ces trappes est directement lié aux fréquences de fonctionnement désirées. Un filtre coupe-bande élémentaire à base d'éléments localisés consiste en la mise en parallèle d'un élément capacitif avec un élément inductif. La fréquence de réjection f_c d'un tel circuit coupe-bande est donnée par l'expression suivante :

$$f_c = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad (1)$$

où L et C désignent respectivement les valeurs de l'inductance et de la capacité du filtre. Pour une fréquence de réjection donnée, il existe donc une infinité de couples (L, C) vérifiant l'équation (1). Des conditions sur l'adaptation de l'antenne et les plages de valeurs des composants du filtre constituent l'autre équation qui nous permet de déterminer le (ou les) couple(s) (L, C) pertinent(s).

Un exemple d'antenne Sierpinski tri-bande avec des filtres coupe-bande (ou trappes) est représenté sur la figure 1. Les fréquences de fonctionnement centrales sont celles des applications GPS, Galileo et TéléMesure (à savoir 1,197 GHz, 1,575 GHz et 2,245 GHz).

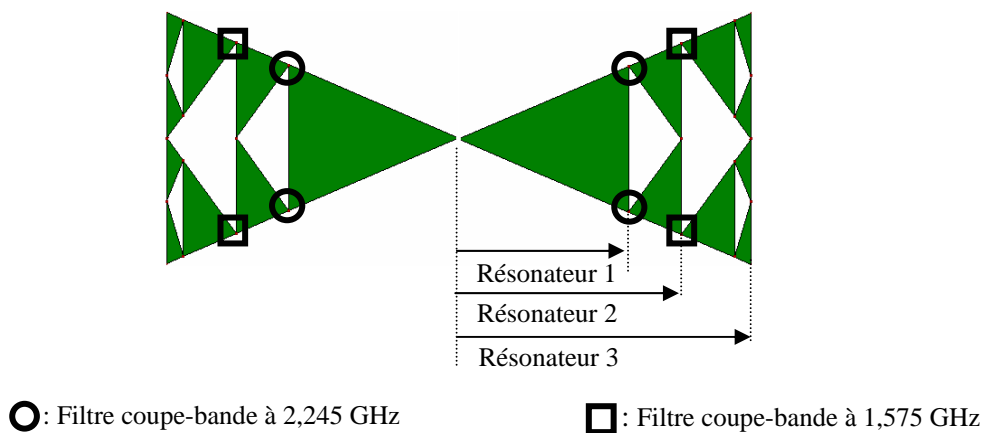


Figure 1 : Antenne Sierpinski tri-bande à base de trappes

Les résonateurs 1, 2 et 3 sont dimensionnés de manière à résonner aux trois fréquences citées ci-dessus, i.e., 2,245 GHz, 1,575 GHz et 1,197 GHz, respectivement. A la fréquence la plus basse (1,197 GHz), les huit filtres coupe-bande (quatre à 1,575 GHz et quatre autres à 2,245 GHz) sont à l'état passant, laissant le résonateur 3 fournir la fréquence de fonctionnement la plus basse. A la deuxième fréquence (1,575 GHz), le résonateur 2 sera découplé du reste de la structure puisque, pour cette fréquence-là, les quatre circuits coupe-bande, représentés par des carrés sur la figure 1, sont à l'état bloquant : l'antenne résonne alors à 1,575 GHz (fréquence de résonance du résonateur 2). Enfin à la fréquence la plus élevée (2,245 GHz), les quatre circuits coupe-bande représentés par des cercles sur la figure 1 sont à l'état bloquant et le résonateur 1 fournit la fréquence la plus haute à 2,245 GHz.

Afin d'obtenir la polarisation circulaire, deux configurations intéressantes ont été envisagées. La première consiste à utiliser une excitation en quadrature de phase au centre de la structure [5]. La seconde possibilité exploite une excitation en quadrature mais cette fois-ci en périphérie (bord) de l'antenne [3]. Nous avons observé que, comparée à la première, cette deuxième possibilité présente un gain supérieur et des bandes passantes plus larges. Elle est également plus aisée à exciter dans la mesure où les quatre accès sont plus espacés. Cette dernière configuration étant choisie (figure 2(a)), une solution filaire multi-bande à trappes sera aussi conçue (figure 2(b)). Cette solution permet de diminuer de moitié le nombre de trappes par rapport à la solution à base de triangles de Sierpinski, mais elle présente globalement de moins bonnes performances que cette dernière, comme nous le verrons dans la section suivante.

Enfin, un circuit multi-bande doit être conçu pour alimenter en quadrature les quatre accès de l'antenne.

III. Résultats de simulations électromagnétiques

La simulation électromagnétique des deux configurations est réalisée avec le logiciel IE3D (méthode des moments) de Zeland Software, Inc. Par ailleurs, afin de rendre la simulation de ces antennes multi-bandes plus aisée, les trappes sont remplacées par des interrupteurs idéaux, i.e., des circuits ouverts aux fréquences de réjection et des courts-circuits aux autres fréquences. Les deux configurations d'antennes multi-bandes simulées sont représentées sur la figure 2.

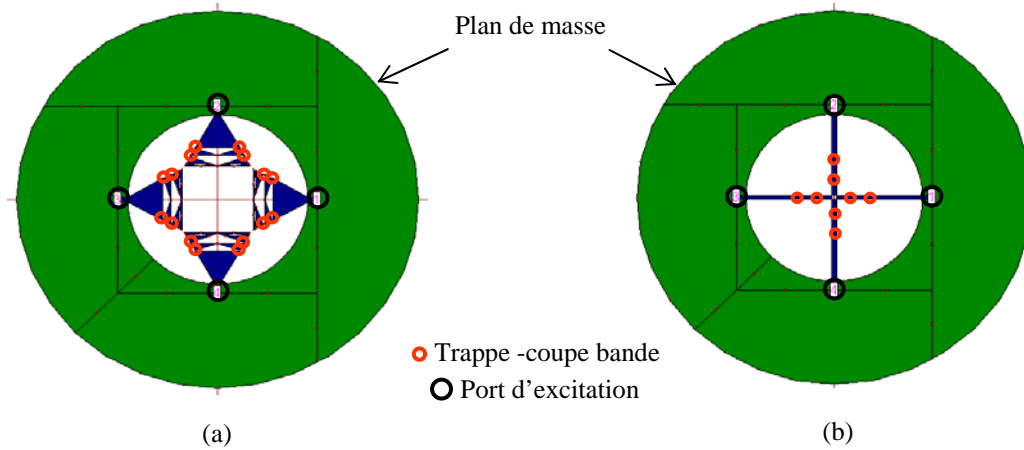


Figure 2 : Antennes tri-bandes à trappes à base : (a) de triangles de Sierpinski et (b) d'éléments filaires

Les performances fréquentielles et en rayonnement de ces deux antennes sont résumées dans le Tableau 1 pour les trois fréquences associées aux applications GPS/Galileo/TM MicroSat.

| | | Fréquence 1 1,197 GHz | Fréquence 2 1,575 GHz | Fréquence 3 2,245 GHz | |
|---|--|--------------------------|--------------------------|--------------------------|----------------|
| Configuration « triangles de Sierpinski » | Adaptation ($ S_{11} $) | - 46 dB | - 23,8 dB | - 38 dB | |
| | Bande passante ($ S_{11} < -15$ dB) | Absolue | 224 MHz | 598 MHz | 458 MHz |
| | | Relative | 18,7 % | 38 % | 20,4 % |
| | Angle d'ouverture (CPD > 15dB) | | $\pm 41^\circ$ | $\pm 30^\circ$ | $\pm 17^\circ$ |
| | Gain axial | | 6,01 dBi | 7,5 dBi | 8,5 dBi |
| Configuration « filaire » | Adaptation ($ S_{11} $) | -17,1 dB | -12,9 dB | -12,8 dB | |
| | Bande passante ($ S_{11} < -10$ dB) | Absolue | 151 MHz | 233 MHz | 461 MHz |
| | | Relative | 12,6 % | 14,8 % | 20,5 % |
| | Angle d'ouverture (CPD > 15dB) | | $\pm 42^\circ$ | $\pm 34^\circ$ | $\pm 19^\circ$ |
| | Gain axial | | 5,81 dBi | 6,98 dBi | 7,92 dBi |

Tableau 1 : Performances fréquentielles et en rayonnement des antennes représentées sur les Fig. 2(a) et Fig. 2(b)

L'antenne filaire à trappes (Fig. 2(b)) présente globalement de moins bonnes performances que l'antenne à base de triangles de Sierpinski (Fig. 2(a)). En effet cette dernière offre de très bonnes performances en termes d'adaptation, de bande passante, de polarisation circulaire et de rayonnement. Notons que la qualité de la polarisation circulaire est liée à l'ouverture angulaire sur laquelle on garantit un niveau de polarisation croisée inférieur de 15dB à la polarisation principale (CPD > 15dB). Néanmoins, ces deux configurations souffrent d'un effet réseau indésirable aux fréquences élevées. Cet effet réseau est dû au fait que les excitations des parties rayonnantes sont trop éloignées les unes des autres à cette fréquence. Il représente le seul inconvénient issu du choix d'une excitation par le bord. Une solution simple et originale pour supprimer cet effet consiste à exploiter l'axe perpendiculaire au plan de l'antenne [6,7].

Les antennes volumiques résultantes permettent un rapprochement des parties rayonnantes (d'où une réduction, voire suppression, de l'effet réseau). L'exploitation du volume disponible offre en outre de nouveaux degrés de liberté pour le contrôle du rayonnement et notamment de son ouverture angulaire.

IV. Conclusion

Deux antennes multi-bandes compactes à polarisation circulaire ont été proposées. Les résultats de simulation confirment le fonctionnement multi-bande attendu et rendent ces antennes prometteuses pour l'application GPS/Galileo/TM MicroSat. Les deux antennes originales proposées dans cette communication ont été développées pour une application tri-bande. Elles pourraient être avantageusement utilisées pour des applications associant davantage de fréquences de fonctionnement.

- [1] J. P. Gianvittorio and Y. Rahmat-Samii, "*Fractal Yagi antennas: design, simulation, and fabrication*", *Microw. Opt. Technol. Lett.*, vol. 41, no. 5, pp. 375-380, Jun. 2004.
- [2] M. Ben Abdillah, O. Pascal, H. Aubert, "*Distributed constant antennas for compact dual-band applications*", *IEEE Antennas and Propagation Society Int. Symp.*, vol. 1B, Jul. 3-8, 2005, pp. 475-478.
- [3] B. Rama Rao, M. A. Smolinski, Cuong C. Quach, E. N. Rosario, "*Triple-band GPS trap-loaded inverted L antenna array*", *Microw. Opt. Technol. Lett.*, vol. 38, no. 1, pp. 35-37, Jul. 2003.
- [4] S. R. Best, "*On the radiation pattern characteristics of the Sierpinski and modified Parany gasket antennas*", *IEEE Antennas and Wireless Propagation Lett.*, vol. 1, no. 1, pp. 39-42, 2002.
- [5] M. Ben Abdillah, O. Pascal, H. Aubert, "*Cross shaped fractal antenna: a compact circularly polarized radiating element*", *Microw. Opt. Technol. Lett.*, vol. 43, no. 6, pp. 518-521, Dec. 2004.
- [6] S. Hebib, H. Aubert, O. Pascal, N. Fonseca, L. Ries, J. M. Lopez, "*Pyramidal multi-band antennas for GPS/Galileo/MicroSat application*", *IEEE Antennas and Propagation Society Int. Symp.*, Jun. 2007.
- [7] S. Hebib, H. Aubert, O. Pascal, "*Antennes Multi-bandes pour Application GPS/Galileo*", *Rapport Final R&T CNES*, réf. DCT/RF/AN 2006.040, Dec. 2006.