

Etudes sur la forme du plan de masse d'une antenne multibandes pour applications GPS/Galileo/Télémesure

Baptiste Palacin, Nelson Fonseca, Sami Hebib, Hervé Aubert

▶ **To cite this version:**

Baptiste Palacin, Nelson Fonseca, Sami Hebib, Hervé Aubert. Etudes sur la forme du plan de masse d'une antenne multibandes pour applications GPS/Galileo/Télémesure. 16èmes Journées Nationales Microondes, May 2009, Grenoble, France. pp. 1-4. hal-00431790

HAL Id: hal-00431790
https://hal.science/hal-00431790

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.

Etudes sur la forme du plan de masse d'une antenne multibandes pour applications GPS/Galileo/Télémesure

Baptiste Palacin[1], Nelson J.G. Fonseca[1], Sami Hebib[2,3], Hervé Aubert[2,3]

[1]*Centre National d'Etudes Spatiales, 18, avenue Edouard Belin, 31401 Toulouse Cedex 9*
[2]*CNRS ; LAAS ; 7 avenue du colonel Roche, F-31077 Toulouse, France*
[3]*Université de Toulouse ; UPS, INSA, INP, ISAE ; LAAS ; F-31077 Toulouse, France*
31077 Toulouse Cedex 4
baptiste.palacin@cnes.fr : correspondant principal

Résumé

Dans la continuité d'une action de R&T du CNES menée par le LAAS et portant sur l'étude et la conception d'une antenne multibandes associant les applications GPS, Galileo et la télémesure de la plateforme générique MicroSat, une étude paramétrique a été menée sur les caractéristiques géométriques de divers plans de masse de l'antenne. Il s'agissait d'optimiser les performances radioélectriques de l'antenne en terme d'adaptation et de diagramme de rayonnement tout en minimisant si possible l'encombrement total de l'antenne. L'optimisation des performances de l'antenne a mené au choix d'un plan de masse original de forme conique.

1. Introduction

Dans le cadre d'une action de R&T CNES, une antenne multibandes associant les applications GPS, Galileo et la télémesure de la plateforme générique MicroSat a été conçue et étudiée. Afin de répondre au cahier des charges défini par le CNES, un concept d'antenne original a été proposé [1-3]. L'antenne, présentée sur la figure 1, est composée de 4 éléments rayonnant de type monopôle imprimés sur un substrat de faible permittivité. Chaque élément est imprimé sur une face d'une pyramide à base carrée formée par le substrat, ce dernier étant déposé sur un matériau radioélectriquement transparent (comme du polystyrène par exemple) ayant seulement une fonction de tenue mécanique. La polarisation circulaire de l'antenne est obtenue par l'alimentation en quadrature de phase de chaque élément rayonnant. La progression de la phase dans le sens horaire ou anti-horaire permet de choisir le sens de la polarisation. Enfin, l'aspect multibandes est obtenu par l'ajout de trappes placées le long de l'élément rayonnant afin d'adapter la longueur des éléments aux fréquences de fonctionnement. L'originalité du concept réside dans le fait que le plan de masse est troué. En effet, il a été mis en évidence que cet évidement améliore les performances en adaptation de l'antenne, la configuration optimale correspondant à un évidement qui affleure le point d'alimentation des monopôles.

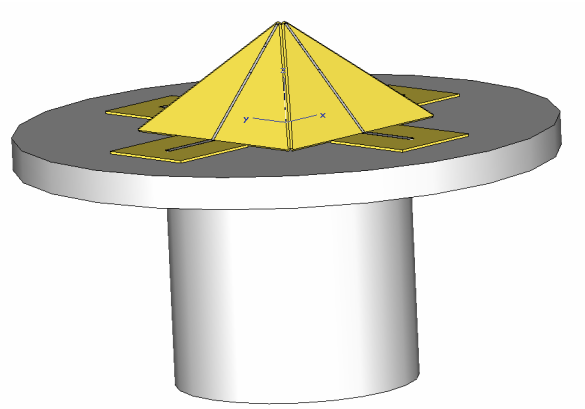


Figure 1. Antenne pyramidale multibandes avec plan de masse troué prolongé par un cylindre

Cependant, le rayonnement arrière augmente. Il a alors été proposé d'ajouter un guide cylindrique sous coupure en prolongement de l'évidement du plan de masse afin de réduire ce rayonnement arrière. Des études paramétriques complémentaires ont été menées à l'aide du logiciel CST Microwave Studio [4] pour évaluer l'influence des différents paramètres géométriques du plan de masse. Une évolution originale du plan de masse est également proposée permettant de réduire l'encombrement de l'antenne tout en conservant des performances radioélectriques similaires à celles de la solution initiale.

2. Etudes paramétriques

2.1. Plan de masse prolongé par un cylindre ouvert sous coupure

Au cours de cette étude, on a fait varier la longueur du cylindre, son rayon ainsi que le rayon du plan de masse et son épaisseur.

Il a été montré que plus le rayon du plan de masse est grand, plus le rayonnement arrière est faible car le plan

de masse tend vers le plan de masse infini mais l'adaptation de l'antenne et le rapport axial sont dégradés. Enfin, ce paramètre n'a pas de réelle influence sur la fréquence de résonance de l'antenne contrairement au rayon du cylindre prolongeant le plan de masse. En effet, plus le rayon du cylindre est grand plus la fréquence de résonance de l'antenne diminue. Le rayonnement arrière sera alors d'autant plus fort et l'adaptation de l'antenne meilleure. La configuration optimale permettant d'assurer de bonnes performances en adaptation et en rayonnement correspond au cas où le cylindre affleure le point d'alimentation des monopôles.

Il apparaît donc que la longueur du cylindre est le paramètre principal permettant d'ajuster le niveau de rayonnement arrière et de la polarisation croisée sans perturber la fréquence de résonance et le niveau d'adaptation de l'antenne. Cette solution permet un gain de 4dB en terme d'adaptation relativement à la solution avec un plan de masse plein et le rapport axial est contrôlable avec la longueur du cylindre (figure 2).

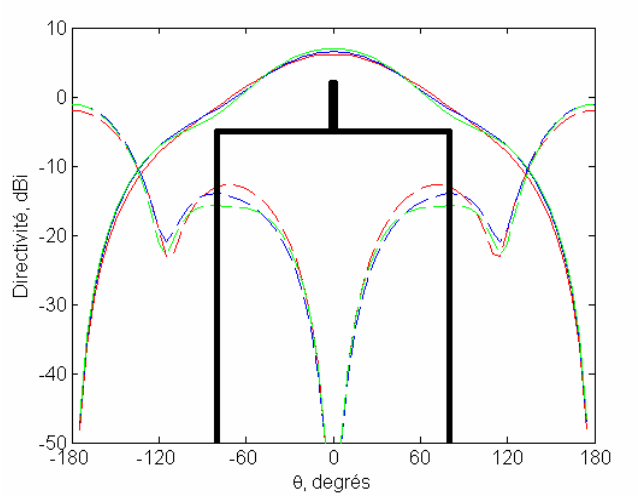


Figure 2. Comparaison des diagrammes de rayonnement de l'antenne à 1220MHz pour différentes longueurs du cylindre (rouge : L=30mm, bleu : L=70mm, vert : L=90mm)

Des performances satisfaisantes sont obtenues pour une longueur de cylindre de 70mm que ce soit en terme d'adaptation de l'antenne ou de son rayonnement.

Quant au dernier paramètre, l'épaisseur du plan de masse est un paramètre négligeable sur les performances de l'antenne. Par conséquent, elle peut être réduite afin de minimiser la masse de l'antenne. Pour conserver un plan de masse aisément réalisable industriellement et relativement robuste, l'épaisseur du plan de masse a été prise égale à 5mm.

2.2. Plan de masse prolongé par un cône

Afin de limiter le rayonnement arrière et d'obtenir une adaptation correcte de l'antenne, on a proposé le remplacement du guide cylindrique par un guide conique (figure 5). En fait, le cône est une solution intermédiaire entre le plan de masse plein, solution où le rayonnement arrière est le plus faible, et le plan de masse prolongé par le cylindre, solution où l'adaptation de l'antenne est la meilleure. Par conséquent, on a étudié l'influence de la longueur du cône sur les performances de l'antenne. Pour une longueur comprise entre 10mm et 90mm, il a été montré que la longueur du cône influe peu sur la fréquence de résonance de l'antenne (figure 3) et que plus le cône est long, meilleure est l'adaptation de l'antenne. Cependant, l'encombrement de l'antenne augmente également. Par exemple, le cône de longueur 90mm permet une amélioration de l'adaptation de 0.8dB par rapport au cône de longueur 10mm. Le gain de performance en terme d'adaptation est alors trop faible relativement à l'augmentation de l'encombrement du plan de masse. Enfin, concernant le rayonnement arrière, il est équivalent à celui de l'antenne avec un plan de masse plein (environ -3.5dB) puisque le cône permet d'une certaine façon de fermer le plan de masse, ce qui peut être intéressant pour réduire les interactions avec la structure porteuse (figure 4).

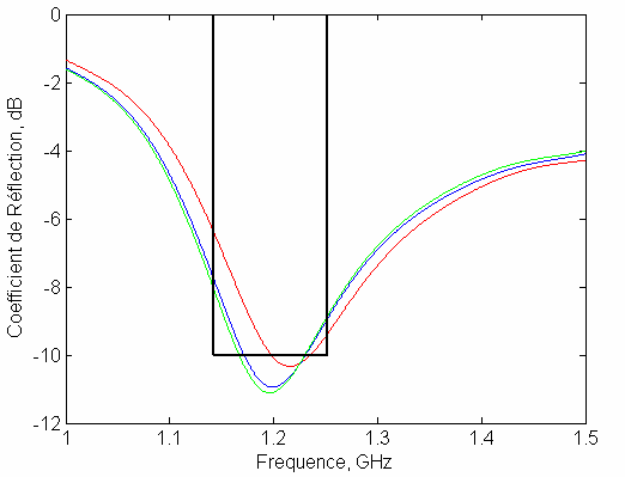


Figure 3. Comparaison des paramètres S11 pour différentes longueurs du cône (rouge : L=10mm, bleu : L=50mm, vert : L=70mm)

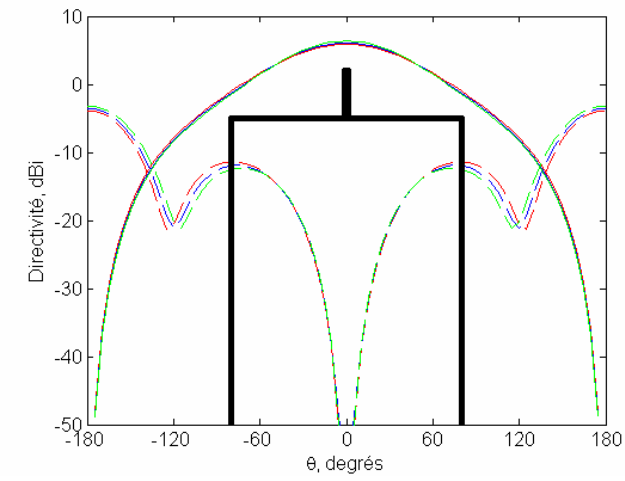


Figure 4. Comparaison des diagrammes de rayonnement de l'antenne à 1220MHz pour différentes longueurs du cône (rouge : L=10mm, bleu : L=50mm, vert : L=70mm)

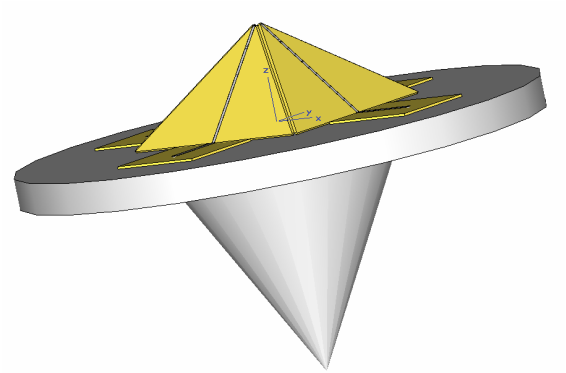


Figure 5. Modélisation sous CST de l'antenne avec plan de masse prolongé par un cône

2.3. Plan de masse prolongé par un cône tronqué

Il est intéressant de noter que même en tronquant le cône (figure 6) à une hauteur raisonnable, les performances restent équivalentes au plan de masse prolongé par un cône fermé à la fois en adaptation et en rayonnement. Au cours de l'étude, on a fait varier la longueur du cône tronqué entre 30mm et 50mm ainsi que le rayon du cône au niveau de la troncature entre 11mm et 16.5mm.

On remarque alors que la longueur du cône n'influe pas sur la fréquence de résonance de l'antenne et qu'elle influe peu sur les performances de l'antenne. Egalement, plus le rayon de troncature du cône est petit, plus le rayonnement arrière est faible. Cela est cohérent puisque la solution se rapproche de la solution à plan de masse conique.

Il a alors été montré que les performances en terme d'adaptation et de rayonnement de l'antenne sont équivalentes à celles obtenues avec le plan de masse conique tout en minimisant l'encombrement de l'antenne. En effet, avec une hauteur du plan de masse (épaisseur plus longueur du cône tronqué) deux fois plus petite (30mm au lieu de la solution avec plan de masse conique de longueur 60mm), les performances en terme d'adaptation et de rayonnement sont similaires.

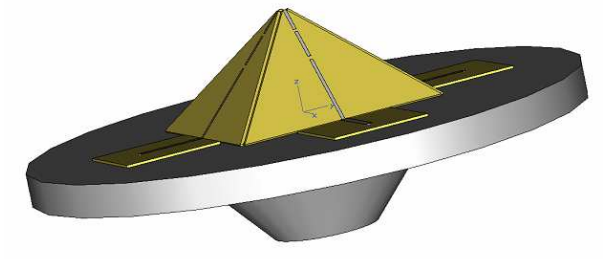


Figure 6. Modélisation sous CST de l'antenne avec plan de masse à cône tronqué

2.4. Plan de masse avec de multiples évidements

Dans le but de diminuer l'encombrement de l'antenne, un plan de masse avec de multiples évidements a été étudié (figure 7). Cette solution est intermédiaire entre la solution avec plan de masse plein et la solution avec plan de masse cylindrique. Des études paramétriques ont été menées sur le nombre, la forme (circulaires ou rectangulaires) et les dimensions de ces évidements

Il a été montré que les évidements circulaires permettaient d'obtenir de meilleures performances en adaptation et en rayonnement de l'antenne pour un nombre et une surface équivalents des évidements rectangulaires.

Pour un nombre constant d'évidements, plus le rayon de ceux-ci augmente, meilleure est l'adaptation au dépens du rayonnement arrière. En effet, plus le rayon est grand, plus on se rapproche de la solution avec un évidement central (similaire au plan de masse cylindrique).

Pour une somme constante des surfaces des évidements, plus le nombre d'évidements est grand, plus le rayonnement arrière diminue. On remarque alors qu'au-delà de 4 évidements, le rayonnement arrière de l'antenne est inférieur à celui de la solution avec plan de masse plein.

On remarque donc que cette solution présente de meilleures performances en adaptation que la solution avec plan de masse plein mais des performances nettement moins bonne que celles de la solution avec plan de masse à cône tronqué tout en ayant l'encombrement de la solution avec plan de masse plein. Par conséquent, cette solution est bien intermédiaire entre la solution à plan de masse conique et plan de masse plein.

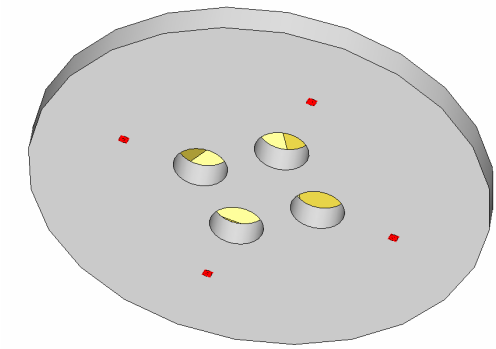


Figure 7. Modélisation sous CST de l'antenne avec plan de masse avec 4 évidements circulaires

3. Comparaison des performances de l'antenne multibandes avec différents plans de masse

3.1. Comparaison de l'adaptation de l'antenne

En terme d'adaptation, l'antenne avec le plan de masse cylindrique présente le meilleur niveau d'adaptation dans la bande de fréquence basse (figure 8). L'antenne avec le plan de masse à cône tronqué a un niveau d'adaptation très proche de celui de l'antenne avec plan de masse cylindrique, qui reste nettement plus performant que celui de l'antenne avec plan de masse plein. On note par ailleurs que le fait d'introduire un plan de masse évidé baisse la fréquence de fonctionnement, ce

qui tend à réduire les dimensions de l'antenne à fréquence de fonctionnement égale.

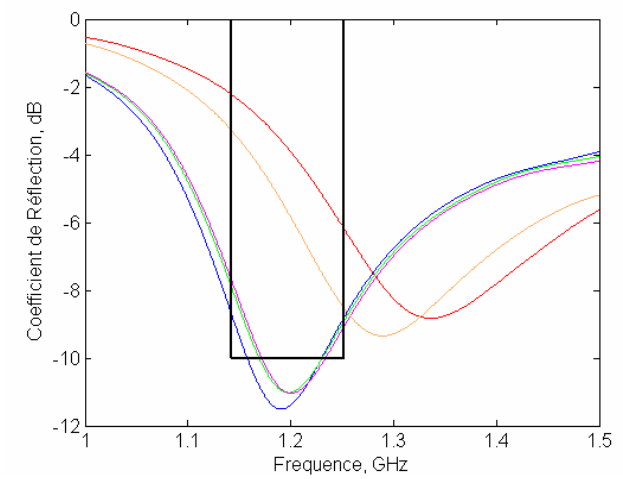


Figure 8. Comparaison (simulation) des paramètres S11 des différentes configurations d'antenne étudiées (rouge : plan de masse plein, bleu : plan de masse cylindrique L=70mm, vert : plan de masse à cône tronqué L=30mm, magenta : plan de masse conique L=60mm, orange : plan de masse à 4 évidements circulaires)

3.2. Comparaison des diagrammes de rayonnement de l'antenne

En terme de rayonnement, l'antenne avec le plan de masse cylindrique présente le rayonnement arrière le plus élevé (environ -0.5dB) mais également le meilleur rapport axial dans le cône d'intérêt correspondant au demi espace dans l'axe de l'antenne (figure 9). L'antenne avec le plan de masse à cône tronqué a un rayonnement arrière équivalent à celui obtenu avec le plan de masse plein (environ -3.5dB). Son rapport axial est légèrement plus élevé que celui obtenu avec le plan de masse cylindrique mais inférieur à celui obtenu avec le plan de masse plein.

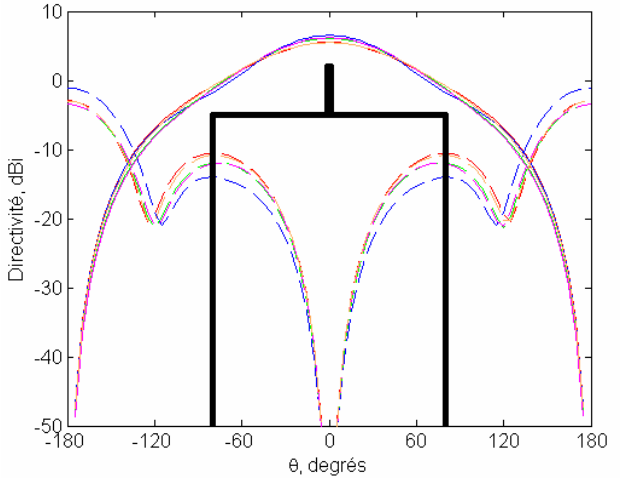


Figure 9. Comparaison des diagrammes de rayonnement de l'antenne à 1220MHz pour les différentes configurations étudiées (rouge : plan de masse plein, bleu : plan de masse cylindrique L=70mm, vert : plan de masse à cône tronqué L=30mm, magenta : plan de masse conique L=60mm, orange : plan de masse à 4 évidements circulaires)

4. Conclusion

L'étude paramétrique menée sur les différents plans de masse de l'antenne permet d'apporter une évolution originale du plan de masse dimensionné pour l'antenne pyramidale multibandes tout en réduisant son encombrement. Le plan de masse proposé est prolongé par un guide d'onde de forme conique et tronqué. Avec ce plan de masse, l'antenne a des performances en terme d'adaptation équivalentes à celles obtenues avec un plan de masse cylindrique et des performances en terme de rayonnement arrière équivalentes à celles d'un plan de masse plein. De plus, cette solution est nettement moins encombrante que le plan de masse cylindrique. Seul le niveau de polarisation croisée est légèrement dégradé par rapport à son équivalent prolongé par un cylindre.

Cette nouvelle topologie d'antenne conserve par ailleurs tous les avantages de la solution initiale, à savoir une conception simple et une certaine flexibilité sur le plan de fréquence et le choix de la polarisation. Le concept a été validé en associant des applications de navigation et télémesure, mais on peut également envisager d'associer d'autres types d'applications nécessitant des diagrammes de rayonnement relativement omnidirectionnels.

5. Bibliographie

[1] Sami Hebib, Hervé Aubert, Olivier Pascal, Nelson J. G. Fonseca, Lionel Ries and Jean-Marc E. Lopez, *"Multiband Pyramidal Antenna Loaded With a Cutoff Open-Ended Waveguide"*, IEEE Transactions on Antennas and Propagation, Vol. 57, Issue 1, January 2009, pp. 266-270.

[2] Sami Hebib, Hervé Aubert, Olivier Pascal, Nelson J. G. Fonseca, Lionel Ries and Jean-Marc E. Lopez, *"Pyramidal Multiband Antennas for GPS/Galileo/MicroSat Application"*, in Proc. IEEE AP-S Int. Symp., Honolulu, HI, Jun. 2007, pp. 2041-2044.

[3] Sami Hebib, Hervé Aubert, Olivier Pascal, Nelson J. G. Fonseca, Lionel Ries and Jean-Marc E. Lopez, *"Trap-loaded Pyramidal Triband Antenna for Satellite Applications"*, in Proc. IEEE AP-S Int. Symp., San Diego, CA, Jul. 2008.

[4] http://www.cst.com