



**HAL**  
open science

## Antenne réseau cylindrique pour station sol GPS différentiel

Bernard Souny, Hubert Poret

► **To cite this version:**

Bernard Souny, Hubert Poret. Antenne réseau cylindrique pour station sol GPS différentiel. JNM 2007, 15èmes Journées Nationales Microondes, May 2007, Toulouse, France. hal-01074131

**HAL Id: hal-01074131**

**<https://enac.hal.science/hal-01074131>**

Submitted on 13 Oct 2014

**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.

# 15<sup>èmes</sup> Journées Nationales Microondes 23-24-25 Mai 2007 Toulouse

## Antenne réseau cylindrique pour station sol GPS différentiel

Bernard Souny, Hubert Poret

école Nationale de l'Aviation Civile, 7 avenue Ed. Belin BP 54005, 31055 Toulouse CEDEX 4

bernard.souny@enac.fr

### Résumé

Les multitrajets dû à la présence d'obstacles au voisinage du sol restent une source d'erreurs difficile à supprimer dans les techniques différentielles de localisation par satellite. Nous proposons une antenne constituée d'un réseau cylindrique vertical à forte coupure au voisinage du sol permettant de réduire l'influence de ces multitrajets. La synthèse de ce réseau pose des problèmes spécifiques liés à un pas d'échantillonnage plus faible que la demi longueur d'onde et à la nécessité d'avoir un gain quasi constant aux élévations voisines de  $90^\circ$  alors que le gain doit rester faible pour les élévations négatives. Un autre problème spécifique est lié au couplage entre éléments qui impose un réseau de répartition spécialement adapté pour conserver l'omnidirectionnalité en azimut et une bonne pureté de polarisation circulaire.

### I. Introduction

Le positionnement par satellite devient important pour beaucoup d'utilisateurs. Parmi ceux ci l'aviation civile occupe une place à part du fait des contraintes particulières liées à cette activité. En particulier dans le cadre d'une utilisation en guidage pendant l'atterrissage ces contraintes imposent l'utilisation de techniques différentielles qui permettent de corriger la plupart des erreurs. Dans cette technique une station au sol reçoit les signaux satellite et peut déterminer des corrections puisque sa position est parfaitement connue. Mais les multitrajets créés par les obstacles au sol induisent des erreurs qui ne sont pas éliminées. Une solution à ce problème est d'utiliser sur la station sol une antenne dont le gain diminue très vite au voisinage du sol tout en restant constant sur le reste de la demi sphère supérieure. Nous nous proposons de décrire la conception d'une telle antenne.

### II. Système étudié et modélisation

Les caractéristiques de l'antenne sont:

- Chute de gain rapide pour des angles d'élévation<sup>1</sup> inférieur à  $5^\circ$  et gain minimum pour les angles d'élévation négatifs
- Gain constant pour les élévations supérieures à  $5^\circ$
- omnidirectionnelle en azimut
- Polarisation circulaire droite
- Temps de groupe indépendant de l'azimut et de l'élévation
- Centre de phase indépendant de l'azimut et de l'élévation

Dans les applications classiques de la navigation par satellite on utilise très souvent des antennes Patch dont la sensibilité aux multitrajets est connue. On peut améliorer leurs performances en utilisant un système de corrugations ou d'autres types de surfaces sélectives mais les chutes de gain au voisinage du sol restent insuffisamment rapide. [1]

Pour améliorer de façon plus significative cette caractéristique un réseau cylindrique vertical est un bon candidat. L'antenne élémentaire utilisée dans le réseau que nous avons choisi est un monopole horizontal orienté radialement. Ces monopoles sont groupés en galette de N éléments équiréparties sur un cercle.

---

1 L'angle d'élévation est compté à partir du sol, une élévation de  $90^\circ$  correspond à la direction verticale. L'angle de site est au contraire compté à partir de la verticale qui correspond à un site  $0^\circ$ .

Avec un tel réseau il n'est pas possible d'obtenir une polarisation circulaire partout mais c'est également le cas avec les antennes Patch. Un autre type d'élément est en cours d'étude pour supprimer cette limitation.

L'invariance par rotation de  $2\pi/N$  implique que l'on peut décomposer les excitations de ce réseau en modes à variation azimutale  $\exp(jn\theta)$  où  $n \in [0, N-1]$ . L'échantillonnage spatial que constitue les monopoles implique une périodicité  $N$  du spectre de modes. On convient de considérer comme période fondamentale les  $N$  termes les plus proches de 0. Ces modes sont ceux dont le rayon de coupure est le plus faible [2]. La contrainte de rayonner autant que possible en polarisation circulaire droite impose de ne conserver que le mode  $n=1$  dans la période fondamentale. Ce mode correspond à un rayonnement omnidirectionnel et il faut empêcher de rayonner les modes d'ordre  $\dots, 1-2N, 1-N, 1+N, 1+2N, \dots$  (existant du fait de la périodicité) pour conserver ce diagramme omnidirectionnel. Ceci est fait en donnant au mât support des monopoles un diamètre suffisamment faible pour que ces modes soient excités en deçà de leur rayon de coupure.

L'excitation de chaque galette en  $\exp(j\theta)$  est obtenue par un réseau de répartition. Ces réseaux sont généralement construits adaptés vu de l'entrée (coté émetteur) et la réciprocité permet de démontrer que le gain est le même en émission et en réception. Mais la diffraction de l'antenne change selon le type de réseau. Pour caractériser ce phénomène il est intéressant d'introduire la base orthonormée de dimension  $N$   $\exp(jn\theta)$  pour caractériser l'excitation des  $N$  éléments d'une galette, c'est une base de faisceaux orthogonaux. Le réseau de répartition est alors caractérisé de manière très générale par la matrice de diffraction à  $N$  entrées et  $N$  sorties d'un réseau réciproque sans perte. Tous les réseaux utilisés en pratique se ramènent à ce modèle mais la terminaisons des  $N$  entrées diffèrent selon le type de réseau. Pour un tel réseau le théorème de réciprocité permet de démontrer une propriété très importante: si on considère que l'excitation des éléments selon le mode  $\exp(jn\theta)$  par un champ externe donne un signal sur l'entrée  $n$  alors l'excitation de cette entrée  $n$  correspond à une excitation en mode  $\exp(-jn\theta)$  des éléments. En conséquence si on excite normalement les galettes en  $\exp(j\theta)$  le couplage entre galette produira un mode en  $\exp(-j\theta)$  qui détruira l'omnidirectionnalité et la pureté de polarisation si la sortie associée à ce mode n'est pas adaptée<sup>2</sup>.

Un autre point important est que le réseau cylindrique vertical doit rayonner vers le haut et pas vers le bas. Pour obtenir cette propriété on peut soit utiliser un réseau avec un pas de  $\lambda/2$  et un élément additionnel au centre séparé de ses voisins de  $\lambda/4$  ou utiliser un pas inférieur à  $\lambda/2$ .

La synthèse de la loi d'excitation du réseau vertical se fait par une technique de moindre carré à partir des opérateurs rayonnement de chaque galette dans le réseau obtenus par simulation numérique<sup>3</sup>. La modélisation doit prendre en compte la structure exacte des éléments rayonnants et une technique d'éléments finis a été utilisée (HFSS) Pour synthétiser la loi d'excitation du réseau de galette dans le premier cas on peut utiliser une technique classique où les points de spécification du diagramme sont dans le domaine visible mais dans le second cas si on se limite au domaine visible le phénomène de super directivité intervient et l'amplitude des sources issue de la synthèse est aberrante car des harmoniques non rayonnants sont excités. En utilisant une représentation de Fourier selon l'axe des  $z$  (représentation en ondes cylindriques ou en ondes planes) et notant  $k_z$  la variable de Fourier correspondante on a une période spectrale supérieur à  $2k$  avec  $k=2\pi/\lambda$  et pour éviter tout phénomène de super directivité l'amplitude du spectre est spécifiée nulle dans la partie invisible<sup>4</sup>

### III. Réalisations

#### *Antenne du premier type*

La photo générale est donnée fig. 1, le répartiteur de galette est visible sur la fig. 2 et 3. C'est un répartiteur passif dont la surface a imposé un diamètre du mât de 85 mm et donc un réseau circulaire de 8 monopoles. La fig. 4 donne le diagramme calculé en simulation (HFSS) et la fig. 5 donne le rapport C/N mesuré sur un satellite GPS

#### *Antenne du deuxième type*

La photo générale est donnée fig. 6. Le diagramme obtenu en simulation (HFSS) est donné fig. 7. Ce diagramme a été obtenu par synthèse d'un réseau de 11 galettes de 4 monopoles en utilisant les opérateurs rayonnement calculé par HFSS et une répartition de source obtenu à partir d'un diagramme correspondant à la fonction de transfert d'un filtre à réponse impulsionnelle finie d'ordre 11 C'est une antenne active avec un amplificateur faible bruit<sup>5</sup> par monopole. Ceci permet

2 Il est à noter que cette sortie n'est pas utilisée.

3 Le nombre de point de spécification du spectre étant pris très largement supérieur au nombre de galettes pour éviter toute influence du choix de la position des points de spécification.

4 Elle est donné par le diagramme dans la partie visible

5 Adapté en entré

de déporter les répartiteurs en pied d'antenne et le mât a pu être réduit à un carré de 20 mm ce qui permet d'utiliser un réseau circulaire de 4 monopoles. Cette antenne est en développement et le résultats de test sur satellite ne sont pas encore disponibles.



Fig 1

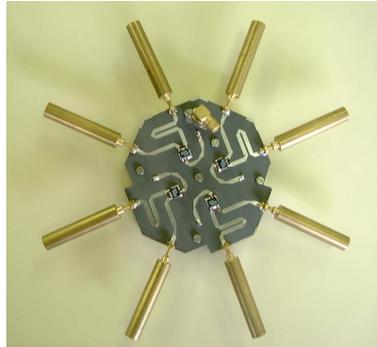


Fig 2

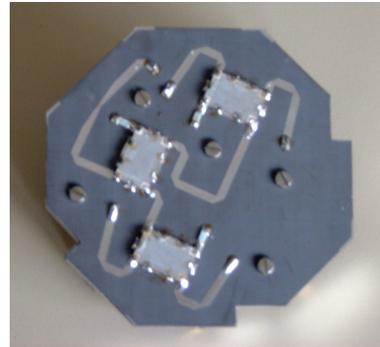


Fig 3

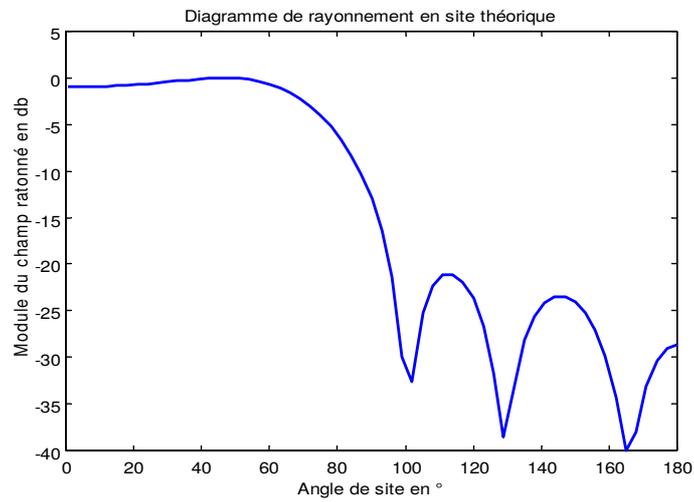
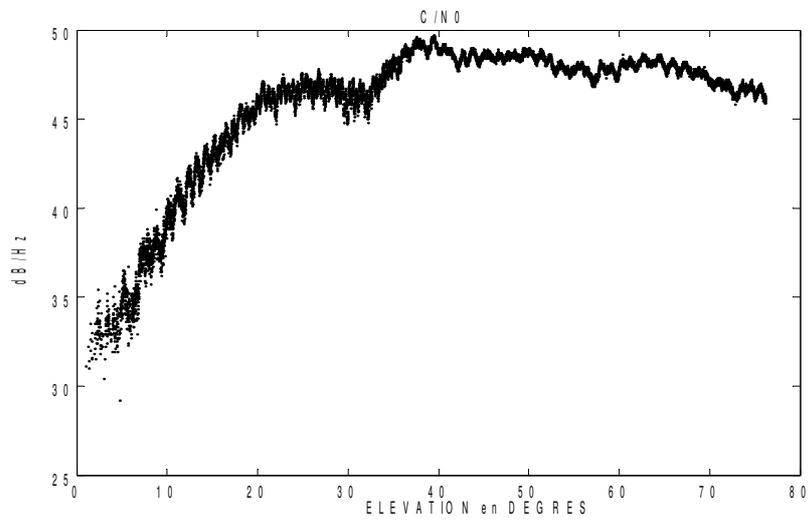


Fig 4



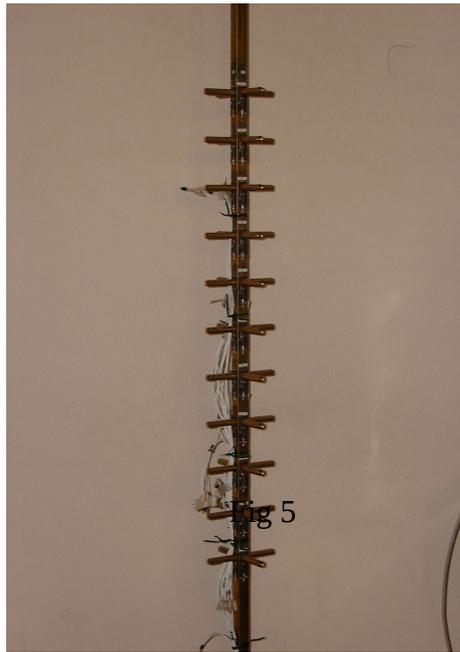


Fig. 6

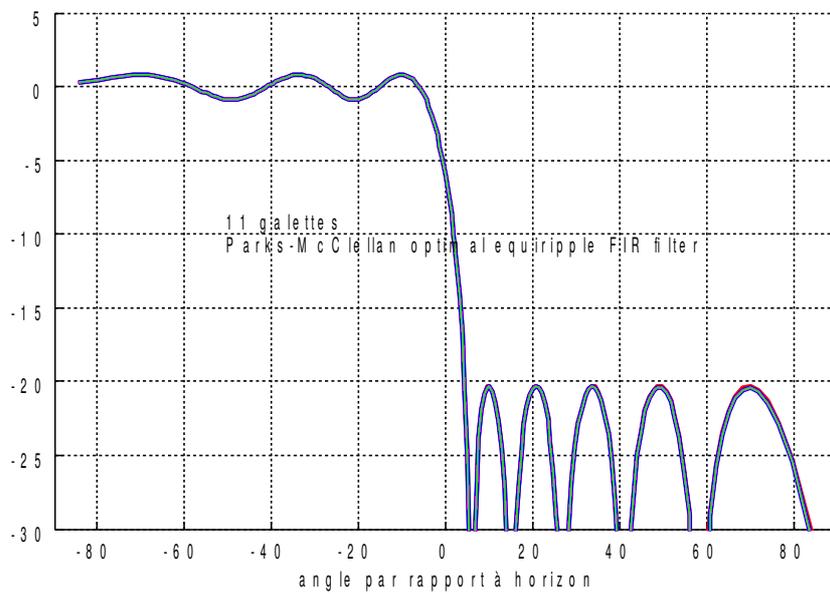


Fig. 7

### Bibliographie

[1]Dr Shian Hwu, Ba Lu, J. Hernandez, R. Panneton, S. Gomez, P. Sanders, « *Effects of antenna pattern on Global Positioning System carrier phase measurements in space station environment* », ION NTM 96

[2]R. F. Harrington, « *Time-Harmonic Electromagnetic fields* », Mac Graw-Hill 1961