



HAL
open science

Critères de corrélation pour le choix optimal d'éléments rayonnants dans les systèmes multi-antennes

Stéphane Avrillon, Franck Nivole, Christian Brousseau

► To cite this version:

Stéphane Avrillon, Franck Nivole, Christian Brousseau. Critères de corrélation pour le choix optimal d'éléments rayonnants dans les systèmes multi-antennes. 15ème Journées Nationales Micro-ondes, May 2007, Toulouse, France. hal-00152102v2

HAL Id: hal-00152102

<https://hal.science/hal-00152102v2>

Submitted on 7 Jun 2007

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.

Critères de corrélation pour le choix optimal d'éléments rayonnants dans les systèmes multi-antennes

Stéphane Avrillon, Franck Nivole, Christian Brousseau

IETR, UMR CNRS 6164, Université de Rennes 1, Campus Beaulieu, 35042 RENNES Cedex

Stephane.avrillon@univ-rennes1.fr

I. Introduction

Les systèmes multi-antennes sont de plus en plus utilisés dans les télécommunications sans fil. Ainsi, les techniques MIMO (Multiple Input - Multiple Output) semblent être une des voies de recherche les plus prometteuses pour augmenter les débits et la robustesse des communications. De même, l'amélioration des performances peut passer par la caractérisation des canaux de transmission qui nécessite, là aussi, l'utilisation de systèmes multi-capteurs (goniométrie...).

Dans ces applications, les performances sont directement liées à la corrélation entre les antennes. De nombreux travaux ont été menés sur l'étude de la corrélation en utilisant le coefficient de corrélation d'enveloppe. Ce coefficient donne des informations intéressantes sur la corrélation entre deux antennes dans un environnement connu. Par contre, il ne tient pas compte des polarisations des antennes et ne permet pas de différencier les directions pour lesquelles les antennes sont décorrelées.

Le but de ce papier est de définir différents coefficients permettant d'évaluer la corrélation entre deux antennes suivant la direction d'arrivée, la polarisation et le retard des différents trajets en tenant compte uniquement des réponses des antennes. Ainsi, chaque coefficient caractérise la corrélation liée à un type de diversité (polarisation, amplitude, phase ou espace) pour chaque direction Ω de l'espace sans aucune information a priori sur le canal de propagation.

II. Les coefficients de corrélation

Dans cette étude, les antennes sont modélisées par la fonction de rayonnement mesurée ou simulée $F(\Omega)$ qui est liée au champ lointain rayonné par une antenne, par la relation :

$$\vec{E}(r, \Omega) = -j2\eta_0 I G(r) \vec{F}(\Omega)$$

avec η_0 , l'impédance caractéristique du vide, I , le courant équivalent dans l'antenne et $G(r)$, la fonction de Green.

L'étude des propriétés des fonctions de rayonnement normalisées par rapport au maximum de rayonnement $F^N(\Omega)$ permet de définir les quatre coefficients de corrélation donnés ci-dessous. La démarche utilisée pour aboutir à ces formulations sera détaillée pendant la conférence. ($\langle \vec{F}_1^N, \vec{F}_2^N \rangle$ est le produit scalaire et $\|\vec{F}_1^N\|$ est la norme du vecteur).

$$\text{Polarisation : } \rho_{polar}(\Omega) = \frac{\langle \vec{F}_1^N, \vec{F}_2^N \rangle}{\|\vec{F}_1^N\| \|\vec{F}_2^N\|}$$

$$\text{Phase : } \rho_{phase}(\Omega) = \frac{|\Re(\langle \vec{F}_1^N, \vec{F}_2^N \rangle)|}{\|\vec{F}_1^N\| \|\vec{F}_2^N\|}$$

$$\text{Amplitude : } \rho_{mag}(\Omega) = \frac{2\|\vec{F}_1^N\| \|\vec{F}_2^N\|}{\|\vec{F}_1^N\|^2 + \|\vec{F}_2^N\|^2}$$

$$\text{Global : } \rho(\Omega) = \rho_{polar}(\Omega) \cdot \rho_{mag}(\Omega) \cdot \rho_{phase}(\Omega)$$

III. Exemple de corrélation d'antennes : Antenne co-localisée pour le MIMO

Pour illustrer l'intérêt des coefficients de corrélation, différents exemples de systèmes multi-antennes seront exposés pendant la conférence. Pour cet article, un exemple d'antenne multi-capteurs co-localisés proposé par Konanur [1] pour une application MIMO est présenté. La figure 1 donne le principe de cette antenne constituée de 3 dipôles orthogonaux et d'une boucle de courant « pie-shaped » avec son modèle utilisé pour simplifier l'étude. Les fonctions de rayonnement de chaque élément sont ceux de dipôles $\lambda/2$ et d'une boucle de courant uniforme.

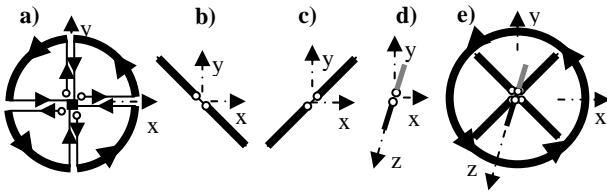


Figure 1. Représentation simplifiée de l'antenne co-localisée :
 a) la boucle de courant « pie-shaped », b) c) et d) les dipôles et e) l'antenne complète simplifiée.

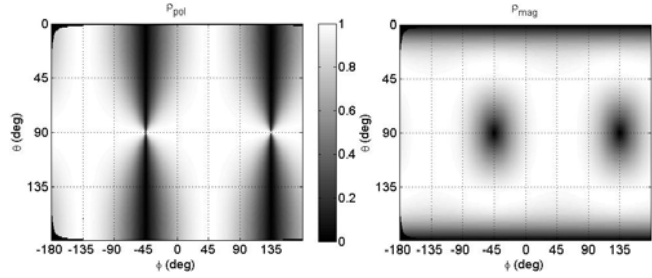
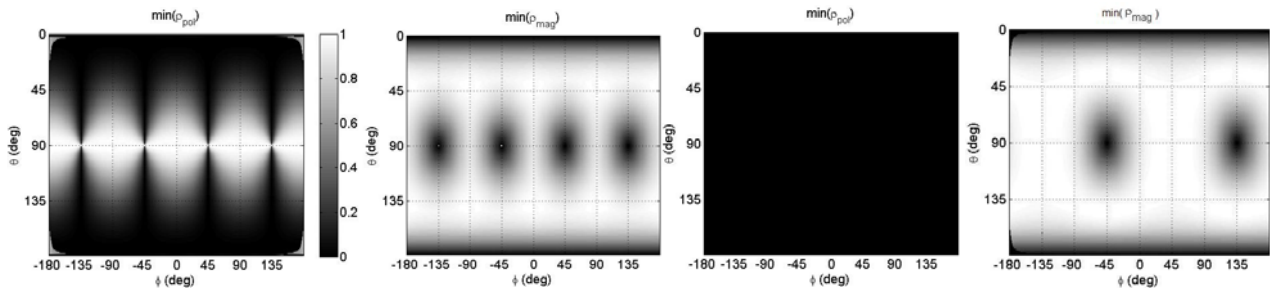


Figure 2. Corrélation en polarisation et en amplitude entre la boucle (Fig. 1a) et le dipôle (Fig. 1b).

En calculant les corrélations entre éléments deux à deux (exemple de la boucle a et du dipôle b présenté à la figure 2), on peut déterminer quel couple d'éléments permet d'obtenir une décorrélation optimale dans une ouverture angulaire donnée, pour une diversité donnée. Les graphiques donnent les valeurs de corrélation (le 0 représentant une décorrélation totale entre les antennes) en fonction des angles d'azimut ϕ et zénithal θ . La décorrélation en phase (et donc en diversité d'espace) est ici inexistante et n'est pas représentée.

Konanur réalise dans son étude, une comparaison entre une antenne constituée des quatre éléments et une antenne constituée des trois éléments a, b et c. Avec les critères de corrélation calculés précédemment, on peut choisir trois éléments parmi les quatre qui permettent d'avoir, dans chaque direction et pour chaque diversité, deux éléments décorrélés. La décorrélation globale est alors obtenue en traçant le minimum des coefficients de corrélation entre deux éléments pour chaque direction. La figure 3 effectue la comparaison entre le choix de Konanur et le choix déduit de cette étude. On voit grâce aux coefficients que Konanur a privilégié la décorrélation en amplitude au détriment de la décorrélation en polarisation. Après mesures des performances de ses antennes, Konanur conclut, entre autre, que le passage d'une antenne de trois éléments à quatre éléments permet d'augmenter fortement le débit maximum de son système MIMO. Ce résultat, au vu des calculs des coefficients de corrélation définis dans ce travail, doit être modulé : dans le cas où la diversité de polarisation est importante, le choix de Konanur n'est pas judicieux et le débit obtenu avec une antenne à trois éléments optimale est sans doute beaucoup plus élevé.



Antenne à trois éléments choisie par Konanur

Antenne choisie avec les coefficients de corrélation

Figure 3. Comparaison des corrélations de deux antennes à trois éléments.

IV. Conclusion

Ce papier définit différents coefficients de corrélation entre antennes permettant de différencier les effets de polarisation, d'amplitude et de phase (en particulier d'espace). Ils permettent aussi de déterminer les directions pour lesquelles la décorrélation est maximale. Ces coefficients dépendent uniquement de la fonction de rayonnement des antennes qui peut être obtenue par simulation ou par mesure. Un exemple d'utilisation de ces coefficients pour le choix d'une antenne MIMO à trois éléments co-localisés est donné. Il permet de mettre en évidence les informations que l'on peut tirer d'une telle analyse en corrélation, en particulier dans le choix des antennes pour les systèmes MIMO ou les systèmes de goniométrie.

[1] A. S. Konanur, K. Gosalia, S. H. Krishnamurthy, B. Hugues, G. Lazzi, "Increasing wireless channel capacity through MIMO systems employing co-located antennas", IEEE Trans. On Microwave Theory and Techniques, Vol. 53, No6, June 2005, pp. 1837-1844