



Comité National Français de Radioélectricité Scientifique

Section française de l'

Union Radio Scientifique Internationale

Siège social : Académie des Sciences, Quai de Conti – Paris

JOURNÉES SCIENTIFIQUES DU CNFRS

" INTERACTION DU CHAMP ÉLECTROMAGNÉTIQUE AVEC L'ENVIRONNEMENT "

(OBJETS ET STRUCTURES MANUFACTURÉS OU ENVIRONNEMENT NATUREL)

PARIS, LES 24 ET 25 FÉVRIER 2005

Caractérisation inverse de sources pour l'interaction du champ électromagnétique avec l'environnement

Azeddine Gati, Yacine Adane*, ManFaï Wong*, Joe Wiart *, Victor Fouad-Hanna**.*

*** France Télécom R&D – 38, 40 rue du Général Leclerc 92794 Issy Les Moulineaux Cedex 9 – France*

Azeddine.gati@francetelecom.com

*** Laboratoire Instruments et Systèmes – Université Paris 6, 4, place Jussieu - 75252 Paris cedex 05*

Résumé

Ce travail s'inscrit dans la démarche de l'analyse des émissions électromagnétiques (EM) et de l'interaction de ces champs avec l'environnement. La caractérisation par la simulation des phénomènes résultants de l'interaction des champs avec les objets environnants nécessite au préalable la synthèse de modèles de sources équivalentes robustes et simples d'utilisation dans des modèles de propagation. Des méthodes telles que le tracé ou le lancé de rayons couplés avec des modèles mathématiques fiables telle que l'UTD permet alors une bonne analyse des phénomènes.

La technique proposée est basée sur la décomposition d'une source, d'une géométrie quelconque dont les dimensions ne permettent pas d'utilisation triviale des méthodes asymptotiques, en sources équivalentes plus petites qui elles permettent de calculer le champs rayonné très près de l'émetteur. Les sources élémentaires équivalentes sont représentées par leurs modes sphériques. Le choix du nombre de source et du nombre de modes permet de l'élaboration de modèles efficaces et la prise en comptes des objets proches des antennes.

Mots clés : Sources équivalentes, modes sphériques, tracé/tracé de rayon, problème inverse.

Introduction

L'analyse de l'interaction entre les sources EM et l'environnement nécessite la prise en compte simultané de l'émetteur et des objets environnants. Cela peut être réalisé par des méthodes de calcul rigoureuses mais on se heurte rapidement au problème de la taille des objets et des ressources informatiques. Les méthodes rapides de calcul, telles que les méthodes asymptotiques, sont une alternative efficace pour ce genre de problématique mais le couplage aux sources impose que les objets soient à une distance minimale de restriction correspondant à la frontière du champ lointain des sources. La zone du champ lointain est directement liée aux dimensions de l'émetteur et à la longueur d'onde. Plus l'émetteur est petit plus la zone de restriction est proche. L'application directe de ces méthodes n'est donc pas évidente en présence d'objet près des émetteurs.

L'approche proposée permet de coupler des antennes qui sont caractérisées en espace libre soit par simulation, soit par mesures. Elle est basée sur la décomposition d'une source réelle en sources élémentaires équivalentes plus petites. La frontière du champ lointain est alors rapportée aux dimensions plus petites de la source élémentaire. L'application des techniques de recombinaison telles que la superposition permet alors de recomposer le champ total émis à l'intérieur de la sphère minimale de la source initiale mais à l'extérieur de la zone de restriction des sources élémentaires. Par ce biais, on peut utiliser les méthodes asymptotiques rapides pour étudier l'interaction avec les objets proches toute en étant dans une approche champ lointain.

Dans ce travail nous avons choisi de caractériser les sources par les modes sphériques. En effet, la détermination de ces modes permet de calculer le champ EM dans tout l'espace extérieur à la sphère minimale entourant l'élément émetteur. Les sources élémentaires sont donc identifiées par leurs modes

sphériques. Une méthode de synthèse inverse permet alors la détermination des modes propres de chaque source élémentaire.

1. Problème inverse et matrice de passage

Une matrice de passage est construite pour décrire le passage des modes sphériques des sources élémentaires vers les modes de la source réelle globale. Cette matrice est calculée à partir des formules de translation et de rotation des modes sphériques. Elle est formée de plusieurs blocs, chacun décrivant la projection des modes d'une source élémentaire dans un repère local vers un repère global de la source initiale. Le problème de synthèse revient alors à résoudre le système linéaire : $Ax=B$ où A est la matrice de passage, B le vecteur des modes de la source initiale et x les inconnues du problème qui sont les coefficients des harmoniques des sources élémentaires. Il est à noter que ce problème peut être contraint pour rendre les cellules émettrices identiques avec des excitations différentes.

Les paramètres du problème sont le nombre de sources et leurs positions et le nombre de modes de chaque source. Ces paramètres dépendent de la distance minimale de validité du modèle. En effet, cette distance permet de calculer les rayons des sphères minimales des sources élémentaires. De plus, le rayon minimal permet de définir le nombre de modes nécessaires. Le nombre de sources est choisi pour garantir un résidu acceptable pour le problème d'inversion.

2. Application

Nous avons appliqué cette approche pour modéliser une antenne de station de base de 2.7 m de haut. En effet, notre problématique est de prendre en compte l'interaction des personnes avec les champs EM à proximité des antennes relais. Dans ce problème de synthèse, nous avons décomposé cette antenne en 8 sources élémentaires verticalement disposées et espacées d'une longueur d'onde. Après résolution du système linéaire nous obtenons les 8 spectres de coefficients d'harmoniques sphériques des 8 cellules élémentaires.

La matrice de passage a été construite pour un nombre de modes TE et TM correspondant à 3040 lignes et $98 \times 8 = 784$ colonnes. La figure 1a montre le champ calculé dans le plan vertical à partir des modes sphériques de l'antenne globale pour une puissance de 20 watts. La sphère minimale a un rayon de 1.7m.

La figure 1.b montre le champ obtenu après superposition des 8 cellules élémentaires générées par cette approche dans le même plan de coupe. Cette figure montre que le champ est calculé dans tous les points même à l'intérieur de la sphère minimale initiale. Cependant le champ n'est valable qu'à une longueur d'onde en face des cellules élémentaire correspondant au rayon de la sphère minimale de la cellule élémentaire.

Enfin, la figure 1c montre le l'erreur relative ($\Delta E/E$) en fonction de l'intensité du champ. Cette figure montre l'erreur n'excède pas 10 % sauf pour les points d'intensité faible correspondent à des points généralement sur les lobes secondaires.

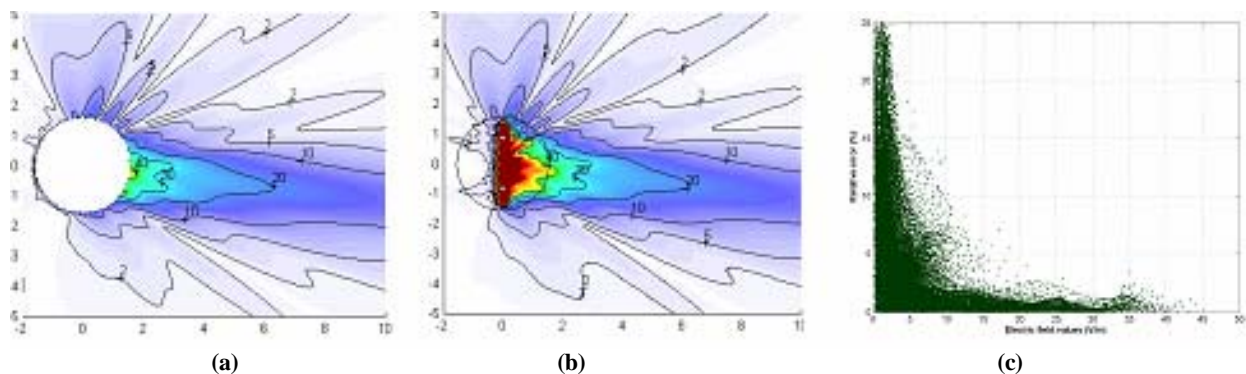


Figure 1: (a) mesures dans le plan vertical (b) Modèle équivalent avec 8 sources élémentaires (c) Erreur relative entre mesures et simulation en fonction de l'intensité du champ.

Références bibliographiques

- [3] Y. Adane, A. Gati, M.-F. Wong, C. Dale, J. Wiart, and V. Fouad Hanna, "Optimal modelling of real radio base station antennas for human exposure assessment using spherical-mode decomposition" IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters, Vol. 1, pp. 215-218, 2002.
- [4] J. Hald, F. Jensen, F. H. Larsen, "Spherical Near-Field Antenna Measurements", J. E. Hansen, Ed. London, U.K. : Peregrinus, 1988.