HAL
open science

Approche hybride par la modélisation électromagnétique des interactions en champ proche et en champ lointain.

Karima El Fellous, Pierre Combeau, Philippe Besnier, Rodolphe Vauzelle

To cite this version:

Karima El Fellous, Pierre Combeau, Philippe Besnier, Rodolphe Vauzelle. Approche hybride par la modélisation électromagnétique des interactions en champ proche et en champ lointain.. Journée thématique Interaction des ondes électromagnétiques avec des cibles ou/et le milieu naturel, Jun 2011, Paris, France. 1 page. hal-00779781

HAL Id: hal-00779781

https://hal.science/hal-00779781v1

Submitted on 22 Jan 2013

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.

Approche hybride par la modélisation électromagnétique des interactions en champ proche et en champ lointain

Karima El-Fellous[1], Pierre Combeau[2], Philippe Besnier[1] et Rodolphe Vauzelle[2]
[1]IETR, UMR CNRS 6164, Université de Rennes 1, [2]XLIM-SIC, UMR CNRS 7132, Université de Poitiers

1. Introduction

Les travaux présentés dans cet article sont réalisés dans le cadre du projet ANR VTT METAPHORT (Utilisation des métamatériaux pour la problématique de cohabitation de systèmes et d'antennes embarquées dans les transports ferroviaires). Pour les systèmes de communication associés aux applications métro et ferroviaires, le canal de transmission (canal de propagation et antennes) subit de nombreuses contraintes liées d'une part aux phénomènes de multi-trajets particuliers dans les environnements tunnel et, d'autre part, à la nécessité d'intégrer les antennes directement sur la structure des rames notamment pour des raisons d'encombrement. Afin de pouvoir garantir une certaine qualité de services, les performances des liaisons radios doivent être estimées précisément.

Les antennes sont, dans la très grande majorité des cas, conçues dans un espace libre de toute structure environnante. Pourtant, l'environnement de l'antenne joue un rôle fondamental sur ses performances. Ainsi, il s'avère nécessaire d'utiliser une méthode numérique qui soit capable de tenir compte précisément et rigoureusement de l'environnement. Avec la puissance sans cesse croissante des calculateurs, il est possible d'intégrer certaines structures comme les supports de l'antenne ou l'environnement immédiat. Cependant, lorsque les structures deviennent grandes par rapport à la longueur d'onde (taille électrique) les ressources informatiques deviennent très vite exhaustives.

Les structures environnantes, même simplifiées, sont d'une autre échelle et il est à la fois impossible de modéliser l'ensemble avec une méthode dite rigoureuse (maillage de l'espace de calcul) ou avec une méthode dite asymptotique pour laquelle, les détails fins (que peut contenir une antenne) ne peuvent être pris en compte. Par conséquent, la modélisation d'un cas qui inclut des structures contenant des éléments d'échelles très variés doit être entreprise par une approche hybride.

Dans ce cadre, nous proposons une méthode d'hybridation se décomposant en trois étapes :

- dans un premier temps, il s'agit de modéliser le rayonnement de l'antenne environnée (antenne + toit de la voiture) par une méthode rigoureuse de type TLM (Transmission Line Matrix).
- dans un deuxième temps, une méthode originale développée à l'IETR permet de générer un réseau de dipôles élémentaires pondérés produisant un rayonnement équivalent, aussi bien en champ proche que lointain.
- enfin ce réseau d'antennes élémentaires est directement intégré au sein d'un simulateur basé rayons-méthode asymptotique développé à XLIM-SIC.

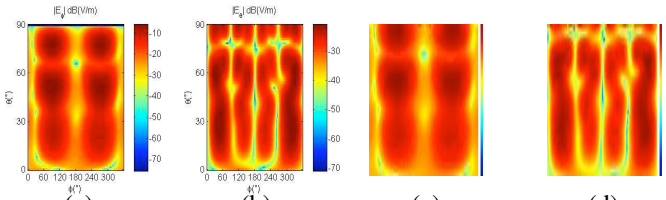
Nous présentons ici quelques premiers résultats concernant les deux derniers point, *i.e.* l'hybridation méthode à rayons, dipôles équivalents.

2. Calcul du réseau de dipôles équivalents

Les fondements théoriques liés notamment à l'expansion du champ électromagnétique dans différents repères à partir de la connaissance des conditions aux limites se trouvent déjà dans Stratton [1]. Ainsi, la connaissance du champ électromagnétique échantillonné sur une surface fermée entourant une source de rayonnement est suffisante pour déterminer l'expression du champ électromagnétique en tout point de l'espace extérieur à cette surface. Notons que l'obtention du champ sur cette dernière peut indifféremment provenir d'une mesure en champ proche ou d'un calcul rigoureux (TLM notamment). Considérant l'expression analytique en base sphérique du champ rayonné par un dipôle élémentaire (électrique et magnétique), il s'agit alors de déterminer, via une méthode de résolution matricielle, les positions, polarisations et pondérations spécifiques permettant de reproduire le rayonnement initial [2]. Il a été montré qu'une connaissance de la structure géométrique de la source rayonnante permettait de réduire significativement la taille du réseau.

3. Résultats d'hybridation

À titre d'exemple, la figure 1 présente les cartographies des composantes tangentielles du champ électrique rayonné par une antenne patch située à 10 cm d'une plaque métalique, issue de la mesure d'une part (figure 1 a et b), et d'autre de la simulation du réseau de dipôles équivalents correspondant, calculé puis intégré au tracé de rayon (figure 1 c et d). Ces cartographies ont été calculées sur une sphère de rayon 1m centrée sur l'antenne.



(a) (b) (c) (d)

Fig. 1. Cartographies des composantes tangentielles du champ électrique

Sur cette base concluante, nous présenterons des résultats en environnements réalistes de type tunnel avec rame.

[1] : Stratton J.A., Electromagnetic Theory, McGraw-Hill, 1941.

[2] : Serhir M., Développement de modèles de rayonnement électromagnétique à partir d'une mesure en champ proche sphérique, thèse INSA de Rennes, décembre 2007.