

Stratégies d'hybridation FDTD/MTL de méthodes de simulation électromagnétique

- Application à l'étude de grands systèmes complexes -

Soutenance de thèse de Nathanaël MUOT

20 juin 2013 à 13h30

Salle : Auditorium

Devant le jury :

M. REINEIX Alain (Rapporteur)
M. BONNET Pierre (Rapporteur)
M. PASCAL Olivier (Examineur)
M. PICHON Lionel (Examineur)
M. VOLLAIRE Christian (Examineur)
M. FERRIERES Xavier (Directeur de thèse)
Mme. BACHELIER Élodie (Directrice de thèse)
M. GIRARD Christophe (Responsable AxesSim)
M. CAREL Christian (Invité)

Résumé

La modélisation électromagnétique des grands systèmes devient aujourd'hui un enjeu majeur dans l'évaluation de leur vulnérabilité aux environnements électromagnétiques. L'estimation de cette vulnérabilité nécessite, dans un premier temps, de pouvoir évaluer les contraintes rayonnées et/ou conduites appliquées aux systèmes. La phase d'évaluation des contraintes, dans le contexte d'un grand système, est une opération complexe à plusieurs titres de par la variété des géométries présentes dans la scène, la présence de matériaux complexes et la taille des problèmes par rapport à la longueur d'onde.

Dans les travaux proposés, nous nous sommes plus particulièrement intéressés aux grands systèmes terrestres qui ont une taille pouvant s'étendre sur plusieurs kilomètres, possédant des interconnexions multiples entre différents bâtiments et reposant sur un milieu diélectrique de faible conductivité représentatif du sol. L'objectif est de réduire les ressources (temps et mémoire) informatiques inhérentes à l'étude de grands systèmes en prenant en compte toute la complexité des réseaux d'interconnexion et la faible conductivité du sol.

Pour atteindre cet objectif, nous utilisons une approche hybride dans le domaine temporel, couplant une méthode de résolution des équations de Maxwell dans le domaine 3D (FDTD) avec une méthode de résolution des équations de ligne de transmission. Cette hybridation est faite pour deux approches : une approche multi-domaine et une approche multi-résolution ou d'échelle.

L'approche multi-domaine est une extension de la méthode FDTD 3D à plusieurs sous-domaines reliés par des structures filaires sur lesquelles nous résolvons une équation de lignes de transmission par un formalisme FDTD 1D. La difficulté est d'abord d'avoir une définition implicite du champ électromagnétique dans la théorie des lignes de transmission, et ensuite de prendre en compte les effets du sol sur les courants induits au niveau des lignes et sur les champs électromagnétiques.

L'approche multi-résolution ou d'échelle est conçue pour étendre les capacités de la méthode FDTD au traitement du routage de câbles complexes ayant une section plus petite que la taille de la cellule. Différentes techniques sont utilisées d'une part pour évaluer les paramètres de la ligne, basés sur la résolution d'un problème de Laplace 2D, d'autre part pour prendre en compte le couplage champs/câbles basé sur le courant de mode commun.

L'ensemble de ce travail nous a permis de proposer une méthode numérique efficace pour calculer les effets électromagnétiques induits par une source (type onde plane ou dipolaire) sur des sites de grande dimension, composés de plusieurs bâtiments reliés entre eux par un réseau de câbles. Dans ce cadre, une application à la foudre a été réalisée.