

Analyse FDTD large bande de structures périodiques

Samuel GAUCHER, CEA/XLIM - Le Barp/Limoges

Christophe GUIFFAUT, XLIM - Limoges

Alain REINEIX, XLIM - Limoges

Olivier CESSNAT, CEA - Le Barp

Geneviève MAZE-MERCEUR, CEA - Le Barp

Pour contrôler la diffraction d'un objet éclairé par une onde radar, différents matériaux sont envisagés dont des métamatériaux. Leur prise en compte dans les outils de simulation peut s'avérer complexe, en raison de leur configuration géométrique. En effet, ils se présentent sous la forme de couche mince hétérogène. Dans ce contexte, nous proposons une méthodologie d'analyse théorique permettant de construire un modèle de type impédance de surface d'un métamatériau afin de l'introduire sur la surface d'une cible modélisée par un code 3D de type FDTD. Or les matériaux utilisés sont souvent constitués de motifs périodiques, dans ce cas, la représentation d'un seul motif permet de caractériser un matériau de grande dimension périodique dans les deux directions planaires. Il est donc possible de ne tenir compte que des propriétés de ce motif élémentaire et d'en déduire une représentation de type impédance de surface. Ainsi, des conditions aux limites périodiques de Floquet (PBC) s'imposent dans les deux directions planaires. En particulier, la méthode des différences finies est un bon candidat pour mettre en place ce modèle en raison de sa simplicité, son efficacité et son caractère large bande. Cependant, lorsque l'angle d'incidence est strictement positif, les PBC requièrent des valeurs non prédictibles de champ à des temps futurs. Pour remédier à ce problème, diverses techniques existent et se distinguent en deux classes : "méthodes de champ direct" et "méthodes de transformation de champ". L'objectif est donc de présenter deux schémas performants pour traiter les PBC : le schéma de champ transformé Material Independent (MI) [3] et la méthode de champ direct Spectral FDTD (SFDTD) [1]. Le schéma MI consiste à effectuer une transformation des champs afin de retrouver des conditions aux limites simples. Ceci étant, la condition de stabilité CFL devient de plus en plus restrictive au fur et à mesure que l'angle d'incidence augmente. Le schéma SFDTD est une méthode de champ direct qui utilise directement les équations de Maxwell. Dans cette approche, le nombre d'onde horizontal est fixé au lieu de l'angle d'incidence. Ainsi, la mise en oeuvre des PBC devient simple car aucune donnée temporelle future n'est requise. Son atout majeur est la possibilité d'utiliser le schéma standard de Yee sans restriction sur la condition de CFL. Cependant, lorsque le nombre d'onde horizontal est fixé, cette méthode calcule simultanément la région des ondes planes et guidées. Par conséquent, un comportement résonant se produit et provoque des oscillations dans le signal temporel. Ainsi, sa transformée de Fourier discrète fournit une réponse spectrale inexacte. Pour traiter ce problème, nous proposons de coupler le schéma SFDTD à la technique d'extrapolation discrete-time time-domain vector fitting (TD-VFz) [2], qui constitue une approche inédite et efficace pour l'obtention de la réponse spectrale et l'identification des pôles de résonance. Des modèles 3D, notamment la croix de Jerusalem entourée d'un substrat diélectrique à pertes [3], illustreront l'efficacité des deux schémas.

- [1] A. Aminian, Y. Rahmat-Samii. *Spectral fdtd : A novel technique for the analysis of oblique incident plane wave on periodic structures*. IEEE Transactions on Antennas and Propagation, **54(6)**, 1818–1825, 2006.
- [2] C.-U. Lei, N. Wong. *Efficient linear macromodeling via discrete-time time-domain vector fitting*. pp. 469–474, 2008.
- [3] Liang, all. *Wideband analysis of periodic structures at oblique incidence by material independent fdtd algorithm*. IEEE transactions on antennas and propagation, **62(1)**, 354–360, 2013.