

# Contribution à la résolution des équations de Maxwell dans les structures périodiques par la méthode des éléments finis

Soutenance de thèse de Romain Garnier

Le 30 janvier 2013 à 10H00

Auditorium ONERA – Centre de Toulouse

Devant le jury :

- M. Alain Bachelot (Rapporteur)
- M. Xavier Begaud (Rapporteur)
- M. Paul Soudais (Examineur)
- M. Olivier Pascal (Co-directeur de thèse)
- M. André Barka (Directeur de thèse)

## Résumé

En électromagnétisme les structures périodiques suscitent un grand intérêt. Ces structures agissent ainsi comme des filtres fréquentiels et permettent la fabrication de méta-matériaux, composites et artificiels. Elles présentent des propriétés électromagnétiques inédites pour les matériaux naturels telles que des bandes interdites. On a ainsi pu fabriquer de nouveaux dispositifs permettant de guider, de focaliser ou de stopper la propagation. C'est par exemple utile pour éviter le couplage entre différents éléments rayonnants notamment via la caractérisation des ondes de surface qui se propagent à l'interface entre l'air et la structure périodique.

Ce travail de thèse s'inscrit dans ce contexte et propose une description de la méthode des éléments finis dédiée à la caractérisation des structures périodiques. La modélisation numérique aboutit à des problèmes de valeurs propres de grandes tailles. Elle implique la résolution de systèmes linéaires composés de matrices creuses. Une méthode est abordée pour résoudre ce type de problème, en optimisant et combinant différents algorithmes.

Avant d'aborder les différents aspects de la méthode développée, nous établissons une liste exhaustive de l'ensemble des méthodes qui existent en énonçant leurs avantages et leurs inconvénients.

Nous constatons notamment que la méthode des éléments finis permet de traiter un large éventail de structures périodiques en trois dimensions sans limitation sur leur forme géométrique. Nous présentons alors les différentes formulations de cette méthode. Ensuite les aspects algorithmiques de la méthode sont détaillés. Nous montrons notamment qu'une analyse des paramètres de résolution permet de préciser les interprétations physiques des résultats obtenus. Finalement nous présentons les performances de notre outil sur des cas d'applications issus de la littérature et nous abordons la caractérisation des ondes de surface. Pour cela, l'étude d'un réseau d'antennes patchs insérées dans des cavités métalliques est conduite.

Notons pour conclure que les études conduites au cours de cette thèse ont abouti à la production d'un code utilisable dans un environnement de calcul initialement présent à l'ONERA.

**Mots clés :** Structures périodiques, solveur mode propre, modes de surface, méthode des éléments finis, des problèmes aux valeurs propres, bande interdite électromagnétique, matrices creuses, couplage mutuel.