

Avis de soutenance de thèse

Vendredi 7 décembre 2018 à 10 heures

À l'Université Bretagne Sud
Bâtiment de la Présidence – salle du conseil



Madame Hélène CANOT

En vue de l'obtention du grade de docteur en « Mathématiques et leurs interactions »
présentera ses travaux intitulés :

**« Méthodes d'homogénéisation et simulations numériques appliquées à la
réponse électromagnétique des matériaux multi-échelles complexes. »**

Dont voici le résumé :

Les travaux de cette thèse concernent l'homogénéisation d'équations de Maxwell harmoniques tridimensionnelles, modélisant la propagation d'une onde électromagnétique issue de la foudre, de l'air dans le matériau composite. La problématique des composites étant, par exemple en aéronautique, l'évacuation de la foudre et la protection contre les agressions électromagnétiques. Nous considérons une structure constituée de fibres de carbone incluses dans une résine époxy qui sera elle-même nano chargée. Rendant ainsi le composite électriquement conducteur. Afin d'obtenir le problème homogénéisé nous utilisons l'analyse asymptotique à deux échelles. Puis nous justifions mathématiquement le résultat par la convergence à deux échelles. La solution du champ électrique est approchée par l'addition du champ électrique moyen et le champ correcteur, dépendant de la microstructure, et solution des problèmes de cellule. Dans la deuxième partie, nous proposons une validation numérique du modèle simplifié en 2D via des simulations avec le logiciel libre d'éléments finis Freefem ++. Trois cas tests seront présentés avant de valider la méthode d'homogénéisation. Enfin, en guise d'illustration du modèle, deux exemples d'agressions électromagnétiques : l'arc en retour de foudre de type A et une impulsion électromagnétique nucléaire seront testées dans le domaine fréquentiel.

Mots clés : homogénéisation, Maxwell, Maxwell harmonique, analyse asymptotique, convergence à deux échelles, Freefem++, électromagnétisme, composite, périodique

Abstract:

The work of this thesis concerns the homogenization of three-dimensional harmonic Maxwell equations, modeling the propagation of an electromagnetic wave originating from lightning, from air in the composite material. The problem of composites being, for example in aeronautics, the evacuation of the lightning and the protection against the electromagnetic aggressions. We consider a structure made of carbon fibers included in an epoxy resin which will itself be nano-charged. Thus rendering the composite electrically conductive. In order to obtain the homogenized problem, we use asymptotic analysis at two scales. Then we mathematically justify the result by two-scale convergence. The solution of the electric field is approximated by the addition of the average electric field and the correct field, depending on the microstructure, and solution of the cell problems.

In the second part, we propose a numerical validation of the simplified model in 2D via simulations with the free finite element software Freefem ++. Three test cases will be presented before validating the homogenization method. Finally, as an illustration of the model, two examples of electromagnetic aggression: the Type A lightning bolt and a nuclear electromagnetic pulse will be tested in the frequency domain.

***Keywords:** homogenization, Maxwell, harmonic Maxwell, asymptotic analysis, two-scale convergence, Freefem ++, electromagnetism, composite, periodic*

Membres du jury :

Prof. Emmanuel FRÉNOT,

Université de Bretagne Sud, LMBA

Dr Alain REINEIX,

XLIM

Directeur de Recherche CNRS

Dr Sébastien TORDEUX,

Université de PAU, INRIA

Maître de Conférences HDR

Prof. Nicolas FORCADEL,

INSA de Rouen

Dr Renata BUNOIU SCHILTZ

Université de Lorraine

Maître de Conférences,

Prof. Iraj MORTAZAVI,

**Conservatoire National des Arts et Métiers
(CNAM)**

Les travaux ont été encadrés par Emmanuel FRÉNOT et Alain REINEIX