

Sujet de Stage proposé par le laboratoire *POEMS*  
UMR 7231 CNRS/INRIA/ENSTA

Propagation électromagnétique dans les métamatériaux en régime transitoire :  
principe d'absorption limite et simulation numérique

- ▷ **Contexte scientifique** : Les métamatériaux font actuellement l'objet d'une grande curiosité de la part des physiciens, notamment dans le domaine de l'optique, pour la possibilité qu'ils offrent de réaliser ce que l'on appelle des lentilles parfaites. Ceci est dû au fait que, au moins dans certaines gammes de fréquences, ces matériaux sont à indice négatif. De ce fait, d'un point de vue mathématique, l'analyse du problème en régime harmonique à fréquence fixée pose des difficultés et il s'avère même que, à certaines fréquences, un problème très important pour les applications physiques, à savoir le problème de transmission entre un métamatériau et un matériau classique, peut s'avérer mal posé (au moins dans un cadre classique). Ce stage a pour but de contribuer à la compréhension de ces phénomènes étranges.
  
- ▷ **Travail demandé** : L'objectif de ce stage est d'aborder l'étude de du régime harmonique par le biais du régime temporel : la solution du problème harmonique est vue comme un état stationnaire en temps long de la solution du problème transitoire lorsque le milieu est soumis à une sollicitation sinusoïdale de fréquence donnée. On s'intéressera plus particulièrement aux matériaux de type Lorentz. Ces matériaux se caractérisent par des lois de comportement électrique et magnétique non locales en temps : la polarisation électrique (resp. l'aimantation magnétique) est reliée au champ électrique (resp. magnétique) par une équation différentielle linéaire sans pertes. De ce fait, ces matériaux sont à indice négatif dans certains intervalles de fréquence.

Le travail demandé comportera une phase bibliographique qui consistera à:

- Comprendre les propriétés mathématiques des équations de Maxwell dans des matériaux de Lorentz en régime temporel et leur résolution numérique par différences finies en temps / éléments finis en espace,
- Comprendre les problèmes mathématiques liés au problème de transmission entre un métamatériau et un matériau classique en régime harmonique,

ainsi qu'une phase recherche consistant à

- Etudier le principe d'absorption limite, à l'aide de représentations semi-analytiques des solutions, dans des situations de complexité croissante : un métamatériau homogène, interface métamatériau-diélectrique plane, interface métamatériau diélectrique de type dièdre.
- Illustrer les études théoriques à l'aide de simulations numériques.

- ▷ **Connaissances préalables** : Équations aux dérivées partielles : aspects mathématiques et numériques. Des connaissances dans le domaine de l'électromagnétisme et / ou de la propagation des ondes seront un plus apprécié.
- ▷ **Collaborations éventuelles** : Ce travail se situe dans le cadre du projet ANR METAMATHS.
- ▷ **Perspectives** : Possibilité de poursuite en thèse.

*Ce stage peut tout à fait être effectué par un étudiant de nationalité étrangère.*

Renseignements pratiques :

- **Responsables:** *Patrick Ciarlet, Patrick Joly*
- **Lieu :** *INRIA Rocquencourt.*