



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

Étude du modèle de Drude–Born–Fedorov en électromagnétisme

- ▷ **Contexte scientifique :** La possibilité de fabriquer des matériaux composites possédant des propriétés adaptées à de nombreuses applications pratiques (furtivité, compatibilité électromagnétique, etc...) a relancé l'étude des milieux bianisotropes en électromagnétisme ces dernières années. Les matériaux chiraux artificiels constituent un exemple particulier de ces *métamatériaux* prometteurs. Un milieu chiral possède la particularité de répondre avec des polarisations à la fois électrique et magnétique à une excitation uniquement électrique ou magnétique, ce qui se traduit du point de vue de sa modélisation par des relations constitutives couplant les champs électrique et magnétique.

Le modèle retenu pour l'étude proposée s'inscrit dans le cadre d'une approximation locale en temps de ce modèle de chiralité. Il consiste en l'utilisation des relations, dites de Drude-Born-Fedorov, suivantes

$$\mathbf{D} = \varepsilon(\mathbf{E} + \beta \operatorname{rot} \mathbf{E}) \text{ et } \mathbf{B} = \mu(\mathbf{H} + \beta \operatorname{rot} \mathbf{H}), \quad (1)$$

qui expriment le déplacement électrique  $\mathbf{D}$  et l'induction magnétique  $\mathbf{B}$  respectivement en fonction des champs électrique  $\mathbf{E}$  et magnétique  $\mathbf{H}$ , les quantités  $\varepsilon$ ,  $\mu$  et  $\beta$  désignant la permittivité électrique, la perméabilité magnétique et l'admittance chirale du matériau considéré.

- ▷ **Travail demandé :** Le premier objectif de ce stage est d'arriver à une dérivation rigoureuse des relations constitutives du modèle de Drude–Born-Fedorov en régime harmonique établi. Il est dans ce cas connu que le système des équations de Maxwell, complété des relations constitutives (1) et de conditions aux limites de conducteur parfait, conduit à un problème bien posé. Le second objectif du stage sera de mettre en œuvre numériquement le modèle au moyen d'une discrétisation par une méthode d'éléments finis et de réaliser des simulations pertinentes.
- ▷ **Connaissances préalables :** Etudiant de M2 ayant de bonnes connaissances en analyse fonctionnelle et numérique.
- ▷ **Perspectives :** possibilité de poursuite du sujet en thèse.

Renseignements pratiques :

- **Responsables :** *Patrick Ciarlet (patrick.ciarlet@ensta.fr) et Guillaume Legendre (guillaume.legendre@ceremade.dauphine.fr)*
- **Lieu :** *ENSTA, Laboratoire POEMS, 32 boulevard Victor, PARIS 15ème*