

Proposition de sujet d'alternance 1A  
2023-24

Laboratoire: Laboratoire de Mécanique et d'Acoustique

Titre du  
sujet : **Ondes acoustiques et homogénéisation de milieux  
périodiques**

Encadrant \* (s) :  
Nom : LOMBARD  
Prénom : Bruno  
Qualité \*\* : Directeur de Recherches CNRS  
Localisation : 4 impasse Tesla, 13453 Marseille  
Coordonnées lombard@lma.cnrs-mrs.fr  
(e-mail/tel) 04-84-52-42-53

\* un co-encadrement est possible.

\*\* l'encadrement devra être assuré de préférence par un permanent du laboratoire, au **minimum titulaire d'un Doctorat**.

Descriptif du sujet et de la mission (au moins sur la 1<sup>er</sup> année) :

Les milieux naturels ou manufacturés présentent souvent des propriétés physiques périodiques en espace. C'est par exemple le cas de la croûte terrestre, où les couches sédimentaires sont approximativement parallèles, ou des milieux composites en aéronautique. Décrire la propagation d'ondes dans ces milieux hétérogènes est compliqué : aucun résultat analytique n'est accessible, et les calculs numériques nécessitent de mailler tous les sous-domaines, ce qui est très coûteux informatiquement.

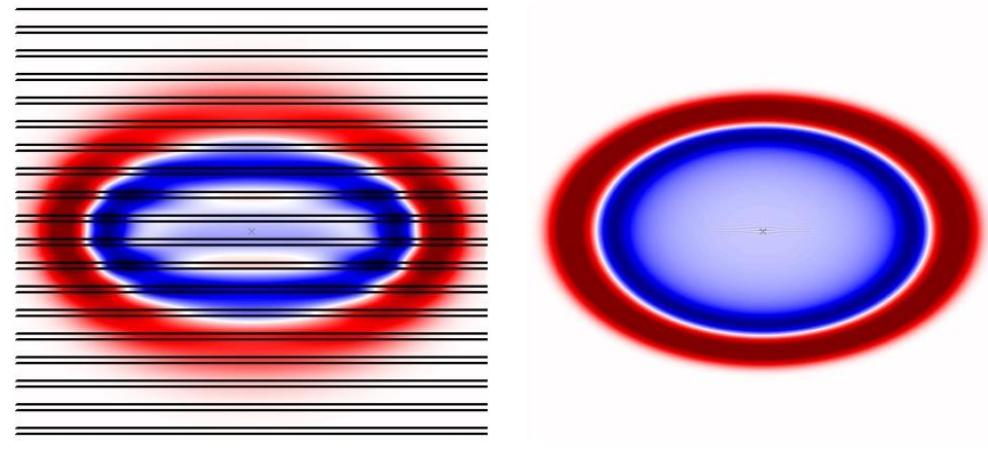


Figure 1 : ondes rayonnées par un point source dans un milieu stratifié (gauche) et dans le milieu homogénéisé (droite)

Lorsque les longueurs d'onde sont grandes devant la périodicité, une approche efficace consiste à remplacer le milieu hétérogène par un milieu homogène, dont les paramètres effectifs sont déduits des paramètres réels sur une cellule périodique élémentaire. Les calculs

analytiques redeviennent alors possibles, et les calculs numériques beaucoup plus efficaces. C'est ce qui est illustré en Figure 1, où on représente la pression rayonnée par un point source immergé dans un fluide stratifié, ainsi que dans le milieu homogène équivalent.

Dans ce projet d'alternance, on propose le plan de formation suivant :

- Apprentissage de l'homogénéisation en 1D, où tous les calculs de paramètres effectifs peuvent être réalisés à la main ;
- Passage en 2D, avec écriture de « problèmes cellule » (équations aux dérivées partielles satisfaites sur une cellule élémentaire) ;
- Résolution numérique de ces problèmes cellule par des méthodes d'éléments finis ou des méthodes FFT (développées au LMA)
- Comparaison des ondes propagées dans le milieu microstructuré originel et dans le milieu homogénéisé.

Les compétences et disciplines mises en jeu sont :

- Analyse mathématique : équations aux dérivées partielles, formulation variationnelle, calcul tensoriel, développements asymptotiques
- Calcul scientifique : schémas numériques, FFT, réalisation de codes de calcul sous Python
- Mécanique des milieux continus : acoustique, élasticité

Validation pour mise en ligne ECM :

DM