

# Compléments en acoustique physique

Niveau M2 - Semestre S3 - Crédits 6 ECTS - Code MU5MEAP6 - Mention Master Mécanique

## Présentation pédagogique.

Cette unité d'enseignement a pour objectif de donner les compléments en acoustique physique dans trois domaines spécifiques 1) les ondes en milieux complexes, 2) l'acoustique non linéaire et 3) la propagation dans les solides isotropes et anisotropes.

## Contenu de l'Unité d'Enseignement.

### - Ondes en milieux complexes I (OMC)

Par « milieu complexe » on entend les milieux hétérogènes dont la densité et l'élasticité peuvent être modélisée par des fonctions aléatoires. Dans ce cours, tout en conservant le souci d'être proches des expériences, nous présentons aux étudiants les concepts fondamentaux permettant de décrire aussi bien la propagation d'un électron dans un métal contenant des impuretés que d'une onde lumineuse dans un milieu turbide ou d'une onde élastique par exemple dans un acier à grains (application au CND) ou dans la croûte terrestre (applications à la géophysique). Nous étudions les statistiques du *speckle* (optique ou acoustique) en régime de diffusion simple ou multiple et introduisons en particulier les paramètres de transport (libres parcours moyens, constante de diffusion,...) et les différents régimes de propagation (cohérent, incohérent, localisation faible et forte).

### - Acoustique non linéaire I (ANL)

L'objectif de ce cours est d'étudier la propagation non linéaire des ondes acoustiques dans les fluides, en accentuant ses aspects physiques. A partir des équations constitutives de l'acoustique, nous établissons l'équation de propagation non linéaire dans un fluide thermo-visqueux. Les solutions en ondes planes sont alors étudiées en détail : équation de Burgers, ondes de choc, interaction non linéaire de deux ondes... Les phénomènes de diffraction affectant la propagation non linéaire sont modélisés à l'aide d'une solution en perturbation dans le cadre de l'approximation de faible non linéarité, ou simulés numériquement à partir de l'équation KZ. A la fin du cours, la propagation non linéaire dans les milieux hétérogènes est abordée par le biais d'exemples

### - Propagation dans les solides isotropes et anisotropes (solides).

Principaux types d'ondes dans un solide élastique. Équation de propagation, approximation quasistatique. Conditions aux limites. Transport de l'énergie (théorème de Poynting acoustique). Loi de comportement linéaire d'un solide élastique isotrope. Ondes de volume longitudinale et transversale. Réflexion et transmission à une interface liquide-solide, solide-solide. Ondes guidées par une surface libre (ondes de Rayleigh). Ondes guidées par une plaque (ondes de Lamb). Ondes de Love. Représentation d'une grandeur physique par un tenseur. Tenseur des déformations, des contraintes. Loi de Hooke pour un solide élastique et piézoélectrique. Tenseurs des constantes élastiques et piézoélectriques. Réduction du nombre de constantes indépendantes des cristaux. Équation de propagation- de Christoffel. Ondes planes, polarisation, vitesse de phase, vitesse d'énergie. Surface des lenteurs, surface d'onde. Propagation dans un solide piézoélectrique. Coefficient de couplage électromécanique.

## Pré-requis.

Fondamentaux en acoustique (M2), Compléments en acoustique (M1), Mécanique des milieux continus fluide et solide (M1)

## Références bibliographiques.

M.F. Hamilton, D.T. Blackstock, « Nonlinear Acoustics », Academic Press Inc

D. Royer et E. Dieulesaint, Ondes élastiques dans les solides : Propagation libre et guidée, tome 1, Masson, 1996.

## **Ressources mises à disposition des étudiants.**

### **Compétences développées dans l'unité.**

- Modéliser la propagation d'onde élastique dans des milieux complexes
- Modéliser les principaux effets non linéaires en acoustique
- Modéliser la propagation dans les solides
- Mettre en œuvre des stratégies de modélisation permettant de donner une description analytique de phénomènes complexes.

### **Volumes horaires présentiel et hors présentiel.**

60h de présentiel

### **Évaluation.**

1 examen dans chaque partie.

**Responsable.** A. Derode (OMC), C. Barrière (ANL), F. Descremps (Solides)