

## Matériaux composites et milieux hétérogènes

Niveau M1 - Semestre S2 - Crédits 3 ECTS - Code MU4MES07 – Mention Master de Mécanique

### Présentation pédagogique.

L'objectif de ce cours est l'étude des matériaux composites et des structures constituées de ces matériaux. On s'intéressera aux modèles et techniques pour l'analyse, la modélisation et le calcul en conception et dimensionnement des matériaux et structures composites.

### Contenu de l'Unité d'Enseignement.

Introduction : généralités sur les matériaux et les structures composites.

- Définition et classification ; constituants ; procédés de mise en forme ; architecture, structures composites.

Anisotropie en thermo-élasticité.

- Représentation mathématique des tenseurs de contraintes, déformations et de comportement: représentation cartésienne, notation de l'ingénieur et changement de repère ; symétries élastiques.

Calcul des propriétés macroscopiques d'un matériau composite

- Approches variationnelles en homogénéisation et bornes d'ordre 1.
- Loi de mélanges pour les couches orthotropes : des constituants aux propriétés macroscopiques d'une couche unidirectionnelle. Comportement thermo-élastique d'une couche orthotrope.
- Mécanismes de rupture et endommagement des matériaux composites.

Modélisation du comportement mécanique des plaques stratifiées et sandwich.

- Théorie classique des stratifiés et influence des stratifications sur les propriétés ; poutres stratifiées.
- Modèle de plaques stratifiées avec prise en compte du cisaillement transverse ; théorie des plaques sandwich.

Partie TP :

- Calcul d'homogénéisation sur différentes micro-structures.
- Analyse de composite stratifiés : calcul de différents empilements et étude de l'influence des séquences sur la réponse mécanique. Calculs éléments finis sous Castem, Abaqus.

**Pré-requis.** Mécanique des milieux continus de 3<sup>e</sup> année (LU3ME004, LU3ME006) et de 4<sup>e</sup> année (MU4MEM01). Comportement de structures élastiques (plaques, poutres) de 4<sup>e</sup> année (MU4MES03).

### Références bibliographiques.

- J.-M. Berthelot, Matériaux Composites, Éditions Technique & Documentation, 1999.
- J.N. Reddy, Mechanics of Laminated Composite Plates and Shells, CRC Press, 2004.
- D. Hull, T. W. Clyne, An introduction to composite materials, Cambridge University Press, 1981.

**Ressources mises à disposition des étudiants.** Polycopiés de cours, sujets de travaux dirigés et annales corrigés. Logiciels en salles de TP et en salle libre service. Documentations des logiciels (Castem, Abaqus). Exemples des années précédentes.

### Connaissances scientifiques développées dans l'unité.

- Propriétés macroscopiques de matériaux composites stratifiés, homogénéisation, lois des mélanges.
- Comportement anisotrope.
- Modèles classiques de plaques stratifiées et plaques sandwich.

### Compétences développées dans l'unité.

- Calcul de comportement effectif équivalent de matériaux.
- Simulation numérique et analyse de comportement de stratifié.

### Volumes horaires présentiel et hors présentiel.

Heures présentielles totales : 26 heures réparties en 10 h de cours, 10 heures de TD et 6 heures de TP sur machine. Travail personnel attendu : 30 h – 40 h.

**Évaluation.** L'évaluation se fait sur la base d'un examen de 2 h et d'un oral (présentation projet/TP).