

Master mention Mécanique

Parcours MS2 Modélisation et Simulation en Mécanique des Solides

Année 1, Semestre 1

Tronc commun

Elasticité

Fondements de la mécanique des milieux continus pour les solides et les fluides et les modes de transferts associés.

Analyse tensorielle, formulations Eulérienne et Lagrangienne, déformations, taux de déformations, contraintes, lois de comportement classiques (fluide newtonien, solide hookéen).

Dynamique des fluides

Calcul des écoulements laminaires et turbulents, incompressibles et compressibles, en conduites et sur plaques planes.

Rappels des équations de conservation et théorèmes généraux, écoulements compressibles 1D isentropiques, ondes de choc, écoulements de fluides non-newtoniens, introduction à la turbulence, couches limites dynamiques et aérodynamique, analyse dimensionnelle et similitude.

Outils pour le calcul numérique

Apprentissage d'un langage de programmation pour le calcul scientifique et d'un système d'exploitation.

Matlab, Linux, Script, bibliothèque de programmes.

Analyse numérique et calcul scientifique

Objectifs : comprendre les problématiques liées à l'utilisation d'un ordinateur dans le calcul numérique ; maîtriser les outils conceptuels et pratiques pour le calcul scientifique appliqué aux sciences de l'ingénieur ; comprendre, mettre en œuvre et utiliser à bon escient les méthodes présentées dans ce cours.

Contenus : fondements de l'analyse numérique ; analyse des erreurs ; méthodes d'interpolation ; méthodes d'intégration numérique ; résolution numérique des EDO ; résolution de systèmes linéaires creux, méthodes itératives, calcul de valeurs et vecteurs propres.

Méthodes : cours ponctués par des exemples d'applications ; TP en salle informatique.

Modalités d'évaluation : CC (réalisation de codes de calculs et rédaction de CR de TP) et examen final (écrit).

Simulation numérique en mécanique des solides

Rappel des notions de base de la modélisation des structures élastiques linéaires : modèles 1D; solides 2D en contraintes planes et en déformations planes. Introduction à la méthode des éléments finis pour la modélisation des systèmes mécaniques en statique et en dynamique. Apprentissage des logiciels Comsol Multiphysics.

Simulation numérique en mécanique des fluides

Introduction à la modélisation en énergétique. Apprentissage des logiciels ANSYS / Fluent.

Principe des méthodes des différences finies et des volumes finis, introduction aux schémas de discrétisation des équations de convection/diffusion, notion de diffusion numérique, traitement des non-linéarités par méthodes itératives, relaxation, contraintes à respecter sur les maillages, résolution de problèmes simples avec le solveur industriel ANSYS/Fluent, mini-projets.

Anglais

Répartition en groupes de niveau (Lower-Intermediate, Intermediate, Advanced), préparation au TOEIC proposée aux étudiants d'un niveau suffisant.

Année 1, Semestre 2

Tronc commun

Méthodes numériques pour la mécanique

Méthodes de résolution numérique des équations aux dérivées partielles issues des problèmes posés en mécanique des solides et des fluides et des transferts.

Résolution des EDP par les méthodes des différences finies et des éléments finis, analyse des schémas de discrétisation (consistance, stabilité, convergence).

Partie éléments finis : rappels mathématiques, formulation faible, approche variationnelle, éléments finis monodimensionnels et multidimensionnels.

Ondes acoustiques

Introduction à la propagation d'ondes dans les fluides. Rappels des notions de base de vibration.

Equations de bilan pour le problème acoustique linéaire. Conditions aux limites et aux interfaces.

Réflexion et transmission des ondes planes. Ondes guidées. TPs en simulation par éléments finis d'un mur antibruit.

Transferts de chaleur

Introduction aux phénomènes de conduction et de rayonnement.

Conduction en régime variable, modèles du bloc isotherme et du milieu semi-infini, conduction multidimensionnelle, méthode de séparation des variables. Propriétés radiatives des corps réels, échanges radiatifs entre surfaces opaques grises et diffuses en milieu transparent, méthodes de calcul des facteurs de forme, méthode des radiosités.

Techniques d'expression

Modalités de communication à l'écrit et à l'oral : rapport scientifique, présentation orale, CV en français et CV.

Parcours MS2 Modélisation et Simulation en Mécanique des Solides

Mécanique des structures

Introduction à la modélisation des structures mécaniques

Treillis, poutres, plaques et coques

Essais mécaniques

Caractérisation des matériaux par les principaux types d'essais mécaniques.

Traction, fluage, ténacité.

Origine physique du comportement des matériaux.

Comportement anélastique des matériaux

Objectifs : appréhender le comportement des matériaux réels ; maîtriser les outils conceptuels et pratiques pour modéliser le comportement anélastique des matériaux ; comprendre et utiliser à bon escient les modèles présentés dans ce cours.

Contenus : phénoménologie du comportement des matériaux réels (solides) ; modèles rhéologiques et analytiques ; thermoélasticité ; viscoélasticité ; plasticité.

Méthodes : cours ponctués par des exemples d'applications ; projet individuel ; TP en salle informatique.

Modalités d'évaluation : CC (projet et TP) et examen final (écrit).

Ondes mécaniques

Ce cours a comme objectif une introduction à la propagation des ondes linéaires dans les milieux solides. Une partie introductive théorique sera suivie d'une discussion autour de quelques cas pratiques.

Principales thématiques abordées : équation des ondes dans un solide homogène: décomposition d'Helmholtz, distinction entre ondes P et ondes S. Propagation dans un solide anisotrope et inhomogène : tenseur acoustique. Problèmes de réflexion et transmission : surface libre, surface encastrée, interface entre deux solides. Ondes de surface : ondes de Rayleigh.

Cas pratiques : propagation d'ondes sismiques, effets de site. Propagation d'ondes de surface, contrôle non-destructif de l'endommagement.

Année 2, Semestre 3

Tronc commun M2 S1

Mécanique et transferts en milieux poreux

Modélisation des phénomènes couplés dans les milieux hétérogènes de type milieux poreux. Généralités sur les milieux poreux et descriptifs texturaux. Etude de la méthode de prise de moyenne volumique et application à la loi de Darcy et à la dispersion. Etude de la méthode d'homogénéisation périodique appliquée à la poroélasticité. Loi de Biot. Eléments de poromécanique macroscopique.

Couplage fluide/structure

Descriptif

Anglais

Répartition en groupes de niveau (Lower-Intermediate, Intermediate, Advanced), préparation au TOEIC proposée aux étudiants d'un niveau suffisant.

Outils de recherche d'emploi

Projet professionnel, analyse d'offres d'emploi, CV, lettre de motivation, entretien

Séminaires

Séminaires assurés par des professionnels du monde de l'entreprise

Mise en œuvre de projets numériques

Projets individuels ou en binôme encadrés par des enseignants de la formation et portant sur leurs travaux de recherche. La capacité des étudiants à mettre en œuvre d'outils numériques (commerciaux ou "maison") pour répondre à un problème de mécanique sera testée. Les étudiants seront évalués sur la base d'un rapport qui sera rédigé sur le modèle d'un article scientifique, et sur une soutenance qui prendra la forme d'un mini séminaire.

Parcours MS2 Modélisation et Simulation en Mécanique des Solides

Simulation numérique des structures

Rappel des notions de base de la mécanique des milieux continus et de la méthode des éléments finis pour une structure linéaire en statique. Problèmes dynamiques linéaires dans les domaines fréquentiel et temporels : fréquences et mode propres, méthodes modales, schémas d'intégration directe. Problèmes non linéaires en petites et en grandes déformations. TPs de simulation avec le logiciel Comsol Multiphysics.

Comportement des systèmes multiphysiques

Couplage de systèmes ayant des physiques différentes

Imagerie et maillage

Passage de la CAO ou d'une image à un maillage pour le calcul

Objectifs : appréhender les difficultés propres à la génération d'un maillage en 3D de calcul à partir d'une CAO, dans le but de simuler un phénomène physique: écoulement, fatigue, etc. Savoir évaluer la qualité d'un maillage ainsi que la qualité de la solution numérique.

Contenus : le cours comprend une description détaillée de la génération d'un maillage en 2D, en 3D ainsi que la génération des maillages de surface à partir d'une CAO. Une attention particulière est portée sur les aspects algorithmiques (complexité, coût mémoire, etc). Les méthodes adaptatives sont aussi abordées afin de sensibiliser les étudiants sur l'impact du maillage sur le calcul.

Méthodes : cours et TP (Matlab) ainsi qu'un projet.

Modalités d'évaluation : partiel et projet.

Traitement et analyse des résultats d'essais

Ce module a comme objectif la présentation de méthodes de planification, réalisation et traitement des mesures mécaniques.

Thématiques abordées : introduction au cours et rappels théoriques ; incertitudes de mesure et métrologie ; traitement du signal (transformée de Fourier rapide (FFT), paramétrage d'un analyseur de spectre) ; plans d'expériences (choix des expériences, plans complets, plans factoriels) ; analyse modale expérimentale (modélisation des systèmes dynamiques, rappels de mécanique vibratoire, techniques de mesures dynamiques, méthodes d'extraction modale).

Cas pratiques : plans d'expériences appliqués à un cas pratique. Application de l'analyse modale expérimentale à la détection non-destructive de l'endommagement d'une poutre.

Innovation, CAO, intégration

Objectifs : comprendre les problèmes liés à la veille technologique, à l'innovation et à la conception de systèmes innovants dans un contexte concurrentiel ; acquérir les méthodes et outils nécessaires pour la conception et la gestion de projet ; acquérir les capacités personnelles nécessaires à la gestion d'équipes de travail dans un contexte de projet ; apprendre les bases de l'écoconception.

Contenus : méthodes et outils pour la conception et la gestion de projets ; analyse de la valeur, analyse fonctionnelle ; outils de planification des tâches (GANT, PERT) ; méthodes et outils pour l'écoconception (données environnementales, cartes des propriétés, analyse du cycle de vie, éco-audit).

Méthodes : pédagogie orientée projet.

Modalités d'évaluation : présentation orale et CR écrit de projet.

Partie CAO

Objectifs : mettre en œuvre un modèleur volumique dans une démarche de conception. Choisir la méthode et la stratégie de conception en fonction d'un objectif et de critères. Mettre en œuvre et assurer la qualité d'un résultat de simulation EF (mailleur libre sur une pièce volumique).

Contenus : méthodes de conception (par assemblage, dans l'assemblage et piloté par guides fonctionnels) ; stratégie de conception à objectif ; squelette fonctionnel ; pilotage des cotes fonctionnelles par fichier xls ; surfaces fonctionnelles ; mise en volume à partir d'un procédé donné ; gestion des configurations de pièces et d'assemblage ; mise en données d'une simulation EF et qualité des résultats (mailleur libre sur pièce volumique simple).

Méthodes : cours en salle de TP qui donne une part importante à l'aspect pratique.

Modalités d'évaluation : contrôle continu (livrables remis à chaque séance et mini-projet) ; examen final (écrit).