

Master mention Mécanique

Responsables de la mention Mécanique : S. Naili (UPEC) et X. Nicolas (UPEM)

Responsables M1 : X. Nicolas (UPEM), I. Vinçon (UPEC)

Responsables M2 :

S. Naili (UPEC)

Parcours MS2 Modélisation et Simulation en Mécanique des Solides

S. Vincent (UPEM)

Parcours MFT Modélisation et Simulation en Mécanique des Fluides et Transferts Thermiques

Enseignements	Volume horaire					
	ECTS	Total	C	TD	TP	
Master 1	60	462	213	90	159	options solides
	60	462	207	78	177	options fluides
Année 1, Semestre 1						
Tronc commun M1 S1	30	231	93	42	96	
Thermomécanique	6	45	21	15	9	
Analyse numérique et calcul scientifique 1 (ANCS 1)	5	36	18		18	
Outils pour le calcul numérique	2	15	3		12	
Ondes acoustiques	4	30	15	9	6	
Dynamique des fluides approfondie	4	36	18	18		
Simulation numérique en mécanique des solides	3	24	9		15	
Simulation numérique en mécanique des fluides	3	24	9		15	
Anglais	3	21			21	
Année 1, Semestre 2						
	30	231	120	48	63	options solides
	30	231	114	36	81	options fluides
Tronc commun M1 S2	14	108	57	18	33	
Analyse numérique et calcul scientifique 2 (ANCS 2)	6	45	24		21	
Ondes mécaniques	3	24	12	6	6	
Transferts de chaleur	3	24	12	12		
Techniques d'expression	2	15	9		6	
Option solides	16	123	63	30	30	
Mécanique des structures	6	45	21	15	9	
Essais mécaniques	5	39	21	6	12	
Comportement anélastique des matériaux	5	39	21	9	9	
Option fluides	16	123	57	18	48	
Convection thermique et massique, échangeurs	6	45	21	18	6	
Activités expérimentales et introduction aux plans d'expériences	6	45	18		27	
Simulation de systèmes thermiques	4	33	18		15	

Master 2		Volume horaire				
Année 2, Semestre 3		ECTS	Total	C	TD	TP
		30	255	96	15	144
		30	255	99	0	156
						parcours MS2
						parcours MFT
Tronc commun M2 S3		11	102	12		90
	Mécanique et transferts en milieux poreux	3	24	12		12
	Anglais	2	21			21
	Outils de recherche d'emploi/Séminaires	2	18			18
	Simulation numérique	4	39			39
Parcours MS2 Modélisation et Simulation en Mécanique des Solides		19	153	84	15	54
	Simulation numérique des structures	5	39	24		15
	Comportement des systèmes multi physiques	4	36	21	9	6
	CAO, imagerie et maillage	4	36	21		15
	Traitement et analyse des résultats d'essais	3	21	9		12
	Innovation, conception, intégration	3	21	9	6	6
Parcours MFT Modélisation et Simulation en Mécanique des Fluides et Transferts thermiques		19	153	87	0	66
	Transferts en milieux poly phasiques	5	42	30		12
	Méthode des volumes finis	4	33	15		18
	Physique et modélisation numérique de la turbulence	4	33	21		12
	Modélisation et simulation des transferts radiatifs	3	24	15		9
	Logiciels de simulation	3	21	6		15
Année 2, Semestre 4		ECTS				
	Stage	30				

Année 1, Semestre 1

Tronc commun M1 S1

Thermomécanique

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).

Analyse numérique et calcul scientifique (ANCS 1)

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).

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.

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.

Dynamique des fluides approfondie

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.

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 M1 S2

Analyse numérique et calcul scientifique (ANCS 2)

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 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.

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.

Option 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).

Option fluides

Convection thermique et massique, échangeurs

Introduction aux phénomènes de convection. Échangeur de chaleur.

Équation de l'énergie, couches limites thermiques, convection forcée interne, échangeurs de chaleur, introduction à la convection massique et convection naturelle.

Activités expérimentales et introduction aux plans d'expériences

Mesures expérimentales en mécanique des fluides et transferts thermiques. Conception et analyse de mesures par la méthode des plans d'expériences.

Travaux pratiques expérimentaux en mécanique des fluides (mesure de vitesse par anémométrie laser Doppler, viscosimétrie) et en transferts thermiques (échangeurs à tubes, ébullition, mesure de température par thermocouples, corps noirs, bloc isotherme). Introduction à la méthode des plans d'expérience : plans factoriels complets et fractionnaires, analyse statistique, plans optimaux, plans pour surfaces de réponse.

Simulation de systèmes thermiques

Méthodes numériques pour les systèmes thermiques. Applications en thermique de l'habitat.

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.

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/Séminaires

*Projet professionnel, analyse d'offres d'emploi, CV, lettres de motivation
Séminaires assurés par des professionnels du monde de l'entreprise*

Simulation numérique

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 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 fréquentiels 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

CAO, imagerie et maillage

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

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).

Partie Imagerie Maillage

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, conception, 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.

Parcours Modélisation et Simulation en Mécanique des Fluides et Transferts Thermiques

Transferts en milieux polyphasiques

Modélisation des écoulements multiphasiques, avec ou sans changement de phase, et des écoulements multiconstituants et réactifs.

Écoulements multiphasiques, changement de phase, théorie de Nusselt de la condensation, ébullition en réservoir et en convection forcée, méthodes numériques associées (VOF/Level Set/Front tracking), écoulements multiconstituants et réactifs.

Méthode des volumes finis

Analyse des schémas de discrétisation des équations de convection/diffusion en volumes finis structurés ou non et méthodes de découplage vitesse-pression.

Méthode des volumes finis, schémas de discrétisation des équations de convection/diffusion, méthodes de découplage vitesse-pression (SIMPLE, SIMPLEC, PISO, projection, Lagrangien augmenté), volumes finis non structurés, mise en œuvre numérique.

Physique et modélisation numérique de la turbulence

Description phénoménologique, analyse statistique et modélisation de la turbulence. Introduction des principaux modèles numériques : RANS, DNS, LES, hybride.

Description phénoménologique et propriétés de la turbulence, analyse statistique, décomposition de Reynolds, cascade d'énergie et théorie de Kolmogorov, équations générales (instantanées, aux tensions de Reynolds, de l'énergie cinétique et du taux de dissipation), rappel des lois universelles des profils de vitesse dans la couche limite turbulente, modèles RANS (modèles du 1^{er} ordre à 0, 1 et 2 éqs, modèles du 2nd ordre RSM et algébrique), DNS, LES, hybride (LES-RANS), modélisation du champ thermique.

Modélisation et simulation des transferts radiatifs

Description et modélisation du transfert radiatif dans les milieux semi transparents. Établissement de l'équation de transferts radiatifs et méthodes de résolution numérique.

Absorption, émission et diffusion dans les milieux semi transparents, propriétés des milieux participatifs, équations de transferts radiatifs, méthodes des ordonnées discrètes, applications (caméra IR, rayonnement atmosphérique, effet de serre).

Logiciels de simulation

Initiation et perfectionnement dans l'utilisation de logiciels de simulation CFD (CAO, maillages, solveurs, post-traitement, maillage adaptatif, développement de routines internes)