

Partager



Email destinataire :

Vous devez renseigner un email valide

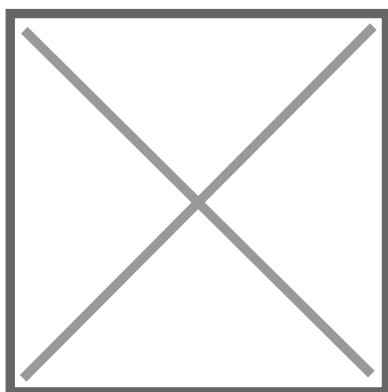
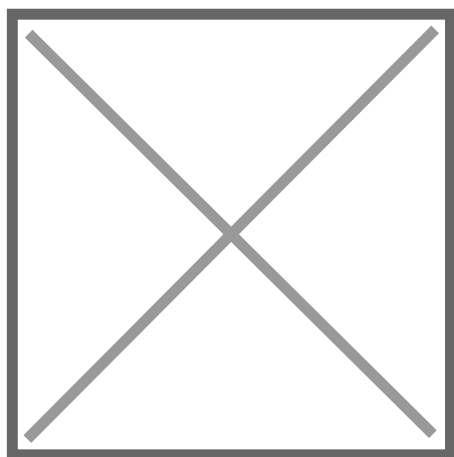
Envoyer

Une erreur est survenue. Merci de réessayer ultérieurement

Le mail de partage a bien été envoyé.

Ajouter au comparateur

M2 Modélisation et Simulation en Mécanique des Structures et Systèmes Couplés



Master

Mention Mécanique

Régime(s) d'inscription

Formation initiale

Langue(s) d'enseignement

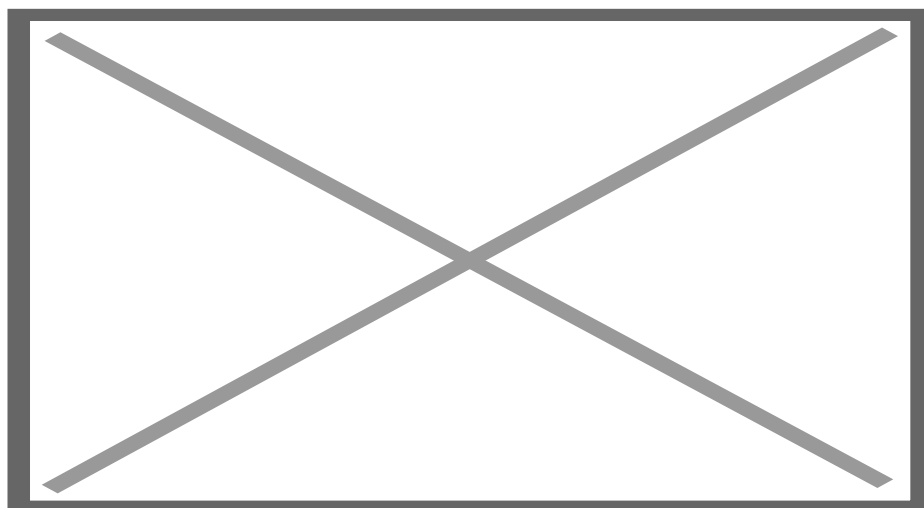
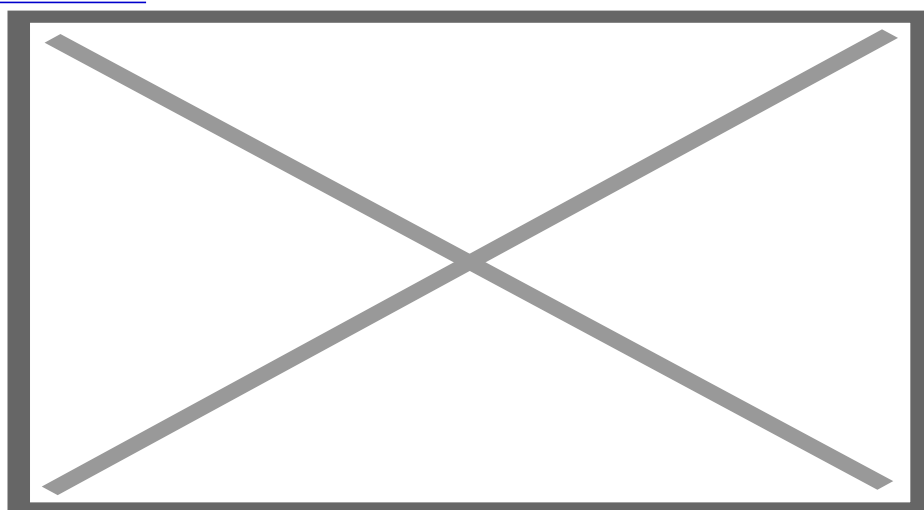
Anglais Français

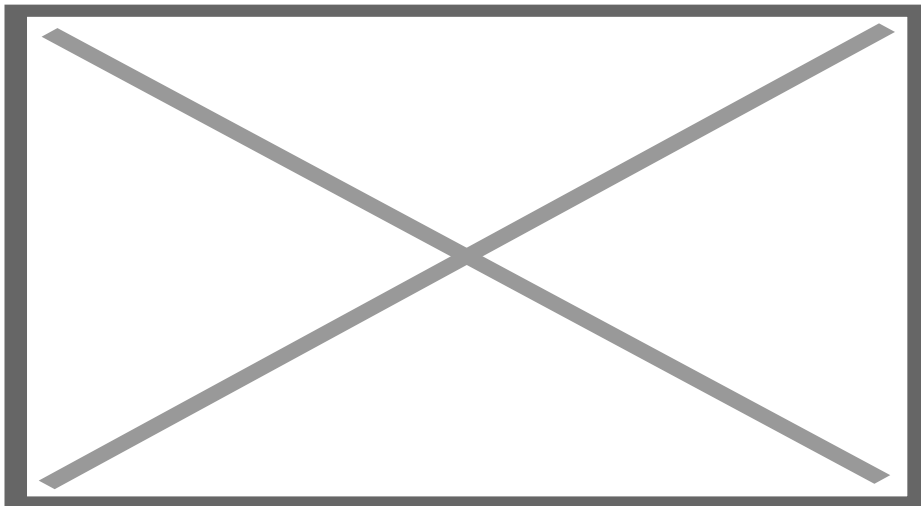
Le Master 2 propose une formation à la recherche, théorique et pratique, en modélisation et simulation des structures et systèmes mécaniques complexes. Il offre les fondements théoriques, mathématiques, numériques et informatiques nécessaires à l'analyse et à l'optimisation. La formation associe cours, projets et un stage de recherche, et prépare les étudiants à une éventuelle poursuite en thèse.

L'année s'organise en deux semestres. Le premier comprend dix cours choisis parmi un large éventail d'enseignements électifs. Le second est consacré à un projet de recherche, consistant en une analyse bibliographique sur un sujet scientifique, ainsi qu'à un stage de recherche d'une durée minimale de quatre mois.

[Télécharger la fiche détaillée](#)

[Je candidate](#)





Informations

- [Présentation](#)
- [Admission](#)
- [Programme](#)

Présentation

Compétences

Formuler en autonomie et sans ambiguïté un problème de mécanique pour répondre à un objectif donné, depuis la modélisation du système d'étude à la modélisation des sollicitations et conditions aux limites, en proposant une démarche de résolution associée.

Objectifs pédagogiques de la formation

Le Master 2 est une formation par la recherche, à la fois pratique et théorique, aux techniques avancées en Modélisation et Simulation des Structures et des Systèmes mécaniques Complexes. Le master vise à fournir pour ce large domaine les bases de modélisations théoriques, mathématiques, numériques, informatiques et logicielles permettant d'appréhender et d'optimiser la résolution des problèmes concrets liés au dimensionnement et à la conception virtuelle des systèmes mécaniques complexes. A travers un stage de recherche effectué en laboratoire académique ou centre de recherche industriel, mais également à l'aide de projets accompagnant les cours, la formation vise à enseigner aux étudiants une méthodologie de travail scientifique permettant recul et autonomie et à tester leur capacité et leur intérêt éventuel à poursuivre par une thèse dans le domaine. La variété des cours dispensés par les acteurs académiques et industriels partenaires permet aux étudiants de suivre un véritable parcours personnalisé dans les domaines couverts par le master : modélisation, simulation, calcul des structures, mathématiques appliquées, problèmes couplés et interactions, stratégies parallèles multi-échelles et multi-physiques, dynamique et propagation des ondes, étude et contrôle des vibrations, réduction de modèle, données massives, interaction essais-calculs, maîtrise des modèles, vérification et validation, problèmes inverses, optimisation, problèmes non linéaires, endommagement et rupture, matériaux composites, aléas et modélisations probabilistes...

Admission

Capacité d'accueil

Places

25

Public visé et prérequis

Pour le parcours-type, M1 IT ou MMS de la Mention (passerelles possibles depuis M1 MIP, MFL, MMM).
Hors Mention : M1 en mécanique, physique (à dominante mécanique) ou mathématiques.

Période(s) de candidature

Plateforme Inception

Du 01/02/2026 au 30/06/2026

Pièces justificatives

Obligatoires

Lettre de motivation.

Lettre de recommandation ou évaluation de stage.

Tous les relevés de notes des années/semestres validés depuis le BAC à la date de la candidature.

Curriculum Vitae.

Descriptif détaillé et volume horaire des enseignements suivis depuis le début du cursus universitaire.

D'éventuelles lettres de recommandation.

Facultatives

Attestation de niveau d'anglais.

Ceci est obligatoire si le français n'est pas votre langue maternelle.

Attestation de français (obligatoire pour les non francophones).

Ceci n'est obligatoire que si le français n'est pas votre langue maternelle et que vous ne pouvez pas produire un certificat en anglais.

Dossier VAPP (obligatoire pour toutes les personnes demandant une validation des acquis pour accéder à la formation) <https://www.universite-paris-saclay.fr/formation/formation-continue/validation-des-acquis-de-lexperience>.

Fiche de choix de M2 (obligatoire pour les candidats inscrits en M1 à l'Université Paris-Saclay) à télécharger sur <https://urlz.fr/i3Lo>.

Document justificatif des candidats exilés ayant un statut de réfugié, protection subsidiaire ou protection temporaire en France ou à l'étranger (facultatif mais recommandé, un seul document à fournir) :

- Carte de séjour mention réfugié du pays du premier asile
- OU récépissé mention réfugié du pays du premier asile
- OU document du Haut Commissariat des Nations unies pour les réfugiés reconnaissant le statut de réfugié
- OU récépissé mention réfugié délivré en France
- OU carte de séjour avec mention réfugié délivré en France
- OU document faisant état du statut de bénéficiaire de la protection subsidiaire en France ou à l'étranger.

Programme

Stage de recherche

Matières	ECTS	Semestre	Cours	TD	TP	Cours-TD	Cours-TP	TD-TP	A distance	Projet	Tutorat
Stage de recherche	21	Semestre 2									
■											

Stage de recherche

ECTS : 21

Semestre calendaire : Semestre 2

Langue d'enseignement

Français

Enseignement à distance

non

Nature de l'évaluation

Evaluation Continue non Intégrale

Projet de recherche

Matières	ECTS	Semestre	Cours	TD	TP	Cours-TD	Cours-TP	TD-TP	A distance	Projet	Tutorat
Projet de recherche	9	Semestre 2									
■											

Projet de recherche

ECTS : 9

Semestre calendaire : Semestre 2

Détail du volume horaire

Projet tutoré 150

Langue d'enseignement

Français

Enseignement à distance

non

Nature de l'évaluation

Evaluation Continue non Intégrale

Semestre 1

Matières	ECTS	Semestre	Cours	TD	TP	Cours-TD	Cours-TP	TD-TP	A distance	Projet	Tutorat
Propagation des ondes élastiques dans les solides	3	Semestre 1	21	9							



Propagation des ondes élastiques dans les solides

ECTS : 3

Semestre calendaire : Semestre 1

Détail du volume horaire

Cours magistraux : 21

Travaux dirigés : 9

Langue d'enseignement

Anglais

Enseignement à distance

non

Prérequis

Mécanique des Milieux Continus, notions de base sur les ondes, introduction aux méthodes de différences finies et d'éléments finis.

Objectifs d'apprentissage

Les ondes jouent un rôle important dans l'ingénierie des structures. Ainsi, la compréhension des ondes sismiques est essentielle pour le dimensionnement d'ouvrages dans des zones à risque ; la maîtrise des ondes de choc initiées par des découpes pyrotechniques dans des lanceurs spatiaux est impérative pour la sécurité des charges utiles et équipements électroniques embarqués ; une modélisation pertinente des interactions entre les ondes ultrasonores et la microstructure des matériaux permet de rendre plus efficace le contrôle non destructif, largement utilisé pour des structures aéronautiques ou nucléaires. Ce cours a un double objectif : d'une part, présenter les principaux phénomènes de propagation d'ondes élastiques dans les solides, et d'autre part, introduire les concepts de base pour leur simulation numérique. Les notions présentées ici dans le contexte particulièrement riche et complexe des ondes élastiques consolideront et compléteront la formation des étudiants dans le domaine des ondes en général et dans celui de la dynamique des structures. Enfin, en intégrant des séances de TD-numérique, les phénomènes de propagation d'ondes décrits dans la partie théorique du cours peuvent être calculés, observés et analysés et les outils numériques peuvent être manipulés pour des exemples concrets.

Organisation générale et modalités pédagogiques

La première partie de l'UE est consacrée à l'étude des principaux concepts utilisés pour décrire et analyser les phénomènes de propagation d'ondes dans les solides : les ondes planes dans un solide isotrope; les notions telles que la dispersion spatiale et temporelle et la vitesse de groupe;

Matières	ECTS	Semestre	Cours	TD	TP	Cours- TD	Cours- TP	TD- TP	A distance	Projet	Tutorat
Méthodes matricielles pour le calcul intensif	3	Semestre 1	21		9						



Méthodes matricielles pour le calcul intensif

ECTS : 3

Semestre calendaire : Semestre 1

Détail du volume horaire

Cours magistraux : 21

Travaux pratiques : 9

Langue d'enseignement

Anglais

Enseignement à distance

non

Prérequis

Bases d'éléments finis et d'algèbre linéaire

Bases de programmation en Python

Objectifs d'apprentissage

La recherche en calcul de structures confronte presque systématiquement les chercheurs et ingénieurs à des problèmes algébriques de très grande dimension. Ces difficultés se traduisent par la résolution de systèmes linéaires comportant parfois plusieurs millions d'inconnues, ou encore par la recherche de valeurs propres dans des matrices massives. Ces situations, fréquentes dans la modélisation numérique des matériaux et des structures, exigent des outils mathématiques et informatiques particulièrement robustes.

Malgré les progrès considérables réalisés au cours des dernières décennies dans le domaine des méthodes numériques, des logiciels spécialisés et des capacités de calcul des machines, il n'existe pas de solution universelle ni de moyen de fournir rapidement une réponse fiable et efficace à tous les cas rencontrés. Chaque problème possède ses spécificités, et l'efficacité d'une méthode dépend fortement de la nature des équations, de la taille des systèmes et des ressources disponibles. Ne pas s'interroger sur le choix de la méthode la plus adaptée peut s'avérer non seulement inefficace, mais parfois dangereux, en conduisant à des résultats erronés ou à une consommation excessive de temps et de ressources.

Dans ce contexte, l'objectif de ce cours est double. D'une part, il vise à sensibiliser les étudiants à la complexité inhérente au calcul de structures et à leur faire prendre conscience des limites des approches naïves ou automatiques. D'autre part, il propose une présentation structurée des grandes classes de méthodes numériques qui permettent de répondre aux problèmes les plus

Matières	ECTS	Semestre	Cours	TD	TP	Cours- TD	Cours- TP	TD- TP	A distance	Projet	Tutorat
<u>Interaction fluides-structures</u>	3	Semestre 1	12	12							
■											

Interaction fluides-structures

ECTS : 3

Semestre calendaire : Semestre 1

Détail du volume horaire

Cours magistraux : 12

Travaux dirigés : 12

Langue d'enseignement

Français

Enseignement à distance

non

Prérequis

Méthodes linéarisées pour le couplage fluide-structure :

- analyse modale des structures couplées à des fluides internes (modes acoustiques, modes de ballonnement)
- étude de stabilité des structures dans des écoulements simples (potentiels)

Objectifs d'apprentissage

-Fournir les éléments théoriques nécessaires à la modélisation physique et la résolution de problèmes d'interaction fluide-structure

-Mettre en évidence les principaux phénomènes physiques (masse et raideur ajoutées, couplage de modes, instabilités de flottement et de flambage...)

-Résoudre par analyse dimensionnelle, analyse modale, et méthodes numériques divers exemples (aéronautique, génie civil ou maritime, électronucléaire, biomécanique...).

Bibliographie

Morand & Ohayon, Interactions Fluide-Structure

De Langre, Fluides et Solides.

Nature de l'évaluation

Evaluation Continue non Intégrale

Matières	ECTS	Semestre	Cours	TD	TP	Cours- TD	Cours- TP	TD- TP	A distance	Projet	Tutorat
Modélisation des incertitudes et apprentissage statistique pour le calcul des matériaux et des structures (MIFO)	3	Semestre 1	27	6							

Modélisation des incertitudes et apprentissage statistique pour le calcul des matériaux et des structures (MIFO)

ECTS : 3

Semestre calendaire : Semestre 1

Détail du volume horaire

Cours magistraux : 27

Travaux dirigés : 6

Langue d'enseignement

Anglais

Enseignement à distance

non

Prérequis

notions des probabilité

Objectifs d'apprentissage

A l'issue de ce cours les étudiants connaîtront les éléments essentiels pour la prise en compte des incertitudes de données, de sa modélisation probabiliste allant des données jusqu'à la réponse des ouvrages.

Nature de l'évaluation

Evaluation Continue non Intégrale

[UE d'ouverture 2](#) 3 Semestre 1

UE d'ouverture 2

ECTS : 3

Semestre calendaire : Semestre 1

Langue d'enseignement

Français

Enseignement à distance

non

Nature de l'évaluation

Evaluation Continue non Intégrale

Matières	ECTS	Semestre	Cours	TD	TP	Cours- TD	Cours- TP	TD- TP	A distance	Projet	Tutorat
UE d'ouverture 1	3	Semestre 1									
■											

UE d'ouverture 1

ECTS : 3

Semestre calendaire : Semestre 1

Langue d'enseignement

Français

Enseignement à distance

non

Nature de l'évaluation

Evaluation Continue non Intégrale

[Modèles de](#)

[comportement non](#)

[linéaire :](#)

[thermodynamique et](#)

[intégration](#)

[numérique](#)

3

Semestre 1 22

8



Modèles de comportement non linéaire : thermodynamique et intégration numérique

ECTS : 3

Semestre calendaire : Semestre 1

Détail du volume horaire

Cours magistraux : 22

Travaux pratiques : 8

Langue d'enseignement

Anglais

Enseignement à distance

non

Prérequis

Mécanique des milieux continus, méthodes des éléments finis, notions de programmation.

Objectifs d'apprentissage

L'objectif de ce cours est de présenter, puis de mettre en œuvre, les approches et techniques numériques permettant de décrire les non-linéarités matérielles, dans le cadre général de la mécanique des milieux continus.

On rappellera le cadre thermodynamique continu général, et on reviendra sur les questions de discrétisation éléments finis, en proposant une vision générale du traitement de ces non-linéarités matérielles.

Une fois ces fondamentaux rappelés, on s'intéressera à des modèles de complexité croissante, typiquement des modèles de plasticité, de viscoplasticité puis d'endommagement. On ouvrira sur des questions plus complexes d'approches multiéchelles.

Organisation générale et modalités pédagogiques

On utilisera, pour ce cours, une pédagogie inversée : les élèves prépareront collectivement les séances de cours, guidés progressivement par l'enseignant (qui imposera notamment le plan, afin de guider l'apprentissage des connaissances). Les concepts seront alors présentés, et débattus en séance collective. Un projet numérique permettra de s'assurer que les concepts abordés ont bien été assimilés.

Bibliographie

[1] Mécanique des matériaux solides, Jean Lemaitre, Jean-Louis Chaboche, Ahmed Benallal, Rodrigue Desmorat [2] Mécanique non linéaire des matériaux, Jacques Besson, Georges Cailletaud, Jean-Louis Chaboche, Samuel Forest.

Matières	ECTS	Semestre	Cours	TD	TP	Cours- TD	Cours- TP	TD- TP	A distance	Projet	Tutorat
<u>Méthodes particulières et XFEM</u>	3	Semestre 1	30								



Méthodes particulières et XFEM

ECTS : 3

Semestre calendaire : Semestre 1

Détail du volume horaire

Cours magistraux : 30

Langue d'enseignement

Anglais

Enseignement à distance

non

Prérequis

Mécanique des milieux continus, méthodes des éléments finis, analyse fonctionnelle, algèbre linéaire, analyse mathématique des EDPs, notions de programmation.

Objectifs d'apprentissage

La méthode éléments finis standards présente des limites pour certains problèmes physiques comme les problèmes de fragmentation ou de multi-fissuration. Ces problèmes demandent des remaillages intensifs ou des suivis de particules qui sont soit très coûteux numériquement soit non implémentables. Les méthodes particulières et la méthode XFEM offrent des stratégies de calculs alternatifs qui permettent de modéliser raisonnablement ce types de problèmes

L'objectif de ce cours est de présenter les concepts de base des techniques des méthodes particulières et de la méthode XFEM ainsi que leur mise en œuvre pratique.

The Finite Element Method presents some limitations to model certain physical problems such as fragmentation and multi-crack growth. These problems require large adaptive remeshing or follow-up of fragmented material parts that are either computationally expensive or non-implementable. Particle methods and XFEM offer alternative numerical strategies that makes it possible to reasonably model these types of problems.

The objective of this course is to present basic technical concepts of particle methods and XFEM and their numerical implementation.

Organisation générale et modalités pédagogiques

Ce cours abordera la méthode XFEM et quelques-unes des méthodes particulières comme la méthode SPH et RKPM.

Le cours inclut une introduction à l'analyse fonctionnelle pour comprendre les relations entre les différentes méthodes. Le cours sera évalué par un projet numérique pour lequel les étudiants mettront en œuvre et coderont certaines méthodes comme la méthode XFEM par eux-mêmes et comparerons les performances de ces méthodes

Matières	ECTS	Semestre	Cours	TD	TP	Cours- TD	Cours- TP	TD- TP	A distance	Projet	Tutorat
<u>Stratégies de calcul multi-échelle et méthodes de décomposition de domaine</u>	3	Semestre 1	24		6						



Stratégies de calcul multi-échelle et méthodes de décomposition de domaine

ECTS : 3

Semestre calendaire : Semestre 1

Détail du volume horaire

Cours magistraux : 24

Travaux pratiques : 6

Langue d'enseignement

Anglais

Enseignement à distance

non

Prérequis

Mécaniques des milieux continus, formulations variationnelles, méthodes des éléments finis, algèbre linéaire, méthodes numériques pour la résolution des systèmes linéaires

Objectifs d'apprentissage

Dans ce cours sont présentées les stratégies de calcul multiéchelles par méthodes de décomposition de domaine (DDM) sans recouvrement. Les approches primales, duales et mixtes sont présentées dans le cadre de la mécanique des structures en élasticité linéaire. Les formulations continue et discrétisée correspondantes ainsi que leur mise en œuvre technique sont détaillées :

Présentation du problème et enjeux : problème de référence sous-structuré, généralités sur les DDM (mise en donnée, enjeux, environnement matériel) ;

Approches primale, duale et mixte : approches de Schur primale et duale, approches mixtes basées sur un Lagrangien augmenté ou sur un algorithme à deux directions de recherche ;

Stratégies de calcul multiéchelle par DDM, introduction du problème grossier : tests de qualification d'une DDM, préconditionnement du problème d'interface (BDD, FETI, DDM mixte basée sur la LATIN), résolution du problème grossier (solveur de Krylov, gradient conjugué projeté...) ;

Introduction au traitement par DDM des problèmes non-linéaires : approches classiques, méthode de Newton Krylov Schur, technique de relocalisation non-linéaire, approche globale en temps de type LATIN.

Organisation générale et modalités pédagogiques

Le cours est accompagné d'un projet numérique durant lequel les étudiants mettront en œuvre et coderont

Matières	ECTS	Semestre	Cours	TD	TP	Cours- TD	Cours- TP	TD- TP	A distance	Projet	Tutorat
<u>Réduction de modèles et de données</u>	3	Semestre 1	22		8						



Réduction de modèles et de données

ECTS : 3

Semestre calendaire : Semestre 1

Détail du volume horaire

Cours magistraux : 22

Travaux pratiques : 8

Langue d'enseignement

Anglais

Enseignement à distance

non

Prérequis

Mécanique des milieux continus, méthodes des éléments finis, analyse fonctionnelle, algèbre linéaire, analyse mathématique des EDPs, notions de programmation.

Objectifs d'apprentissage

La simulation numérique et, plus récemment, les données massives prennent une place essentielle dans de nombreux domaines scientifiques. Cependant, les modèles haute fidélité que souhaitent manipuler les ingénieurs et les chercheurs restent souvent hors de portée des moyens de calcul actuels (très grand nombre de degrés de liberté et de paramètres, non linéarités, nécessité d'une réponse en temps réel...). La réduction de modèles et celle des données sont devenues en quelques années des outils indispensables pour développer des méthodes de calcul hautes performances originales et/ou analyser des données massives, qu'elles soient issues de simulations ou d'expériences. L'objectif de ce cours est de présenter les concepts de base des techniques de réduction d'ordre ainsi que leur mise en œuvre pratique.

Organisation générale et modalités pédagogiques

Ce cours abordera quelques-unes des techniques de réduction d'ordre les plus populaires actuellement, ainsi que les algorithmes classiques associés à ces stratégies. En particulier, on s'intéressera à la réduction de données en linéaire et non linéaire (PCA, kernel PCA...). On introduira ensuite les méthodes de résolution d'EDPs basées sur la Proper Orthogonal Decomposition (POD), les Reduced-Bases (RB) et la Proper Generalized Decomposition (PGD). On développera l'utilisation de ces méthodes de résolution dans le cadre linéaire et non linéaire.

Le cours sera accompagné d'un projet numérique durant lequel les étudiants mettront en œuvre et coderont certaines de méthodes de réduction de modèles vues en cours afin de d'examiner et de comparer leurs

Matières	ECTS	Semestre	Cours	TD	TP	Cours- TD	Cours- TP	TD- TP	A distance	Projet	Tutorat
<u>Problème inverses et Identification</u>	3	Semestre 1	12	4.5	7.5						

Problème inverses et Identification

ECTS : 3

Semestre calendaire : Semestre 1

Détail du volume horaire

Cours magistraux : 12

Travaux pratiques : 7.5

Travaux dirigés : 4.5

Langue d'enseignement

Anglais

Enseignement à distance

non

Prérequis

Notions de base sur l'algèbre linéaire, sur les équations aux dérivées partielles et leur résolution, sur la méthode des éléments finis, et sur la mécanique des milieux continus

Objectifs d'apprentissage

Le cours a pour buts la définition et la résolution (théorique et numérique) des problèmes inverses, que l'on rencontre, par exemple, lorsque l'on cherche à identifier les paramètres d'un modèle vis-à-vis d'une référence expérimentale ; il s'attache ainsi à présenter la diversité des méthodes utilisées au sein de la communauté scientifique concernée. Le cours évoque également toutes les méthodes liées aux techniques expérimentales récentes d'acquisition («mesures de champs»), pour lesquelles la richesse de l'information mesurée permet d'envisager des méthodes d'identification spécifiques.

Organisation générale et modalités pédagogiques

1. Problèmes mal posés associés à la confrontation expérience-modèle
 - 2) Diversité des formulations possibles
 - 3) Aspects numériques (avec mise en pratique numérique)
 - 4) Régularisation
 - 5) Mesures de champs (avec mise en pratique numérique et expérimentale)
- Les élèves sont évalués sur la base du travail sur un miniprojet.

Bibliographie

[1] H. D. Bui, Introduction aux problèmes inverses en mécanique des matériaux, Eyrolles, 1993. [2] C.R. Vogel, Computational methods for inverse problems, SIAM, 2002. [3] A. Tarantola, Inverse problem theory and methods for parameter model estimation, SIAM, 2005. [4] J. Kaipio & E. Somersalo, Statistical and computational inverse problems, Springer, 2005. [5] (collectif) Mesures

Matières	ECTS	Semestre	Cours	TD	TP	Cours- TD	Cours- TP	TD- TP	A distance	Projet	Tutorat
<u>Méthodes fréquentielles en vibrations des structures et acoustique</u>	3	Semestre 1	15								



Méthodes fréquentielles en vibrations des structures et acoustique

ECTS : 3

Semestre calendaire : Semestre 1

Détail du volume horaire

Cours magistraux : 15

Langue d'enseignement

Anglais

Enseignement à distance

non

Prérequis

Notions de base sur l'algèbre linéaire, sur les équations aux dérivées partielles et leur résolution, sur la méthode des éléments finis, et sur la mécanique des milieux continus

Organisation générale et modalités pédagogiques

1. Systèmes à un degré de liberté et introduction des outils de base 2) Rappels de mécanique des milieux continus et solutions analytiques 3) Principe des puissances virtuelles et introduction à l'analyse modale 4) Référentiels tournants 4) Méthode de Galerkin et réduction modale 5) Méthode des éléments finis en dynamique 6) Notions d'acoustique 7) BEM et méthodes de Trefftz 8) Couplage Vibro-Acoustique

Chaque séance se compose d'une partie théorique et de TD/TP. L'évaluation prendra la forme de la soutenance d'un projet renforcée par des questions de théorie sur le cours et d'un EE.

Bibliographie

Dynamics of Structures - J.H. Argyris Structure-Borne Sound - Cremer, L., Heckl Wave Motion in Elastic Solids K. F. Graff Éléments finis: théorie, applications, mise en oeuvre - A. Ern The Finite Element Method: Its Basis and Fundamentals O. C. Zienkiewicz, R. L. Taylor, J.Z. Zhu Mid-Frequency-CAE Methodologies for Mid-Frequency Analysis in Vibration and Acoustics P Ladeveze, A Barbarulo, H Riou, L Kovalevsky - 2012 - Leuven University Press, Leuven.

Nature de l'évaluation

Evaluation Continue non Intégrale

Matières	ECTS	Semestre	Cours	TD	TP	Cours- TD	Cours- TP	TD- TP	A distance	Projet	Tutorat
<u>Mécanique Numérique du Solide. Méthode des éléments finis : formalisme et applications</u>	3	Semestre 1	26	4							



Mécanique Numérique du Solide.

Méthode des éléments finis : formalisme et applications

ECTS : 3

Semestre calendaire : Semestre 1

Détail du volume horaire

Cours magistraux : 26

Travaux dirigés : 4

Langue d'enseignement

Anglais

Enseignement à distance

non

Prérequis

Eléments de base de la Mécanique des Milieux Continus

Eléments d'algèbre linéaire

Objectifs d'apprentissage

Ce cours présente les fondements théoriques de la méthode des éléments finis ainsi que leur mise en œuvre pratique pour la résolution de problèmes de mécanique et de physique. L'objectif est de développer une compréhension rigoureuse de la formulation variationnelle, de la construction des espaces d'approximation et des techniques d'assemblage et de résolution numérique.

Contenu du cours

- Formulations variationnelles de problèmes aux limites en 1D, 2D et 3D
- Espaces d'éléments finis : choix des fonctions de forme, propriétés d'approximation
- Éléments finis en 2D et 3D : triangles, quadrilatères, tétraèdres, hexaèdres
- Discrétisation et assemblage matriciel, imposition des conditions aux limites
- Analyse de convergence, estimation d'erreurs et stratégies de raffinement de maillage
- Problèmes dépendant du temps : schémas de résolution temporelle
- Problèmes en fréquence et calcul de valeurs propres
- Formulations adjointes (introduction)
- Introduction à la non-linéarité : comportement matériau et grandes déformations
- Applications numériques

La théorie sera illustrée au moyen de développements numériques appliqués à la mécanique des solides et des fluides, incluant notamment l'analyse des contraintes en

Matières	ECTS	Semestre	Cours	TD	TP	Cours- TD	Cours- TP	TD- TP	A distance	Projet	Tutorat
Modélisation et calcul des structures composites jusqu'à rupture	3	Semestre 1	22		8						



Modélisation et calcul des structures composites jusqu'à rupture

ECTS : 3

Semestre calendaire : Semestre 1

Détail du volume horaire

Cours magistraux : 22

Travaux pratiques : 8

Langue d'enseignement

Anglais

Enseignement à distance

non

Prérequis

Mécanique des milieux continus, formulations variationnelles.

Objectifs d'apprentissage

Le cours est axé sur la modélisation et le calcul des structures composites à base de fibres longues et matrice polymère, et particulièrement des composites stratifiés. L'accent est mis sur les questions d'échelle, tant du point de vue de la structure (calcul de structures minces type "plaques" ou "coques" et effets de bord) que du point de vue du matériau (méthodes d'homogénéisation, modèles d'endommagement). Les outils de la mécanique de l'endommagement et de la rupture sont présentés pour des matériaux anisotropes présentant des multiples mécanismes de dégradation élémentaires. Les tendances et problématiques actuelles en modélisation et calcul à rupture sont discutées : localisation de l'endommagement, difficultés et remèdes, stratégies de simulation.

Plan :

Chapitre 1 - Méthodes d'homogénéisation

Chapitre 2 - Théories des plaques stratifiées

Chapitre 3 - Les mécanismes de dégradation dans les composites

Chapitre 4 - Notions de thermodynamique

Chapitre 5 - Le mésomodèle pour les composites stratifiés

Chapitre 6 - Synergie micro-méso.

Organisation générale et modalités pédagogiques

Des séances de cours magistral, ponctués de petits exercices pour clarifier le contenu, constituent la partie principale du cours. Une séance de Bureau d'Études, qui compte pour la moitié de la note finale du module, permettra de mettre en oeuvre sur ordinateur les notions apprises notamment sur la partie "modélisation des plaques stratifiées". Une séance de Travaux Pratiques permettra de manipuler les matériaux composites à travers

Matières	ECTS	Semestre	Cours	TD	TP	Cours- TD	Cours- TP	TD- TP	A distance	Projet	Tutorat
Modèles adaptatifs et approches pilotées par les données	3	Semestre 1	24		6						

Modèles adaptatifs et approches pilotées par les données

ECTS : 3

Semestre calendaire : Semestre 1

Détail du volume horaire

Cours magistraux : 24

Travaux pratiques : 6

Langue d'enseignement

Anglais

Enseignement à distance

non

Prérequis

Mécanique des milieux continus, méthodes des éléments finis, analyse fonctionnelle, notions de programmation.

Objectifs d'apprentissage

La modélisation et la simulation numérique sont au coeur des activités modernes en recherche et ingénierie. De ce fait, et pour assurer la fiabilité des résultats de simulation, la maîtrise des modèles et des calculs est une problématique fondamentale. L'objectif est de calculer juste au juste coût. Le cours vise à présenter les concepts de base utilisés pour atteindre cet objectif, ainsi que leur mise en œuvre pratique.

Les outils d'estimation d'erreur de discrétisation et d'adaptation de maillage dans le cadre de la méthode des éléments finis apparaissent comme précurseurs pour la vérification des modèles numériques. Cependant, la thématique englobe à présent un spectre beaucoup plus large d'outils impactant toute la chaîne de modélisation. On peut citer par exemple la modélisation multi-fidélité, avec contrôle de l'erreur du modèle mathématique dans les techniques de réduction de modèle et de couplage multiéchelle par exemple, ou la modélisation pertinente en lien avec la richesse de l'information expérimentale (quantité et niveau de bruit des mesures) dans la résolution de problèmes inverses et l'assimilation de données. Toutes ces composantes sont abordées dans le cours.

Organisation générale et modalités pédagogiques

Le cours présente d'abord les techniques classiques d'estimation d'erreur (basées sur les résidus d'équilibre, les techniques de lissage, ou l'erreur en relation de comportement) et d'adaptation de maillage dans le cadre de la méthode des éléments finis. Des extensions au contrôle de quantités d'intérêt (via la technique de l'adjoint) et aux problèmes non-linéaires (à partir

Matières	ECTS	Semestre	Cours	TD	TP	Cours- TD	Cours- TP	TD- TP	A distance	Projet	Tutorat
<u>Assemblages de structures : traitement du contact frottant</u>	3	Semestre 1	18		12						



Assemblages de structures : traitement du contact frottant

ECTS : 3

Semestre calendaire : Semestre 1

Détail du volume horaire

Cours magistraux : 18

Travaux pratiques : 12

Langue d'enseignement

Anglais

Enseignement à distance

non

Prérequis

Mécanique des milieux continus (formulation
variationnelle, théorèmes de l'énergie)

Éléments-Finis, notions de programmation.\$

--

Continuum Mechanics (variational formulation, energy
theorems)

Finite Elements, programming notions.

Objectifs d'apprentissage

La prise en compte des phénomènes de contact et de frottement est vitale dans la simulation du comportement des assemblages de structures. Ces phénomènes sont très fortement non linéaires et leur modélisation pose de sérieuses difficultés tant sur le plan de la formulation que sur celui de la résolution numérique.

Ce module présente, dans un premier temps, la problématique générale des assemblages de structures et les méthodes pratiques de modélisation des conditions de liaison linéaires. Les formulations classiques et les méthodes numériques employées dans les codes de calcul industriels pour la prise en compte des conditions de contact et de frottement sont ensuite abordées. Le cours est illustré par des applications industrielles et une initiation à la résolution sur code de calcul par élément finis est proposée.

Organisation générale et modalités pédagogiques

Ce cours abordera successivement les points suivants
Introduction : problématique générale des assemblages, non-linéarités de contact et de frottement. Prise en compte de conditions linéaires sur les degrés de liberté Contact unilatéral sans frottement : problème local, formulation variationnelle, théorèmes énergétiques, prise en compte d'un jeu initial Résolution des problèmes de contact : discrétisation, méthodes de projection, méthode des statuts, pénalisation ... Frottement : lois de frottement, loi

Matières	ECTS	Semestre	Cours	TD	TP	Cours- TD	Cours- TP	TD- TP	A distance	Projet	Tutorat
<u>Analyse modale</u>	3	Semestre 1	18		12						

Analyse modale

ECTS : 3

Semestre calendaire : Semestre 1

Détail du volume horaire

Cours magistraux : 18

Travaux pratiques : 12

Langue d'enseignement

Anglais

Enseignement à distance

non

Prérequis

- Calcul élément fini
- Cours de dynamique des structures de base
- Connaissance d'un langage matriciel permettant de s'adapter à des TP sous MATLAB/SDT.

Objectifs d'apprentissage

Les vibrations des structures, dans les basses fréquences où la description modale est pertinente, sont des sources de problèmes de sécurité (sismique, flottement des avions, fatigue vibratoire, ...) ou de qualité (confort acoustique, bruits de crissement, précision de fabrication, ...). Leur prise en compte est impérative dans la plupart des industries, comme illustré dans le cours.

L'objectif est de donner une vue d'ensemble des outils numériques et expérimentaux qui caractérisent l'analyse modale dans ses utilisations industrielles et d'aborder quelques sujets de recherche active (amortissement, réduction, modèles hybrides calcul/essai, ...). Les notions abordées ont trait : au lien entre les modes (ou leur généralisation dans méthodes de Ritz) et la modélisation système (outils d'automatiques) ; aux enjeux numériques liés à l'utilisation de modèles réduits en vibration (calculs fréquentiels et temporels) ; à l'exploitation de mesures expérimentales et aux problèmes inverses associés (identification recalage) ; et enfin à la gestion de modèles paramétrés (optimisation, recalage, robustesse). Les TP et l'évaluation mettent l'accent sur la mise en œuvre numérique (sous MATLAB/SDT).

Organisation générale et modalités pédagogiques

- CM1-2 : synthèse modale. Historique : McNeal, Craig-Bampton, ... Validité et contrôle d'erreur. Ritz et techniques d'apprentissage
- CM3 : enjeux numériques en fréquentiel et temporel (renumérotation, lien avec la réduction, schémas, complet ou réduit, comportement NL)
- CM4 : pathologies signal, caractérisation d'effets NL, sous-espace
- TP1 : fréquentiel base modale. Transferts. Factorisation. Temporels. Signal
- CM5 : analyse modale

Matières	ECTS	Semestre	Cours	TD	TP	Cours- TD	Cours- TP	TD- TP	A distance	Projet	Tutorat
Introduction to computational fluid dynamics	3	Semestre 1	20	10							

Introduction to computational fluid dynamics

ECTS : 3

Semestre calendaire : Semestre 1

Détail du volume horaire

Cours magistraux : 20

Travaux dirigés : 10

Langue d'enseignement

Anglais

Enseignement à distance

non

Objectifs d'apprentissage

The purpose of this course is to provide students with a deeper understanding of the physical models and governing equations of fluid mechanics from the perspective of continuum mechanics, as well as to introduce the fundamentals of computational approaches to study fluid flows from the perspective of solving hyperbolic partial differential equation (PDE) systems. The course will review Euler and Navier-Stokes equations and their derivations, physical interpretations, assumptions, and applications. It will also introduce the discretization of hyperbolic PDEs through a survey of various numerical methods used in fluids such as finite differences, finite volumes, discontinuous Galerkin finite elements, and mesoscopic Lattice boltzmann methods, with a focus on schemes for convection and time discretization, and their analyses. The final part of the course will explore a variety of applications to fluid and fluid-structure interaction problems that include examples from structural acoustics, industrial duct/pipe flows, and physiological systems such as the human blood circulation.

Nature de l'évaluation

Evaluation Continue non Intégrale

[Scientific Machine](#)

[Learning and applications to Mechanics](#)

3	Semestre 1	20	10
---	------------	----	----



Scientific Machine Learning and applications to Mechanics

ECTS : 3

Semestre calendaire : Semestre 1

Détail du volume horaire

Cours magistraux : 20

Travaux pratiques : 10

Langue d'enseignement

Anglais

Enseignement à distance

non

Nature de l'évaluation

Evaluation Continue non Intégrale

Lieu(x) d'enseignement

GIF SUR YVETTE

Contact(s)

- **Andrea BARBARULO**
MCF
- **CentraleSupélec SUPPORT SCOLARITE**

Support scolarité

<http://www.universite-paris-saclay.fr/formation/master/mecanique/m2-modelisation-et-simulation-en-mecanique-des-structures-et-systemes-couples>