

Share



Email destinataire :

Vous devez renseigner un email valide

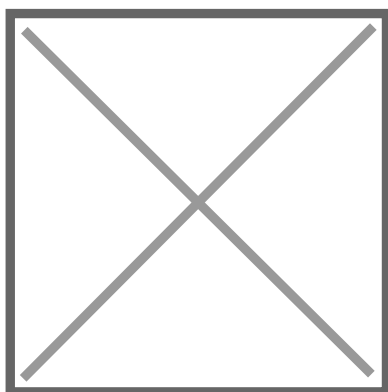
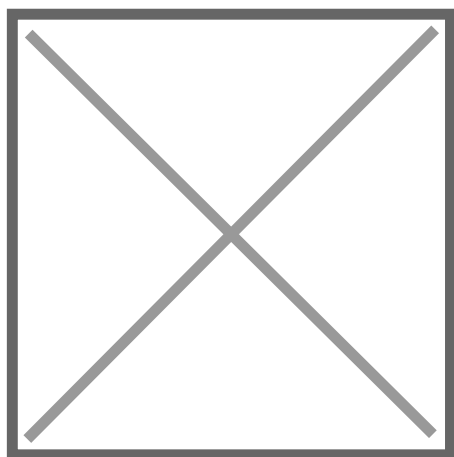
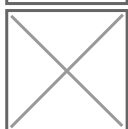
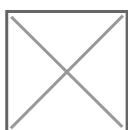
Envoyer

Une erreur est survenue. Merci de réessayer ultérieurement

Le mail de partage a bien été envoyé.

Add to Compare

M1 Mécanique - Mécanique et Ingénierie de la Production



Master's degree

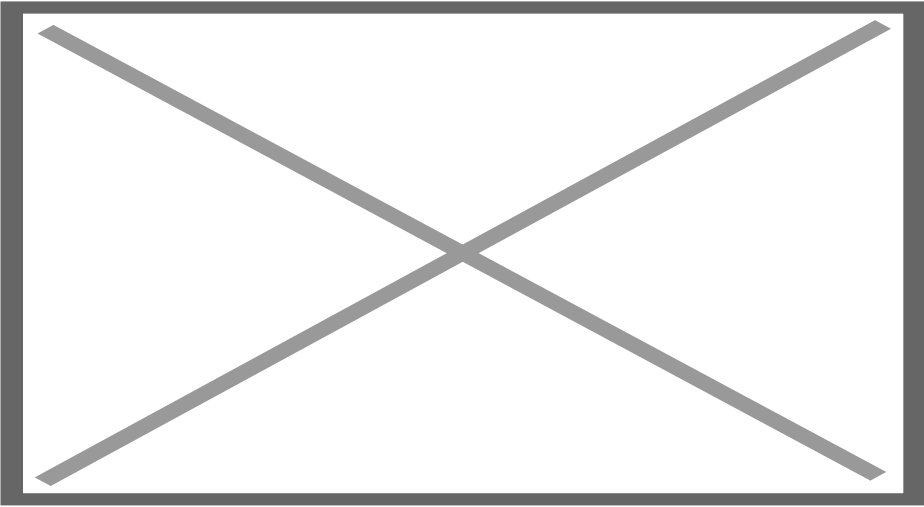
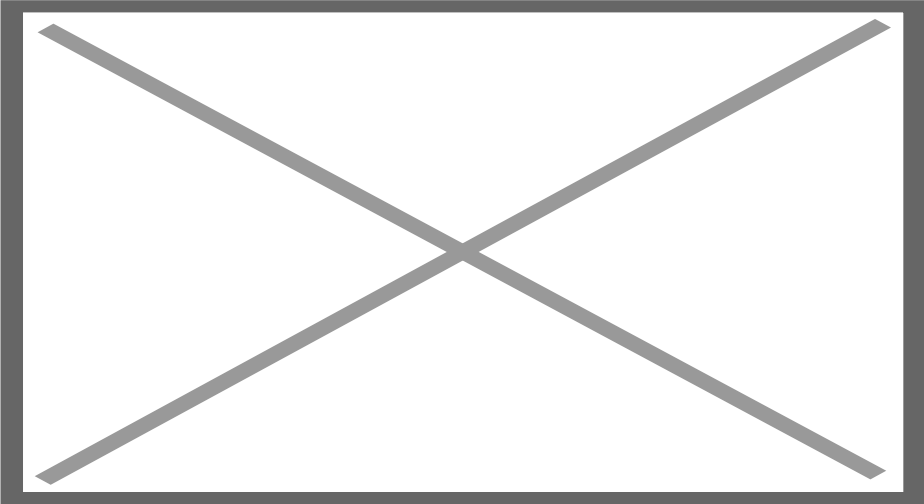
Specialisation Mechanics

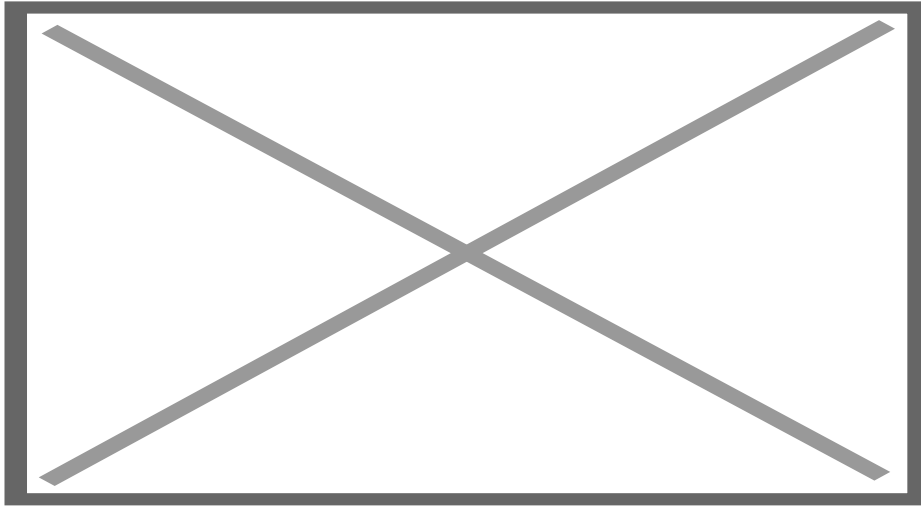
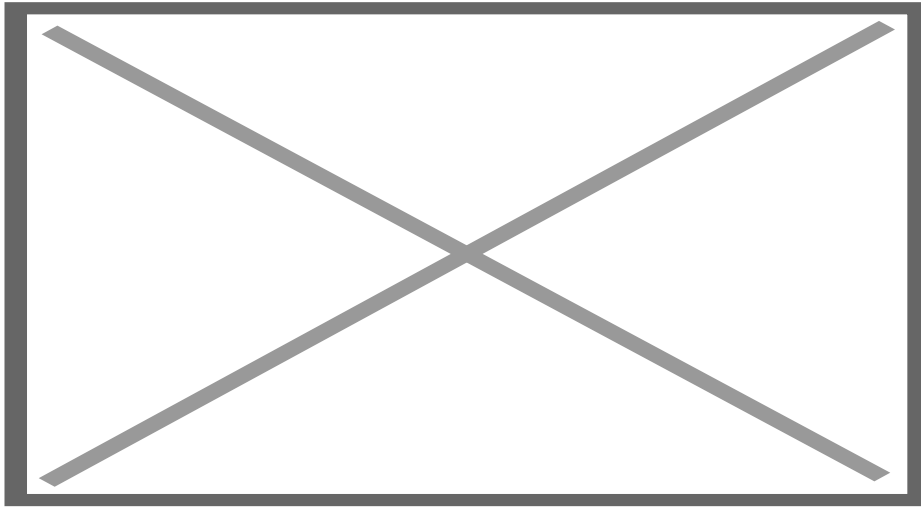
Language(s) of instruction

French

[Télécharger la fiche détaillée](#)

[Apply Now](#)





■ ■

Information

- [Overview](#)
- [Application requirements](#)
- [Schedule](#)

Présentation

Débouchés

Career prospects

After a Master's + PhD: researcher or lecturer

After a Master's or Master's + PhD: engineer (R&D, control, production, etc.)

Lecturer (after a PhD)

Research or Design Engineer

Further Study Opportunities

Mechanical Engineering School

Master's Degree in Engineering or Mechanical Engineering

Master of Teaching Professions

Calendar

Start of programme (indicative date)

31/08/2026

End of programme (indicative date)

05/09/2027

Admission

Admission Route

Physics

Mechanics

Science and Technology

Engineering Sciences

Capacity

Available Places

24

Target Audience and Entry Requirements

Mentions de licence conseillées :

- Licence mécanique
 - Licence physique (à dominante mécanique) ou mathématiques
 - Licence sciences pour l'ingénieur
- Ainsi parmi les prérequis, sont attendus des bases en mécanique générale, en mécanique des solides et mécanique des fluides, en dynamique des structures, en algèbre matricielle et calcul différentiel, et en méthodes numériques. Pour les parcours en français, un niveau de français attesté au moins B2 avec une note de compréhension orale supérieure à 15/25 est demandé.

Période(s) de candidature

Inception Platform

From 15/01/2026 to 16/03/2026

Supporting documents

Compulsory supporting documents

Motivation letter.

All transcripts of the years / semesters validated since the high school diploma at the date of application.

Certificate of French (compulsory for non-French speakers).

Curriculum Vitae.

Additional supporting documents

VAP file (obligatory for all persons requesting a valuation of the assets to enter the diploma).

Supporting documents :

- Residence permit stating the country of residence of the first country
- Or receipt of request stating the country of first asylum
- Or document from the UNHCR granting refugee status
- Or receipt of refugee status request delivered in France
- Or residence permit stating the refugee status delivered in France
- Or document stating subsidiary protection in France or abroad
- Or document stating temporary protection in France or abroad.

Programme

UEs d'orientation S1

Subjects	ECTS	Semester	Lecture	directed study	practical class	Lecture/directed study	practical class	directed study/practical class	distance learning
Sciences des matériaux MIP/MMS	3	Semestre 1	10	12	8				

Sciences des matériaux

MIP/MMS

ECTS : 3

Semester: Semestre 1

Detail

Lecture: 10

Practical study : 8

Directed study: 12

Language(s) of instruction

Français

Remote teaching

non

Prerequisites

Introduction aux matériaux de L3; Mécanique des milieux continus de niveau L3; Transformée de Fourier; thermodynamique élémentaire; notions de thermique

Programme/contents

Le cours de sciences des matériaux se décline en 4 chapitres

CHAPITRE 1 - COHESION, LIAISONS ET MATERIAUX

Cohésion des solides: élasticité,

Types de liaisons et matériaux.

CHAPITRE 2 - CRISTALLOGRAPHIE ET DIFFRACTION DES RAYONS X

Eléments de cristallographie,

Diffraction des rayons X et applications.

CHAPITRE 3 - CHANGEMENT DE PHASE,

Notions d'élaboration,

Diagrammes d'équilibre,

Phase hors équilibre, transformation

displacive, autres chargements.

CHAPITRE 4 - CINETIQUE DE TRANSFORMATION

Compléments d'analyse thermique,

Diffusion,

Introduction à la fonderie et aux traitements thermiques

Learning objectives

Ce cours est orienté vers l'aspect connaissance des matériaux dans le cadre de fonctions mécaniques, en particulier pour: 1/ la modélisation du comportement et des durées de vie; 2/ la modélisation des opérations de

Subjects	ECTS	Semester	Lecture	directed study	practical class	Lecture/directed study	Lecture/practical class	directed study/practical class	dista learn cou
Outils d'IA pour la mécanique	3	Semestre 1	9.5		20.5				

Outils d'IA pour la mécanique

ECTS : 3

Semester: Semestre 1

Detail

Lecture: 9.5

Practical study : 20.5

Language(s) of instruction

Français

Remote teaching

non

Prerequisites

Connaissances de base en mathématiques appliquées (algèbre linéaire, statistiques élémentaires, équations différentielles) et en programmation scientifique (Python ou équivalent). Notions de mécanique des matériaux et des structures (élasticité, viscoélasticité) permettant de comprendre les applications proposées.

Programme/contents

1. Introduction (2h)

IA, big data, machine learning : définitions et périmètre

Place du ML dans la démarche scientifique (expérimental/théorique/IA)

Éléments historiques : évolution des modèles et des données en mécanique

Bases de l'apprentissage automatique : familles de modèles, sur-apprentissage, ensembles d'apprentissage/validation/test, cross-validation, optimisation

2. Réduction de dimensions et statistiques (4 h = 1h30 CM + 2h30 BE)

PCA et méthodes linéaires

Méthodes non-linéaires (UMAP, t-SNE)

Introduction aux tests statistiques (Student, entropie, Cohen Kappa)

BE : Datamining sur mesures expérimentales industrielles (chaîne Bosch, lien M1-MIP-Industrie 4.0)

3. Régression et classification (4 h = 1h30 CM + 2h30 BE)

Réseaux de neurones multicouches (MLP)

Fonctions de coût, backpropagation, activation

Subjects	ECTS	Semester	Lecture	directed study	practical class	Lecture/directed study	Lecture/practical class	directed study/practical class	dista learn cou
Méthodes des éléments finis	3	Semestre 1	12	4	14				

Méthodes des éléments finis

ECTS : 3

Semester: Semestre 1

Detail

Lecture: 12

Practical study : 14

Directed study: 4

Language(s) of instruction

Français

Remote teaching

non

Prerequisites

Bases de Mécanique des Milieux Continus

Solides

Programme/contents

Après un rappel sur la formulation faible du problème mécanique et les approches énergétiques, le concept de discrétisation par éléments finis est introduit dans le Cours Magistral. Les types d'éléments et toutes les opérations à effectuer sur un élément sont ensuite présentées, suivie par les opérations permettant d'assembler les éléments, définir les conditions aux limites, résoudre le problème de structure et le post-traiter. Une dernière séance de cours permet d'approfondir un sujet spécifique, par exemple les éléments de poutre, adaptés pour les structures élancées. En parallèle, des séances de Travaux Dirigés et Bureaux d'Études permettent de découvrir le code EF ouvert utilisé pour l'apprentissage, ainsi que d'y rajouter des fonctionnalités comme le calcul de l'énergie pour l'étude de la convergence et le développement d'éléments axi-symétriques. L'UE se termine sur un BE long sous forme de mini-projet.

Learning objectives

L'UE vise à introduire les concepts de base et certains aspects techniques de la méthode des éléments finis (MEF) pour l'analyse des structures, en thermo-élasticité et dans le cadre de l'hypothèse des petites perturbations.

L'objectif principal est de comprendre et maîtriser les choix et les approximations introduites dans la résolution du problème mécanique par l'approche EF : choix

UEs d'orientation S2

Subjects	ECTS	Semester	Lecture	directed study	practical class	Lecture/directed study	Lecture/practical class	directed study/practical class
Plasticité microcristalline et tridimensionnelle	3	Semestre 2	12	10	8			

Subjects	ECTS	Semester	Lecture	directed study	practical class	Lecture/directed study	Lecture/practical class	directed study/practical class
----------	------	----------	---------	----------------	-----------------	------------------------	-------------------------	--------------------------------

■

Plasticité microcristalline et tridimensionnelle

ECTS : 3

Semester: Semestre 2

Detail

Lecture: 12

Practical study : 8

Directed study: 10

Language(s) of instruction

Français

Remote teaching

non

Prerequisites

Mécanique des milieux continus de niveau L3 et M1 (S1); Sciences des matériaux au S1.

Programme/contents

Le cours se décline en 4 chapitres

CHAPITRE 1 - PLASTICITE

MICROCRISTALLINE

Limite d'élasticité théorique

Théorie des dislocations

CHAPITRE 2 - PLASTICITE MACROSCOPIQUE

ISOTROPE

Constatations expérimentales - changement d'échelle micro/macro

Limite d'élasticité, surface de charge

Lois de comportement plastique

Plasticité associée - cadre anisotrope

CHAPITRE 3 - CADRE THERMODYNAMIQUE

POUR L'ETABLISSEMENT DES LOIS DE

COMPORTEMENT

Conservation de l'énergie - Second principe

Plasticité non associée

Visco-élasticité, visco-plasticité

CHAPITRE 4 - EXTENSION A D'AUTRES

TYPES DE MODELES : ENDOMMAGEMENT,

CHANGEMENT DE PHASE

Introduction à la mécanique de l'endommagement

Milieux biphasés à fraction évolutive

Learning objectives

Il s'agit d'un cours de mécanique des matériaux permettant la maîtrise des lois de comportement mécanique non-linéaire des matériaux en vue de les appliquer d'une part, à la tenue mécanique et d'autre part à la mise en forme des matériaux. Les principes

Subjects	ECTS	Semester	Lecture	directed study	practical class	Lecture/directed study	Lecture/practical class	directed study/practical class
Ingénierie mécanique durable : de la matière au produit	3	Semestre 2	8	2	20			

Ingénierie mécanique durable : de la matière au produit

ECTS : 3

Semester: Semestre 2

Detail

Lecture: 8

Practical study : 20

Directed study: 2

Language(s) of instruction

Français

Remote teaching

non

Prerequisites

Bases de l'analyse du cycle de vie d'un produit

Bases de conception assistée par ordinateur

Connaissance de base en conception

Connaissance de base sur les matériaux métalliques

Connaissance de base sur les matériaux polymères et composites

Connaissance de base sur les procédés de mise en forme

Connaissance de base sur les procédés d'usinage

Programme/contents

Mise en place de la problématique, contexte, métrique

- Contexte général et vision industrielle.
- Notion de cahier des charges et prise en compte des enjeux environnementaux.
- Les méthodes et outils d'évaluation environnementale

- Influence des phases de l'ACV
- Filières énergétiques, influence sur les choix

Aspect conception, impact de cette phase

- De la conception à l'éco-conception
- Comparaison de solutions ; aspects assemblages, guidages, étanchéités, architecture. Impact, CO2 et autres critères

- Diversité technologiques, critères de choix
- Optimisation de la masse embarquée.

Aspect matériaux, impact de cette phase

- Biosourcé, biocompatible, biodégradable, clarification du vocabulaire
- Composites : fibres biosourcés et problématiques associées

- Difficultés du recyclage : en métallique, en composite

- TP essai sur composite fibres longues et sur

Subjects	ECTS	Semester	Lecture	directed study	practical class	Lecture/directed study	Lecture/practical class	directed study/practical class
Optimisation topologique pour la fabrication additive	3	Semestre 2	14		16			

Optimisation topologique pour la fabrication additive

ECTS : 3

Semester: Semestre 2

Detail

Lecture: 14

Practical study : 16

Language(s) of instruction

Français

Remote teaching

non

Prerequisites

Bases sur le calcul différentiel, la mécanique des milieux continus, l'analyse numérique et la méthode des éléments finis, exploitation de logiciels de CAO.

Programme/contents

Le module abordera les aspects suivants:

- contexte, objectifs, diverses formes d'optimisation (paramétrique, de forme, paramétrique)
- bases sur les procédés de fabrication et les contraintes associées (accessibilités, contre dépouille, épaisseurs, supportage, etc)
- formulation et analyse d'un problème d'optimisation topologique (par la méthode des densités)
- cas d'étude (optimisation en masse, raideur, fréquence..., applications dans différents domaines)
- approches méthodologiques et numériques de résolution: dérivée de forme, état adjoint, homogénéisation, expression des contraintes de fabrication (filtre morphologique, symétrie, ...)
- extensions: utilisation des outils d'IA, optimisation de microstructures pour les matériaux composites,...

Un temps conséquent sera consacré à la mise en pratique des outils, sous forme de TP :

- à l'aide d'un code Matlab pour comprendre les concepts et les choix méthodologiques
- à l'aide de 3D Experience pour appliquer les outils sur des cas concrets, avec mise en situation pratique

Un mini projet par groupe d'étudiants sera réalisé pour mettre en oeuvre la méthodologie, d'un point de vue théorique (modification de méthodes numériques) ou pratique (cas industriel, de la conception à la fabrication).

Learning objectives

Stage Industriel ou de Recherche

Subjects	ECTS	Semester	Lecture	directed study	practical class	Lecture/directed study	Lecture/practical class	directed study/practical class	distance learning
Stage ou Projet Industriel ou de Recherche MIP	12	Semestre 2							
■									

Stage ou Projet Industriel ou de Recherche MIP

ECTS : 12

Semester: Semestre 2

Language(s) of instruction

Français

Remote teaching

non

Prerequisites

Connaissances acquises durant l'année de M1.

Overall organisation

16 semaines de stage minimum.

Type of assessment

Evaluation Continue non Intégrale

Socle Tronc Commun

Subjects	ECTS	Semester	Lecture	directed study	practical class	Lecture/directed study	Lecture/practical class	directed study/practical class	distance learning
MMC Solides - Site ENS	3	Semestre 1	14	16					

Subjects	ECTS	Semester	Lecture	directed study	practical class	Lecture/directed study	Lecture/practical class	directed study/practical class	distance learning
----------	------	----------	---------	----------------	-----------------	------------------------	-------------------------	--------------------------------	-------------------

■

MMC Solides - Site ENS

ECTS : 3

Semester: Semestre 1

Detail

Lecture: 14

Directed study: 16

Language(s) of instruction

Français

Remote teaching

non

Prerequisites

Bases de la mécanique des milieux continus;
Ecriture et résolution d'un problème d'élasticité
linéaire; Résistance des matériaux

Programme/contents

CHAPITRE 1: BASES DE L'ELASTICITE INFINITESIMALE

- Rappel sur les déformations linéarisées :
définitions, équations de compatibilité, taux de
déformation, mouvements rigidifiants.
- Rappel sur les contraintes : tenseur des
contraintes de Cauchy, états de contraintes
simples, contraintes principales, équation de la
dynamique dans le cadre Eulérien.

CHAPITRE 2: PROBLEMES DE THERMOELASTICITE ANISOTROPE

- Lois de comportement : thermoélastique
anisotrope (ou élastique anisotrope avec
contrainte initiale)
- Retour sur le comportement élastique
anisotrope : cas classiques d'anisotropie
(orthotropie, isotropie transverse, symétrie
cubique).
- Exemples de résolution de problèmes de
thermoélasticité anisotrope.

CHAPITRE 3: PPV

- Le PPV pour les systèmes discrets de points
matériels et pour les milieux continus 3D.

CHAPITRE 4: APPLICATION DU PPV POUR LA CONSTRUCTION DE MODELES DE POUTRES/ARCS

- Modélisation géométrique des poutres et arcs,
définition des puissances virtuelles, exploitation
du PPV pour obtenir les équations d'équilibre et
l'interprétation des efforts intérieurs.
- Construction de la loi de comportement
élastique en HPP des poutres et arcs à partir des

Subjects	ECTS	Semester	Lecture	directed study	practical class	Lecture/directed study	Lecture/practical class	directed study/practical class	dist
MMC Fluides - Site ENS	3	Semestre 1	14	16					

MMC Fluides - Site ENS

ECTS : 3

Semester: Semestre 1

Detail

Lecture: 14

Directed study: 16

Language(s) of instruction

Français

Remote teaching

non

Prerequisites

Maîtrise des équations aux dérivées partielles

Programme/contents

- Equations bilan
- Tenseur des taux de déformations et des contraintes
- Equation de Navier-Stokes et techniques de résolution
- Analyse dimensionnelle et similitude
- Régimes inertiels et visqueux
- Introduction aux couches limites

Learning objectives

Maîtriser les bases tensorielles de la mécanique des fluides et de résolution de l'équation de Navier-Stokes

Overall organisation

7 cours magistraux et 8 TD

Bibliography

E. Guyon, J.-P. Hulin et L. Petit,
Hydrodynamique physique (EDP Sciences,
Collection Savoirs Actuels, 3ème édition, 2012)

Type of assessment

Evaluation Terminale

Subjects	ECTS	Semester	Lecture	directed study	practical class	Lecture/directed study	Lecture/practical class	directed study/practical class	dist learn co
Méthodes Numériques pour les équations aux dérivées partielles - Site ENS	3	Semestre 1	14	8	8				

Méthodes Numériques pour les équations aux dérivées partielles - Site ENS

ECTS : 3

Semester: Semestre 1

Detail

Lecture: 14

Practical study : 8

Directed study: 8

Language(s) of instruction

Français

Remote teaching

non

Prerequisites

- Cours d'analyse numérique de licence de mécanique ou UE équivalentes (introduction sur les équations aux dérivées partielles, formulation variationnelle, théorème de Lax-Milgram...).
- Cours de méthodes numériques de licence de mécanique ou UE équivalentes (résolution des systèmes linéaires, méthodes directes, méthodes itératives...).
- Notions de programmation.

Programme/contents

Chapitre 1 : Rappels sur les équations aux dérivées partielles, notion de recherche de solution numérique

- Définition et origine des EDP en physique et mécanique des milieux continus.
- Classification des EDP : elliptiques, paraboliques, hyperboliques.
- Conditions aux limites et conditions initiales : rôle et typologie (Dirichlet, Neumann, mixte).
- Notion de solution exacte vs solution numérique.
- Introduction à la discrétisation et à la nécessité des méthodes numériques pour les problèmes complexes.
- Présentation des critères d'évaluation des schémas numériques : consistance, stabilité, convergence.

Chapitre 2 : Méthode des différences finies

- Principe général de la méthode :

Subjects	ECTS	Semester	Lecture	directed study	practical class	Lecture/directed study	Lecture/practical class	directed study/practical class	directed study/practical class
Anglais - Site ENS	3	Semestre 1		20					

Anglais - Site ENS

ECTS : 3

Semester: Semestre 1

Detail

Directed study: 20

Language(s) of instruction

Anglais

Remote teaching

non

Prerequisites

Niveau B1 minimum en anglais.

Programme/contents

Consolidation des acquis lexicaux et grammaticaux dans l'objectif de pouvoir communiquer à propos de ses travaux en anglais.

Learning objectives

L'UE d'anglais a pour but de familiariser les étudiant·es avec l'anglais scientifique.

Bibliography

Mccarthy, M., & Felicity O'dell. (2008). Academic vocabulary in use. Vocabulary reference and practice: self-study and classroom use. Cambridge University Press.
 Blattes, S., Jans, V., & Upjohn, J. (2013). Minimum Competence in Scientific English. EDP Sciences.
 Wallwork, A. (2023). English for Writing Research Papers. Springer.

Type of assessment

Evaluation Continue Intégrale

UEs d'orientation S1 - 1 parmi 2

Subjects	ECTS	Semester	Lecture	directed study	practical class	Lecture/directed study	Lecture/practical class	directed study/practical class
Méthodes expérimentales	3	Semestre 1	6	8	16			



Méthodes expérimentales

ECTS : 3

Semester: Semestre 1

Detail

Lecture: 6

Practical study : 16

Directed study: 8

Language(s) of instruction

Français

Remote teaching

non

Prerequisites

Mécanique générale et mécanique des milieux continus

Algèbre et calcul matriciel

Programme/contents

Notions sur les capteurs utiles en mécanique c'est-à-dire pour mesurer déformation, déplacement, force, température.

Éléments de métrologie (au sens science de la mesure), estimation des incertitudes de mesure, propagation des incertitudes

Bases de l'identification de paramètres

Connaissances expérimentales autour des mesures de champs : principes et caractéristiques des caméras visibles et infrarouges, passage des données brutes aux données quantitatives, calibration, régularisation raisonnée et quantification des incertitudes.

Essais originaux (3D, 4D) et utilisation d'instruments avancés : tomographie X, diffraction X, caméras visibles, caméras infrarouges

Learning objectives

Savoir estimer les erreurs et les incertitudes de mesure, propager les incertitudes.

Connaitre les principaux capteurs rencontrés en mécanique, leur principe de mesure, la chaîne d'acquisition

Connaître les méthodes d'identification de paramètres et savoir choisir une stratégie expérimentale

Acquérir les notions d'instrumentation liées aux mesures de champs thermiques et cinématiques

Ouverture vers des essais originaux et les instruments avancés

Subjects	ECTS	Semester	Lecture	directed study	practical class	Lecture/directed study	Lecture/practical class	directed study/practical class	c
Systèmes Poly Articulés	3	Semestre 1	8	10	12				

Subjects	ECTS	Semester	Lecture	directed study	practical class	Lecture/directed study	practical class	directed study/practical class	other
----------	------	----------	---------	----------------	-----------------	------------------------	-----------------	--------------------------------	-------

■

Systèmes Poly Articulés

ECTS : 3

Semester: Semestre 1

Detail

Lecture: 8

Practical study : 12

Directed study: 10

Language(s) of instruction

Français

Remote teaching

non

Prerequisites

Bases en algèbre linéaire (matrices, vecteurs, transformations linéaires).

Bases de la mécanique du solide (cinématique du point, torseurs, liaisons).

Connaissances fondamentales en programmation MATLAB (calcul matriciel, manipulation de vecteurs et fonctions).

Programme/contents

Cours magistraux (8 h) :

- Cours 1 (2 h) : Introduction – transformations homogènes, paramétrage des liaisons, modélisation géométrique.
- Cours 2 (2 h) : Paramétrage Denavit-Hartenberg modifié – modèles géométriques direct et inverse.
- Cours 3 (2 h) : Modèles cinématique directe et inverse – singularités – interpolation dans l'espace des tâches et dans l'espace articulaire.
- Cours 4 (2 h) : Indicateurs de performance et modélisation dynamique et statique.

Travaux dirigés (10 h) :

- TD 1 (2 h) : Paramétrage et MGD d'un mécanisme sériel.
- TD 2 (2 h) : Résolution du modèle géométrique inverse.
- TD 3 (2 h) : Modèle cinématique et analyse des singularités.
- TD 4 et 5 (2 × 2 h) : Applications MATLAB – commande de systèmes poly-articulés.

Travaux pratiques (12 h) :

3 TP de 4h parmi plusieurs

- Pilotage d'un robot sériel 6 axes (UR10, Mitsubishi)

- Analyse de l'influence des défauts d'une imprimante 3D à structure parallèle

UEs de parcours MIP S1

Subjects	ECTS	Semester	Lecture	directed study	practical class	Lecture/directed study	Lecture/practical class	directed study/practical class	dis
Graphes pour la Modélisation et la Commande	3	Semestre 1	10	8	12				

Graphes pour la Modélisation et la Commande

ECTS : 3

Semester: Semestre 1

Detail

Lecture: 10

Practical study : 12

Directed study: 8

Language(s) of instruction

Français

Remote teaching

non

Prerequisites

Bases mathématiques sur la théorie des ensembles et le calcul matriciel.

Programme/contents

CM1 : Théorie des graphes, représentation matricielle

CM2 : graphes probabilistes (Chaine de markov, HMM)

CM3 : automate a état fini et théorie des langages

CM4 : Automates hybrides (temporels et à EDPs)

CM5 : Graphe for network and Graph neural network.

TD1 : Modélisation d'un système par un graphe et sa représentation fréquentielle

TD2 : modélisation probabiliste et calcul de vraisemblance

TD3 : Modélisation d'un automate à état et équivalence de langages

TD4 : Modélisation graphe à EDP et calcul de paramètres d'un GNN

BE1 : Exercice sur la modélisation par un graphe, par une matrice et par un graphe probabiliste et simulation comportementale

BE2 : Exercice sur la modélisation d'un système par un automate à état et par un automate hybride.

BE3 : Modélisation d'un graphe pour modéliser un réseau depuis un BDD, et apprentissage d'un comportement par un GNN.

Learning objectives

Subjects	ECTS	Semester	Lecture	directed study	practical class	Lecture/directed study	Lecture/practical class	directed study/practical class	dis lea c
Fabrication Assistée par Ordinateur	3	Semestre 1	8	2	20				

Fabrication Assistée par Ordinateur

ECTS : 3

Semester: Semestre 1

Detail

Lecture: 8

Practical study : 20

Directed study: 2

Language(s) of instruction

Français

Remote teaching

non

Programme/contents

Le module abordera les aspects suivants:

- Chaîne numérique en CFAO (STEP, STEP-NC, Post-pro, ...)
- Géométrie différentielle des courbes et surface
- Définition des courbes de Bézier et des courbes Bsplines
- Les surfaces de Bézier
- Génération de trajectoires "3 axes" (usinage par balayage, posage d'un outil, tolérance d'usinage, hauteur de crête)
- Interpolation linéaire et polynomiale des trajectoires

Un temps important sera consacré à la mise en pratique des outils, sous forme de BE et de TP :

- à l'aide d'un code Matlab pour comprendre les concepts et les choix méthodologiques
- à l'aide de 3D Experience pour appliquer les outils sur des cas concrets, avec mise en situation pratique sur machines outil à commande numérique

Learning objectives

Les objectifs de l'unité d'enseignement concernent la formation aux outils de Fabrication Assistée par Ordinateur (FAO) dans un contexte d'usinage grande vitesse et leurs intégrations dans un processus numérique de conception et de réalisation de pièces mécaniques de formes complexes (moules, matrices, prothèses, etc.). La modélisation paramétrique des courbes et surfaces, les principaux modes de calcul de trajectoire ainsi que la prise en compte de la dynamique et de l'architecture du moyen de production dans ce calcul seront étudiés.

UE de parcours MIP S2 - 3 parmi 4

Subjects	ECTS	Semester	Lecture	directed study	practical class	Lecture/directed study	Lecture/practical class	directed study/practical class	di le c
Evaluation de Performances de Systèmes Productifs	3	Semestre 2	8	10	12				

Evaluation de Performances de Systèmes Productifs

ECTS : 3

Semester: Semestre 2

Detail

Lecture: 8

Practical study : 12

Directed study: 10

Language(s) of instruction

Français

Remote teaching

non

Prerequisites

Bases sur la théorie des ensembles, le calcul matriciel et la théorie des automates à états.

Programme/contents

CM1 : Rappel sur théorie des graphes, ensembles, automates et représentation matricielle, suivi d'introduction aux réseaux de Petri

CM2 : formalisation d'un réseau de Petri pour représenter la dynamique d'un système.

CM3 : Calcul des propriétés (blocage, sauf, etc.) et des graphes de marquage et de couverture.

CM4 : Modélisation avec les concepts de temps et de probabilités

CM5 : Modélisation de systèmes complexes avec le concept de coloration

TD1 : Exercice de rappel et premier exercice de modélisation par réseaux de Petri

TD2 : Calcul des différentes propriétés d'un réseau de Petri

TD3 : Modélisation et calcul comportemental d'un réseau de Petri temporel et/ou probabiliste

TD4 : Exercice sur la modélisation d'un système complexe par un RdP coloré.

BE1 : Modélisation d'un système par un RdP et un RdP temporel

BE2 : Modélisation d'un système complexe par un RdP Coloré et simulation du comportement à l'aide d'un logiciel.

BE3 : Modélisation d'un système complexe représentant un système productif réel en RdP coloré et simulation à l'aide d'un logiciel pour valider des critères de performances

Subjects	ECTS	Semester	Lecture	directed study	practical class	Lecture/directed study	Lecture/practical class	directed study/practical class	di le c
Mise en forme des métaux	3	Semestre 2	8	2	20				

Mise en forme des métaux

ECTS : 3

Semester: Semestre 2

Detail

Lecture: 8

Practical study : 20

Directed study: 2

Language(s) of instruction

Français

Remote teaching

non

Prerequisites

Bases de mécaniques des milieux continus

Programme/contents

Usinage par enlèvement de matière (10h)

CM (2h) : Description du procédé, zones caractéristiques, modèle analytique (coupe orthogonale), coupe oblique, méthode de discrétisation d'arête

BE (4h) : Mise en place d'une simulation avec Loi de comportement de Johnson Cook et critère d'endommagement

TP (4h) : Mesure efforts in-process, confrontation modèle / réel (frottement face de dépouille), identification des paramètres

Forge (8h)

CM (2h) : Description des procédés de forgeage (laminage, matricage, estampage, etc.), modélisation simplifiée de l'état mécanique (déformation plane ou contrainte plane), loi de comportement élastique isotherme et anisotherme, viscoélasticité, critère de plasticité

TD (2h) : Prédimensionnement de l'effort de forge sur un lopin (méthode des tranches)

BE (4h) : Etude numérique du procédé à cinématique imposée (presse hydraulique, presse à excentrique) ou à énergie imposée (marteau pilon, presse à vis), défaut courant et solutions technologiques pour les éviter

Fabrication additive métallique (12h)

Cours (4h) : description des procédés selon norme ISO, Principaux paramètres/recettes/défauts pour LPBF/DED, modélisation des échanges de chaleur (équation de la chaleur, conduction, convection, rayonnement), apport d'énergie (source laser, arc

Subjects	ECTS	Semester	Lecture	directed study	practical class	Lecture/directed study	Lecture/practical class	directed study/practical class	di le c
Mesure et traitement de nuage de points	3	Semestre 2	8	6	16				

Mesure et traitement de nuage de points

ECTS : 3

Semester: Semestre 2

Detail

Lecture: 8

Practical study : 16

Directed study: 6

Language(s) of instruction

Français

Remote teaching

non

Prerequisites

Transformation rigide et modélisation par matrice homogène

Programme/contents

CM 8h :

1. Photogrammétrie 5h
 - a. géométrie projective, modèle de sténopé
 - b. Principe de calibration
 - c. Principales méthodes de traitement d'image (Filtrage canny, Hough, ...)
 - d. Géométrie épipolaire, matrice fondamentale, algo calibration
2. Méthode par triangulation 3h
 - a. Principe triangulation
 - b. Capteur laser plan
 - c. Projection de frange

TD 6h :

- 1-TD Application calibration d'une caméra 2h
- 2-TD Triangulation 2h
- 3-TD Calibration d'un capteur laser plan 2h

****BE 4h **** : Algo ICP recalage

TP 8h

- 1-Photogrammétrie : Calibration stéréo, triangulation
- 2-Mesure par projection de frange : calibration, recalage des données
- 3-Mesure capteur laser-plan : calibration, qualification des données

BE 8h :

- 1-Association : Algorithme de recalage ICP, Recalage Torseur Petit dep.
- 2-Partition : Partition nuage de point selon la courbure , calcul opérateur laplace beltrami.

Subjects	ECTS	Semester	Lecture	directed study	practical class	Lecture/directed study	Lecture/practical class	directed study/practical class	di le c
Industrie 4.0	3	Semestre 2	6		24				

Industrie 4.0

ECTS : 3

Semester: Semestre 2

Detail

Lecture: 6

Practical study : 24

Language(s) of instruction

Français

Remote teaching

non

Prerequisites

Notions élémentaires en statistiques descriptives (moyenne, écart-type, corrélation). Bases en Python.

Programme/contents

Le module abordera les aspects suivants:

- Introduction à l'Industrie 4.0 Comprendre les révolutions industrielles, la notion de système cyber-physique, et les enjeux (numériques, environnementaux, économiques).
- Technologies clés : IoT, Cloud, Big Data, IA, communication, jumeaux numériques
- Comprendre les architectures et les protocoles de communications (MES, ERP, OPC-UA, MQTT)

Un temps important sera consacré à la mise en pratique des outils, sous forme de TP :

- Découverte IoT et collecte de données (Node-RED / Influxdb/ MQTT)
- Simulation d'un processus connecté (Factory I/O)
- Réalité augmentée pour robot UR10
- Jumeau numérique simplifié

Un mini projet par groupe d'étudiants sera réalisé pour mettre en oeuvre les outils (IoT, architecture, collecte de données) afin de créer un dashboard sous Grafana.

Learning objectives

Le module Industrie 4.0 vise à initier les étudiants aux principes, technologies et enjeux de la transformation numérique des systèmes de production (procédés robotisés, machine outil à commande numérique, chaîne de production). Il a pour objectif de faire comprendre comment les

Teaching Location(s)

GIF SUR YVETTE

Contact

- **Laetitia GENTOT**
responsable pédagogique
- **Isabelle BENLARBI DELAI**
gestionnaire administrative

<http://www.universite-paris-saclay.fr/formation/master/mecanique/m1-mecanique-mecanique-et-ingenierie-de-la-production>