

Partager



Email destinataire :

Vous devez renseigner un email valide

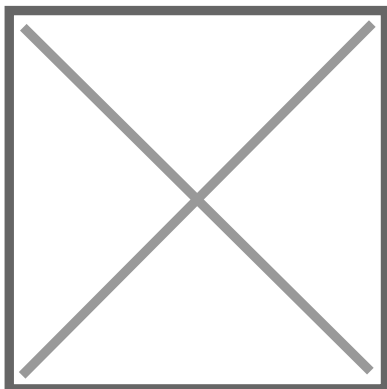
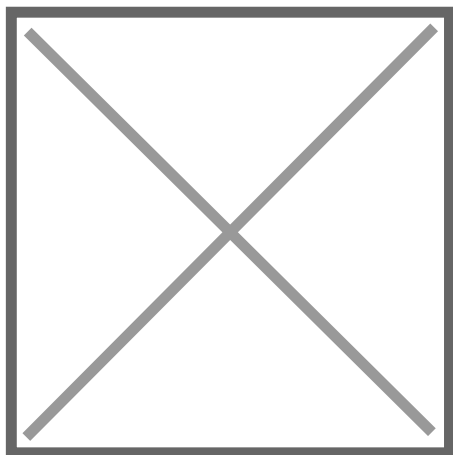
Envoyer

Une erreur est survenue. Merci de réessayer ultérieurement

Le mail de partage a bien été envoyé.

Ajouter au comparateur

M1 Mécanique - Mécanique et Ingénierie de la Production



Master

Mention Mécanique

Langue(s) d'enseignement

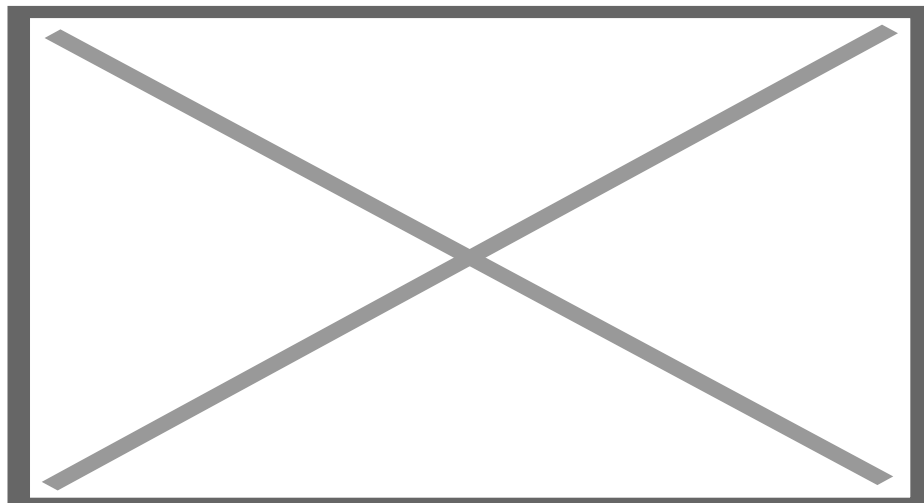
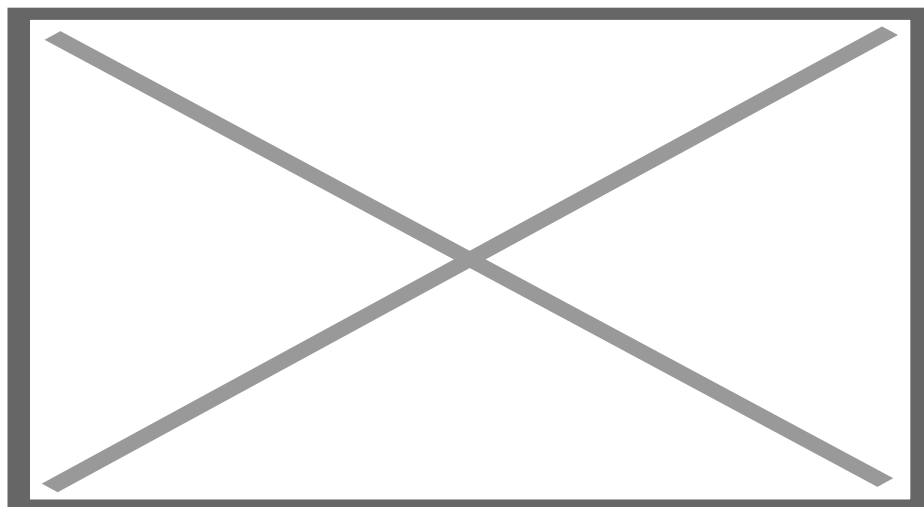
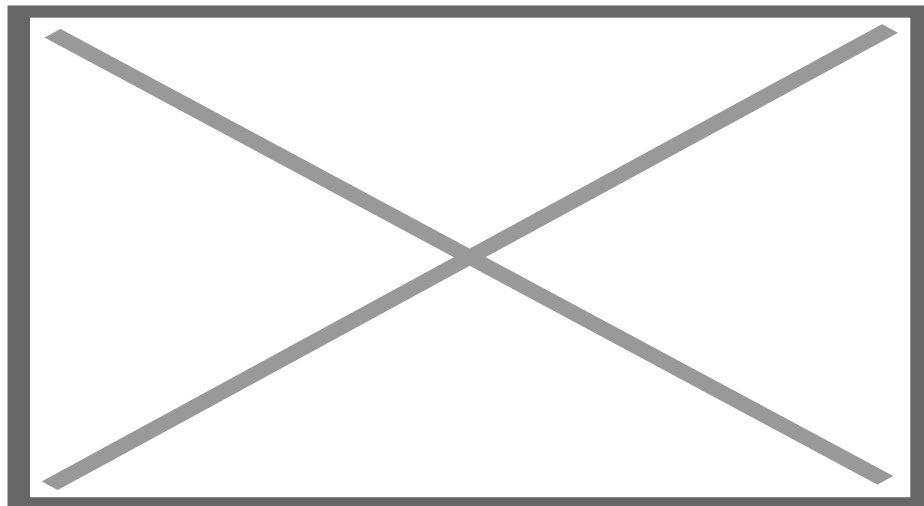
Français

Première année de Master Mécanique et Ingénierie de la Production (MIP) : une formation de haut niveau en Génie Mécanique, Productique et Industrialisation.

La première année de Master Mécanique et Ingénierie de la Production (MIP) propose une formation de haut niveau en Génie Mécanique, Productique et Industrialisation autour de 4 pôles de modules de formation qui complètent les enseignements de tronc commun.

[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.
- Mobiliser les concepts et connaissances théoriques ou pratiques dans le but d'alimenter la mise en équation d'un problème.
- Mettre en œuvre les outils de résolution de problème, analytiques, numériques ou expérimentaux, à un niveau de maîtrise (choix d'outil justifié, appropriation spécifique si besoin, et analyse critique des résultats).
- Concevoir et optimiser une solution scientifique et/ou technologique innovante dans une perspective de développement ou de recherche (ceci pouvant concerner un produit ou un protocole expérimental).

- Transmettre à l'écrit ou à l'oral de manière claire, synthétique, pédagogique des idées scientifiquement argumentées, interprétées et discutées en vue de leur valorisation et exploitation par la communauté scientifique (professionnelle ou étudiante).
- Mener à bien un projet individuel en équipe en terme organisationnel (coordination ou pilotage d'actions, gestion de projet, recul ...) et relationnel (travail d'équipe, autonomie, responsabilité, initiatives, ...).

Objectifs pédagogiques de la formation

L'orientation de première année de Master Mécanique et Ingénierie de la Production (MIP) propose une formation de haut niveau en Génie Mécanique, Productique et Industrialisation autour de 4 pôles de modules de formation qui complètent les enseignements de tronc commun :

- les matériaux et leur mise en forme,
- les modèles géométriques des pièces, des produits et des machines,
- la commande et le pilotage des systèmes de production,
- l'industrie 4.0 et les systèmes intelligents de production.

Le premier pôle s'articule autour des techniques expérimentales et numériques pour l'étude et la prévision du comportement des matériaux et des procédés de fabrication des pièces. Ces procédés incluent les techniques classiques d'usinage, de formage, ainsi que les procédés avancés tels que la fabrication additive, permettant de répondre aux enjeux de production de pièces complexes et de prototypage rapide.

Le second pôle développe les modèles actuels utilisés dans l'usine numérique pour décrire la géométrie des machines et des pièces complexes qu'elles réalisent.

Le troisième pôle s'intéresse à la conception et à la gestion des systèmes de production, à la commande des systèmes automatisés et à l'évaluation des performances.

Enfin, le quatrième pôle se consacre à l'industrie 4.0, en abordant l'intégration des systèmes cyber-physiques, l'Internet des Objets (IoT), la collecte et l'exploitation des données de production, ainsi que l'interopérabilité des systèmes pour l'optimisation des processus industriels.

Pour chacun de ces pôles, l'exposé des théories récentes prépare à la recherche et le souci de la mise en œuvre des moyens de production et de simulation numérique prépare également aux pratiques industrielles les plus avancées.

Les spécificités de la voie MIP sont les suivantes :

- Maîtrise des outils de base de description du comportement des matériaux et des procédés de fabrication et de mise en forme : déformation plastique et endommagement.
- Maîtrise des outils de conception et d'analyse de la commande des systèmes de production, qu'il s'agisse de systèmes continus linéaires, de systèmes à événements discrets ou de systèmes hybrides.
- Maîtrise des modèles de description des courbes et surfaces polynomiales pour le reverse engineering et la commande de structures mécaniques articulées.
- Pratique d'outils pour l'industrialisation et la gestion : logiciels de simulation, outils de Fabrication Assistée par Ordinateur (FAO) et de Gestion de Production Assistée par Ordinateur (GPAO), optimisation.
- Utilisation des technologies de l'industrie 4.0 : collecte et traitement des données de production en temps réel, jumeaux numériques pour l'optimisation des lignes de production.

Débouchés

Professionnels

Après Master + Doctorat : chercheur ou enseignant-chercheur

Après un Master ou Master + Doctorat : ingénieur (R&D, contrôle, production...)

enseignant.e-chercheur.se (après un doctorat)

Ingénieur de recherche ou d'études

Poursuite d'études

Ecole d'ingénieur mécanique ou génie mécanique

Master en ingénierie ou génie mécanique

Master Métiers de l'enseignement

Agenda

Début de la formation (date indicative)

31/08/2026

Fin de la formation (date indicative)

05/09/2027

Admission

Voie d'accès

Physique

Mécanique

Sciences et technologies

Sciences pour l'ingénieur

Capacité d'accueil

Places

24

Public visé et prérequis

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

Plateforme Inception

Du 15/01/2026 au 16/03/2026

Plateforme MonMaster

Du 17 février au 16 mars 2026

Pour connaître la plateforme sur laquelle vous devez candidater, vous trouverez plus de renseignements sur la page [Candidater à nos masters](#). Vous trouverez ci-dessous la liste des pièces justificatives demandées sur la plateforme Inception.

Pièces justificatives

Obligatoires

Lettre de motivation.

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

Attestation de français (obligatoire pour les non francophones).

Curriculum Vitae.

Facultatives

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>.

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

UEs d'orientation S1

Matières	ECTS	Semestre	Cours	TD	TP	Cours- TD	Cours- TP	TD- TP	A distance	Projet	Tutorat
Sciences des matériaux MIP/MMS	3	Semestre 1	10	12	8						

Sciences des matériaux MIP/MMS

ECTS : 3

Semestre calendaire : Semestre 1

Détail du volume horaire

Cours magistraux : 10

Travaux pratiques : 8

Travaux dirigés : 12

Langue d'enseignement

Français

Enseignement à distance

non

Prérequis

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

Programme / plan / contenus

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 changements.

CHAPITRE 4 - CINETIQUE DE TRANSFORMATION

Compléments d'analyse thermique,

Diffusion,

Introduction à la fonderie et aux traitements thermiques

Objectifs d'apprentissage

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 mise en forme. Le cours débute par une description du lien entre les liaisons chimiques, la structure et le comportement thermoélastique des matériaux. La compréhension de la microstructure des matériaux est indispensable à celle du comportement général d'une pièce dans son milieu. Les concepts fondamentaux de cristallographie, applicables à tous les matériaux

Matières	ECTS	Semestre	Cours	TD	TP	Cours- TD	Cours- TP	TD- TP	A distance	Projet	Tutorat
<u>Outils d'IA pour la mécanique</u>	3	Semestre 1	9.5		20.5						

Outils d'IA pour la mécanique

ECTS : 3

Semestre calendaire : Semestre 1

Détail du volume horaire

Cours magistraux : 9.5

Travaux pratiques : 20.5

Langue d'enseignement

Français

Enseignement à distance

non

Prérequis

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 / plan / contenus

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

BE : identification d'un modèle élasto-visco-plastique expérimental

4. Séries temporelles (4 h = 1h30 CM + 2h30 BE)

Analyse de signaux temporels, RNN/LSTM, mécanismes d'attention

Exemples en mécanique : acoustique de rupture, signaux

Matières	ECTS	Semestre	Cours	TD	TP	Cours- TD	Cours- TP	TD- TP	A distance	Projet	Tutorat
Méthodes des éléments finis	3	Semestre 1	12	4	14						

Méthodes des éléments finis

ECTS : 3

Semestre calendaire : Semestre 1

Détail du volume horaire

Cours magistraux : 12

Travaux pratiques : 14

Travaux dirigés : 4

Langue d'enseignement

Français

Enseignement à distance

non

Prérequis

Bases de Mécanique des Milieux Continus Solides

Programme / plan / contenus

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, suivies 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 axisymétriques. L'UE se termine sur un BE long sous forme de mini-projet.

Objectifs d'apprentissage

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 d'éléments (éléments massifs ou éléments de structure, degré d'interpolation), choix de maillage (densité/taille de maille, raccords entre éléments différents), méthode de résolution, post-traitement.

Après cette UE, les étudiants devraient être en mesure d'effectuer des choix pertinents et éclairés lors de l'utilisation de codes MEF commerciaux ou de recherche

UEs d'orientation S2

Matières	ECTS	Semestre	Cours	TD	TP	Cours- TD	Cours- TP	TD- TP	A distance	Projet	Tutorat
Plasticité microcristalline et tridimensionnelle	3	Semestre 2	12	10	8						

Matières	ECTS	Semestre	Cours	TD	TP	Cours- TD	Cours- TP	TD- TP	A distance	Projet	Tutorat
■											

Plasticité microcristalline et tridimensionnelle

ECTS : 3

Semestre calendaire : Semestre 2

Détail du volume horaire

Cours magistraux : 12

Travaux pratiques : 8

Travaux dirigés : 10

Langue d'enseignement

Français

Enseignement à distance

non

Prérequis

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

Programme / plan / contenus

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

Objectifs d'apprentissage

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 de base qui permettent une description des microstructures des matériaux ont été vus dans le module "sciences des matériaux". Le lien entre la

Matières	ECTS	Semestre	Cours	TD	TP	Cours- TD	Cours- TP	TD- TP	A distance	Projet	Tutorat
Ingénierie mécanique durable : de la matière au produit	3	Semestre 2	8	2	20						

Ingénierie mécanique durable : de la matière au produit

ECTS : 3

Semestre calendaire : Semestre 2

Détail du volume horaire

Cours magistraux : 8

Travaux pratiques : 20

Travaux dirigés : 2

Langue d'enseignement

Français

Enseignement à distance

non

Prérequis

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 / plan / contenus

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 composite recyclé

Aspect fabrication, impact de cette phase. Les critères liés à l'environnement seront pris en compte, notamment au travers :

- Impact du moyen d'obtention de brut.

Matières	ECTS	Semestre	Cours	TD	TP	Cours- TD	Cours- TP	TD- TP	A distance	Projet	Tutorat
Optimisation topologique pour la fabrication additive	3	Semestre 2	14		16						

Optimisation topologique pour la fabrication additive

ECTS : 3

Semestre calendaire : Semestre 2

Détail du volume horaire

Cours magistraux : 14

Travaux pratiques : 16

Langue d'enseignement

Français

Enseignement à distance

non

Prérequis

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 / plan / contenus

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).

Objectifs d'apprentissage

L'objectif général est d'introduire les ingrédients de base

Stage Industriel ou de Recherche

Matières	ECTS	Semestre	Cours	TD	TP	Cours- TD	Cours- TP	TD- TP	A distance	Projet	Tutorat
Stage ou Projet Industriel ou de Recherche MIP	12	Semestre 2									
■											

Stage ou Projet Industriel ou de Recherche MIP

ECTS : 12

Semestre calendaire : Semestre 2

Langue d'enseignement

Français

Enseignement à distance

non

Prérequis

Connaissances acquises durant l'année de M1.

Organisation générale et modalités pédagogiques

16 semaines de stage minimum.

Nature de l'évaluation

Evaluation Continue non Intégrale

Socle Tronc Commun

Matières	ECTS	Semestre	Cours	TD	TP	Cours- TD	Cours- TP	TD- TP	A distance	Projet	Tutorat
MMC Solides - Site ENS	3	Semestre 1	14		16						



MMC Solides - Site ENS

ECTS : 3

Semestre calendaire : Semestre 1

Détail du volume horaire

Cours magistraux : 14

Travaux dirigés : 16

Langue d'enseignement

Français

Enseignement à distance

non

Prérequis

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

Programme / plan / contenus

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 problèmes élémentaires 3D (exemple de résolution de problème d'arc en HPP, en TD).

CHAPITRE 5: THEOREMES DE L'ENERGIE EN

Matières	ECTS	Semestre	Cours	TD	TP	Cours- TD	Cours- TP	TD- TP	A distance	Projet	Tutorat
MMC Fluides - Site ENS	3	Semestre 1	14	16							
■											

MMC Fluides - Site ENS

ECTS : 3

Semestre calendaire : Semestre 1

Détail du volume horaire

Cours magistraux : 14

Travaux dirigés : 16

Langue d'enseignement

Français

Enseignement à distance

non

Prérequis

Maîtrise des équations aux dérivées partielles

Programme / plan / contenus

- 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

Objectifs d'apprentissage

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

Organisation générale et modalités pédagogiques

7 cours magistraux et 8 TD

Bibliographie

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

Nature de l'évaluation

Evaluation Terminale

Matières	ECTS	Semestre	Cours	TD	TP	Cours- TD	Cours- TP	TD- TP	A distance	Projet	Tutorat
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

Semestre calendaire : Semestre 1

Détail du volume horaire

Cours magistraux : 14

Travaux pratiques : 8

Travaux dirigés : 8

Langue d'enseignement

Français

Enseignement à distance

non

Prérequis

- 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 / plan / contenus

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 : approximation des dérivées par des différences sur un maillage régulier.
- Schémas explicites et implicites pour les EDP temporelles.
- Analyse de la consistance et de la stabilité des schémas (ex. critère de Courant-Friedrichs-Lewy pour les équations hyperboliques).
- Applications à des problèmes modèles : équation de la chaleur, équation d'onde, équation de Laplace.

Matières	ECTS	Semestre	Cours	TD	TP	Cours- TD	Cours- TP	TD- TP	A distance	Projet	Tutorat
Anglais - Site ENS	3	Semestre 1		20							
■											

Anglais - Site ENS

ECTS : 3

Semestre calendaire : Semestre 1

Détail du volume horaire

Travaux dirigés : 20

Langue d'enseignement

Anglais

Enseignement à distance

non

Prérequis

Niveau B1 minimum en anglais.

Programme / plan / contenus

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

Objectifs d'apprentissage

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

Bibliographie

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.

Nature de l'évaluation

Evaluation Continue Intégrale

UEs d'orientation S1 - 1 parmi 2

Matières	ECTS	Semestre	Cours	TD	TP	Cours- TD	Cours- TP	TD- TP	A distance	Projet	Tutorat
Méthodes expérimentales	3	Semestre 1	6	8	16						

Méthodes expérimentales

ECTS : 3

Semestre calendaire : Semestre 1

Détail du volume horaire

Cours magistraux : 6

Travaux pratiques : 16

Travaux dirigés : 8

Langue d'enseignement

Français

Enseignement à distance

non

Prérequis

Mécanique générale et mécanique des milieux continus

Algèbre et calcul matriciel

Programme / plan / contenus

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

Objectifs d'apprentissage

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

Organisation générale et modalités pédagogiques

Un polycopié pour des connaissances sur les capteurs/la métrologie/les incertitudes à lire en autonomie. À valider

Matières	ECTS	Semestre	Cours	TD	TP	Cours- TD	Cours- TP	TD- TP	A distance	Projet	Tutorat
<u>Systèmes Poly Articulés</u>	3	Semestre 1	8	10	12						

Systèmes Poly Articulés

ECTS : 3

Semestre calendaire : Semestre 1

Détail du volume horaire

Cours magistraux : 8

Travaux pratiques : 12

Travaux dirigés : 10

Langue d'enseignement

Français

Enseignement à distance

non

Prérequis

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 / plan / contenus

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
- ...

Obiectifs d'apprentissage

UEs de parcours MIP S1

Matières	ECTS	Semestre	Cours	TD	TP	Cours- TD	Cours- TP	TD- TP	A distance	Projet	Tutorat
Graphes pour la Modélisation et la Commande	3	Semestre 1	10	8	12						

Matières	ECTS	Semestre	Cours	TD	TP	Cours- TD	Cours- TP	TD- TP	A distance	Projet	Tutorat
■											

Graphes pour la Modélisation et la Commande

ECTS : 3

Semestre calendaire : Semestre 1

Détail du volume horaire

Cours magistraux : 10

Travaux pratiques : 12

Travaux dirigés : 8

Langue d'enseignement

Français

Enseignement à distance

non

Prérequis

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

Programme / plan / contenus

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.

Objectifs d'apprentissage

L'objectif de ce module est de comprendre l'intérêt et l'utilité d'une modélisation d'un système quelconque par la théorie des graphes, et de la possibilité d'étendre les graphes suivant le système en utilisant les concepts existants. Ceci permet à l'étudiant de développer des compétences primordiales en modélisation et simulation, et à l'identification de systèmes à partir de données.

Matières	ECTS	Semestre	Cours	TD	TP	Cours- TD	Cours- TP	TD- TP	A distance	Projet	Tutorat
<u>Fabrication Assistée par Ordinateur</u>	3	Semestre 1	8	2	20						

Fabrication Assistée par Ordinateur

ECTS : 3

Semestre calendaire : Semestre 1

Détail du volume horaire

Cours magistraux : 8

Travaux pratiques : 20

Travaux dirigés : 2

Langue d'enseignement

Français

Enseignement à distance

non

Programme / plan / contenus

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

Objectifs d'apprentissage

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.

Organisation générale et modalités pédagogiques

8h de cours + 10h TD/BE + 12h de TP

Compétences

À l'issue du module, l'étudiant sera capable de :

UE de parcours MIP S2 - 3 parmi 4

Matières	ECTS	Semestre	Cours	TD	TP	Cours- TD	Cours- TP	TD- TP	A distance	Projet	Tutorat
Evaluation de Performances de Systèmes Productifs	3	Semestre 2	8	10	12						

Evaluation de Performances de Systèmes Productifs

ECTS : 3

Semestre calendaire : Semestre 2

Détail du volume horaire

Cours magistraux : 8

Travaux pratiques : 12

Travaux dirigés : 10

Langue d'enseignement

Français

Enseignement à distance

non

Prérequis

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

Programme / plan / contenus

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

Objectifs d'apprentissage

Matières	ECTS	Semestre	Cours	TD	TP	Cours- TD	Cours- TP	TD- TP	A distance	Projet	Tutorat
<u>Mise en forme des métaux</u>	3	Semestre 2	8	2	20						

Mise en forme des métaux

ECTS : 3

Semestre calendaire : Semestre 2

Détail du volume horaire

Cours magistraux : 8

Travaux pratiques : 20

Travaux dirigés : 2

Langue d'enseignement

Français

Enseignement à distance

non

Prérequis

Bases de mécanique des milieux continus

Programme / plan / contenus

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, joule)

BE (4h) : simulation thermique numérique méthode flash (Matlab) ou sur Abaqus/Ansys

TP (4h) : Mesures thermiques par diode (LPBF) ou caméras thermiques coaxiales et hors axe (Laser Fil)

Matières	ECTS	Semestre	Cours	TD	TP	Cours- TD	Cours- TP	TD- TP	A distance	Projet	Tutorat
Mesure et traitement de nuage de points	3	Semestre 2	8	6	16						

Matières	ECTS	Semestre	Cours	TD	TP	Cours- TD	Cours- TP	TD- TP	A distance	Projet	Tutorat
■											

Mesure et traitement de nuage de points

ECTS : 3

Semestre calendaire : Semestre 2

Détail du volume horaire

Cours magistraux : 8

Travaux pratiques : 16

Travaux dirigés : 6

Langue d'enseignement

Français

Enseignement à distance

non

Prérequis

Transformation rigide et modélisation par matrice homogène

Programme / plan / contenus

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.

Objectifs d'apprentissage

Matières	ECTS	Semestre	Cours	TD	TP	Cours- TD	Cours- TP	TD- TP	A distance	Projet	Tutorat
<u>Industrie 4.0</u>	3	Semestre 2	6		24						

Industrie 4.0

ECTS : 3

Semestre calendaire : Semestre 2

Détail du volume horaire

Cours magistraux : 6

Travaux pratiques : 24

Langue d'enseignement

Français

Enseignement à distance

non

Prérequis

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

Programme / plan / contenus

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.

Objectifs d'apprentissage

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 technologies connectées – Internet des Objets (IoT), intelligence artificielle, Big Data, cloud computing et jumeaux numériques – révolutionnent l'industrie moderne. Les étudiants découvrent les architectures des systèmes cyber-physiques, l'interopérabilité entre équipements, la collecte et

Lieu(x) d'enseignement

GIF SUR YVETTE

Contact(s)

- **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>