

Share

Email destinataire :

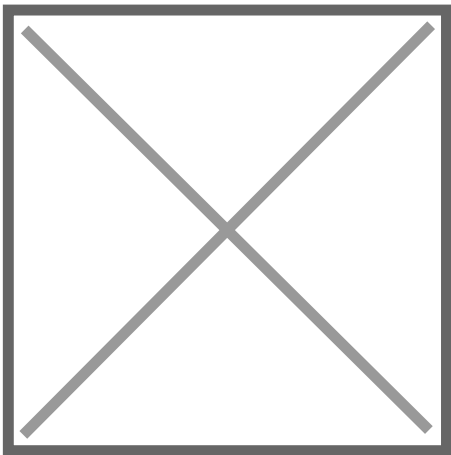
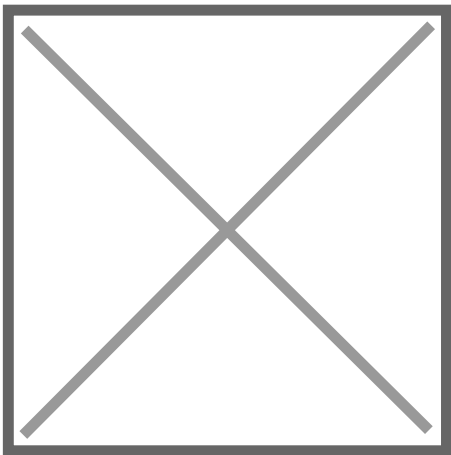
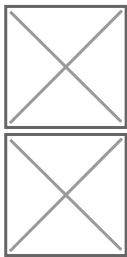
Vous devez renseigner un email valide

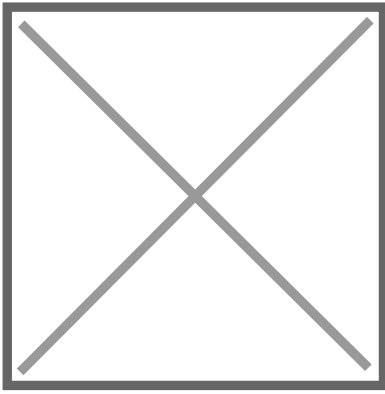
Envoyer

Une erreur est survenue. Merci de réessayer ultérieurement
Le mail de partage a bien été envoyé.

Add to Compare

M2 Advanced Manufacturing and Smart Systems





Master's degree

Specialisations Mechanics | Industrial Engineering

Enrolment type

Full-time academic programmes

Language(s) of instruction

English French

The AMSS track (Advanced Manufacturing and Smart Systems) provides training in intelligent production systems, digital twins, and advanced simulation approaches applied to the factory of the future.

The AMSS program combines a common core focused on applied science courses and projects with two specialization tracks (1 track to choose from) :

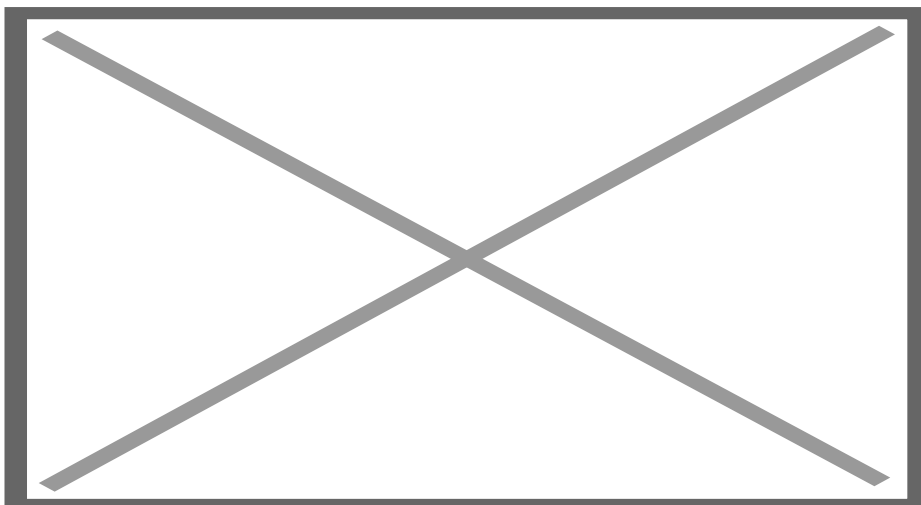
- **IN2P** (*Numerical Engineering for Product and Process*), focused on multiphysics simulation, additive manufacturing, and convergent manufacturing.
- **CSC** (*Complex Systems Design*), centered on the modeling of cyber-physical systems, systems engineering, and discrete-event simulation.

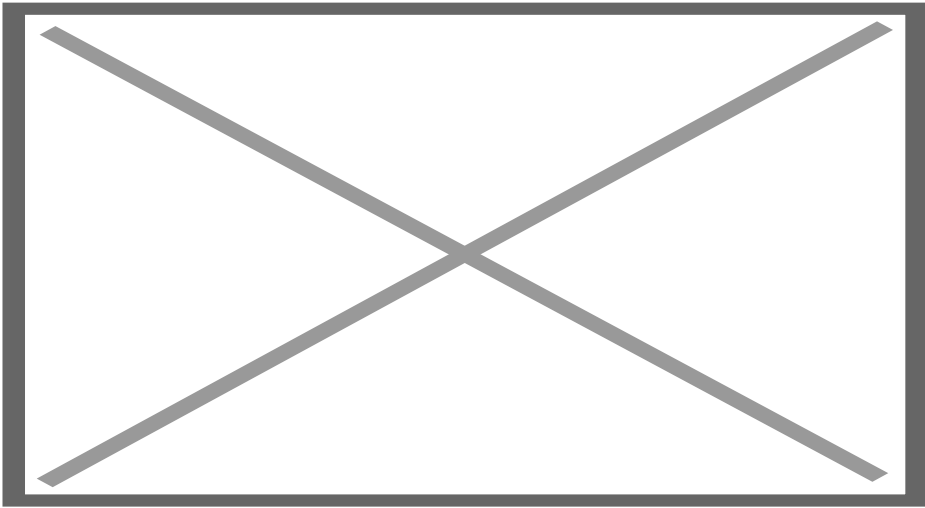
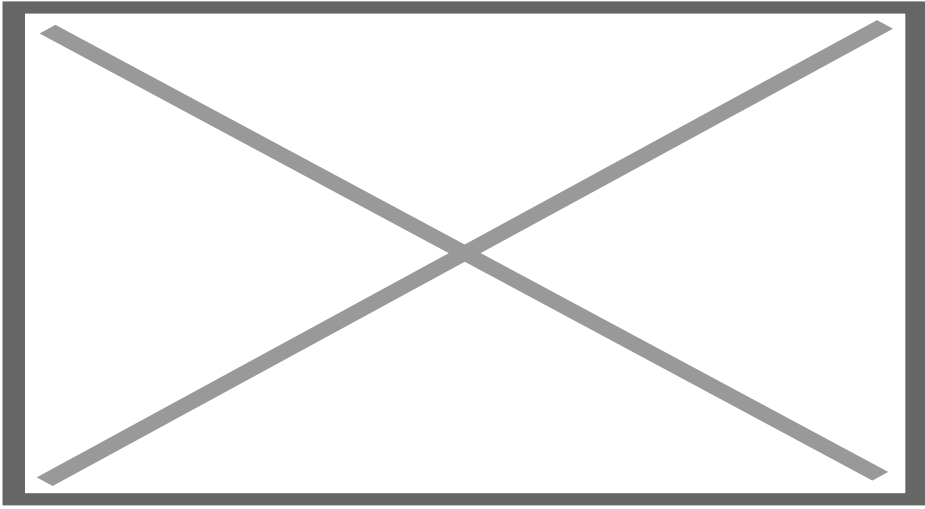
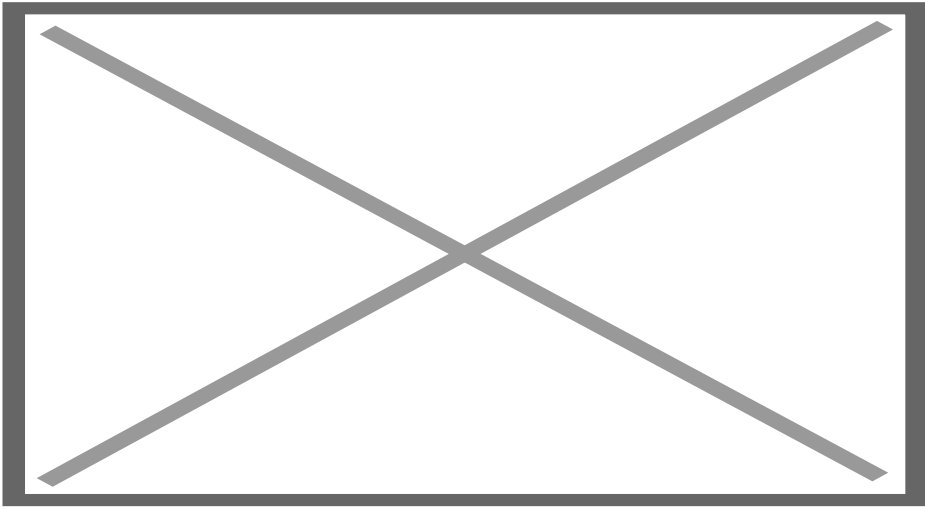
The first semester alternates lectures, tutorials, practicals, and projects, while the second semester is dedicated to a research internship or R&D project in a laboratory or industrial environment.

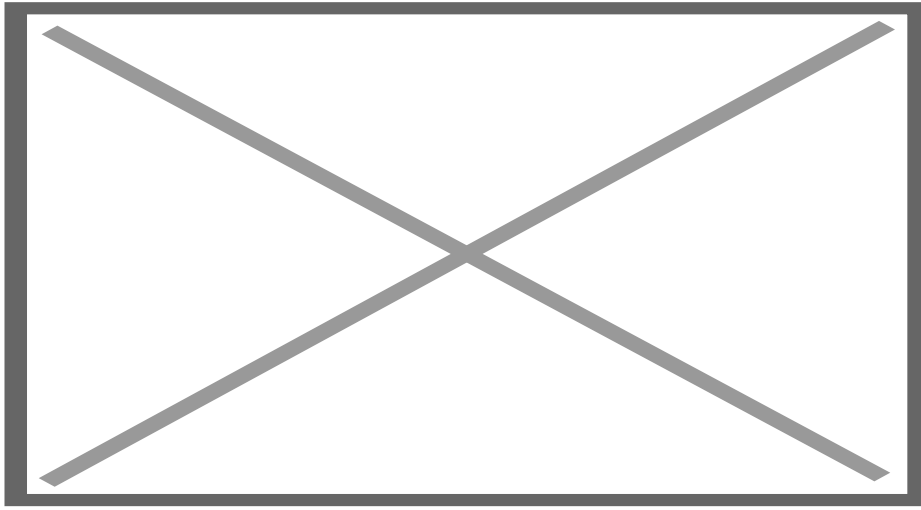
[More information here.](#)

[Télécharger la fiche détaillée](#)

[Apply Now](#)







Information

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

Présentation

Skills

- Design and deployment of digital twins for products and processes.
- Multiphysics and discrete-event simulation for complex systems analysis.
- Optimization and control of advanced processes (including additive manufacturing and hybrid processes).
- Mastery of numerical engineering tools for innovation and industrial transfer.

Objectives

The Advanced Manufacturing and Smart Systems Master program meets a real today industrial need in terms of engineering and research, combining major themes of the industry of the future, in particular the optimization of the manufacturing processes, and of the automatic control of critical systems. This master's program has multiple objectives:

- Acquire the scientific, theoretical, and practical knowledge necessary for future research engineers in mechanical engineering and/or automation.
- Acquire and learn how to apply cross-disciplinary skills enabling participation in research and development projects (analysis of articles and patents, development of computer prototypes, oral communication, report writing, etc.).
- Develop expertise in multiphysics modeling and numerical simulation for advanced processes.

- Train students in the use of digital twins for the design, monitoring, and optimization of production systems.
- Prepare for industrial challenges in the factory of the future, integrating cyber-physical systems, artificial intelligence, and multi-scale optimization.

Débouchés

Career prospects

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

After a Master's + PhD: researcher or lecturer

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

Ingenieur R&D

ingénieur étude conception

R&D Project Manager

Ingénieur d'études industrie / recherche publique

Calendar

Start of programme (indicative date)

07/09/2026

Admission

Capacity

Available Places

24

Target Audience and Entry Requirements

- Students with a Master 1 (or equivalent) background in mechanical engineering, industrial engineering, control/automation, computer science, or related fields.
- Graduates from engineering schools aiming to specialize in digital engineering, advanced processes, and smart systems.
- The program requires strong skills in applied mathematics and, depending on the chosen track: multiphysics modeling of mechanical systems and manufacturing processes, or the modeling and

control of linear and discrete-event systems.

- Interest in research and innovation in intelligent systems, advanced manufacturing, and digital engineering.
- Good command of English.

Période(s) de candidature

Inception Platform

From 01/02/2026 to 30/06/2026

Supporting documents

Compulsory supporting documents

Rank of previous year and size of the promotion.

Motivation letter.

Letter of recommendation or internship evaluation.

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

Curriculum Vitae.

Additional supporting documents

Certificate of English level.

Certificate of English level (compulsory for non-English speakers).

B2 level required as a minimum

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

Every documents and achievements which could support the candidacy (report, case study, partnership prospectus, event creation, etc.).

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

Ingénierie Numérique Produit Process

Tronc commun S1

Subjects	ECTS	Semester	Lecture	directed study	practical class	Lecture/directed study	Lecture/practical class	directed study/practical class	d
Méthodologie de la recherche	2	Semestre 1							

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

■

Méthodologie de la recherche

ECTS : 2

Semester: Semestre 1

Language(s) of instruction

Français

Remote teaching

non

Programme/contents

Connaissance du monde de la recherche (CM : 2h)

Identifier et décrire la structuration du monde de la recherche, ses acteurs, ses institutions et ses indicateurs.

Appliquer les bonnes pratiques de la recherche scientifique, notamment en matière d'intégrité et d'éthique.

Recherche et analyse documentaire (CM : 5h, TP : 4h)

Conduire une recherche bibliographique efficace en utilisant les bases de données scientifiques et les outils de veille documentaire appropriés.

Analyser de manière critique des articles scientifiques en identifiant leur problématique, leur méthodologie, leurs résultats et leurs contributions.

Évaluer la qualité et la pertinence d'une publication scientifique en appliquant des critères méthodologiques rigoureux.

Réaliser une synthèse bibliographique cohérente et structurée sur un sujet de recherche nouveau ou émergent.

Rédaction scientifique (CM : 3h)

Rédiger un article ou communication scientifique en respectant les normes académiques (structure IMRaD, citation, références bibliographiques).

Structurer un argumentaire scientifique en articulant de manière logique problématique, revue de littérature, méthodologie, résultats et discussion.

Maîtriser les techniques fondamentales de l'écriture scientifique.

Communication scientifique (CM : 2h, TP : 4h)

Présenter et défendre oralement un travail de synthèse bibliographique.

Learning objectives

Subjects	ECTS	Semester	Lecture	directed study	practical class	Lecture/directed study	Lecture/practical class	directed study/practical class	d
Machine Learning	3	Semestre 1	12		18				

Subjects	ECTS	Semester	Lecture	directed study	practical class	Lecture/directed study	Lecture/practical class	directed study/practical class	d
■									

Machine Learning

ECTS : 3

Semester: Semestre 1

Detail

Lecture: 12

Practical study : 18

Language(s) of instruction

Français

Remote teaching

non

Prerequisites

- Niveau mathématique Licence 3 scientifique

Programme/contents

Les techniques d'optimisation et de machine learning présentées dans ce module sont regroupées dans les 3 grandes parties suivantes :

Optimisation linéaire (CM : 4h, BE : 4h)

Optimisation non linéaire et complexité algorithmique (CM : 4h, BE : 4h)

Algorithme de clustering, Autoencoder, LSTM, CNN et PNN (Physical Neural Network). (CM : 4h BE : 10h)

Théories mathématiques.

Mise en œuvre des algorithmes de clustering et autoencoder.

Mise en œuvre des algorithmes de LSTM, CNN et PNN.

Learning objectives

L'objectif de cette UE est de donner des compétences sur la connaissance et l'utilisation des techniques d'optimisation et de machine learning existant dans la littérature et en Ingénierie.

Overall organisation

Les théories et concepts seront vus en cours, puis appliqués au travers des séances de bureaux d'études (BE). Les sujets et les cas d'application traités en BE seront différents suivant le cursus choisi par l'étudiant.

Skills

Subjects	ECTS	Semester	Lecture	directed study	practical class	Lecture/directed study	Lecture/practical class	directed study/practical class	d
Anglais scientifique	2	Semestre 1	0	20					

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

■

Anglais scientifique

ECTS : 2

Semester: Semestre 1

Detail

Lecture: 0

Directed study: 20

Language(s) of instruction

Anglais

Remote teaching

non

Prerequisites

- Niveau B2 en anglais

Programme/contents

Anglais scientifique (TD : 20h)

Consolider les acquis lexicaux et grammaticaux avec une attention particulière pour l'anglais de la recherche.

Initier les étudiants à la rédaction scientifique et notamment des review papers.

Ecriture et analyse d'abstracts

Learning objectives

Cette UE a pour but de familiariser les étudiants avec l'anglais scientifique (rédaction d'articles de recherche).

Overall organisation

Les différentes séances de cette UE sont synchronisées avec les UE "méthodologie de la recherche" et "Preuve de Concept" afin d'appliquer les notions sur des exemples (articles scientifiques) en lien avec les thématiques du parcours et des cursus.

Bibliography

- Wallwork, A. (2013) English for Writing Research Papers, Springer.
- 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.

Subjects	ECTS	Semester	Lecture	directed study	practical class	Lecture/directed study	Lecture/practical class	directed study/practical class	d
Techniques et outils pour la preuve de concepts	4	Semestre 1	12	6	12				

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

Techniques et outils pour la preuve de concepts

ECTS : 4

Semester: Semestre 1

Detail

Lecture: 12

Practical study : 12

Directed study: 6

Language(s) of instruction

Français

Remote teaching

non

Prerequisites

- Maitrise d'un langage de programmation Python ou Matlab

Programme/contents

Accompagnement des étudiants dans la réalisation d'une preuve de concept issue d'un article de recherche, en leur fournissant les outils, méthodes et étapes nécessaires pour mener à bien leur projet.

Présentation du module (CM : 2h)

Introduction à la démarche de preuve de concept.

Présentation des attentes du projet.

Sélection et répartition des sujets.

Prise en main d'outils (CM : 4h, TD : 4h)

Utilisation de Jupyter Notebook, Git et mise en place de l'environnement de travail.

Outils de visualisation et de représentation des données.

Exemples de preuves de concept (TP : 8h)

Études de cas appliquées à des travaux de recherche issus de chaque cursus (IN2P ou CSC).

Projet personnel (TP : 12h)

Travail personnel sur le projet.

Trois séances de revue de projet (jalons intermédiaires).

Learning objectives

Cette UE propose un projet encadré visant à reproduire les résultats d'un article de recherche récent en lien avec les travaux des enseignants-chercheurs du parcours. Les étudiants y apprennent les bases du génie logiciel pour

Subjects	ECTS	Semester	Lecture	directed study	practical class	Lecture/directed study	Lecture/practical class	directed study/practical class	d
Digital Twins for Advanced Manufacturing	4	Semestre 1							

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

Digital Twins for Advanced Manufacturing

ECTS : 4

Semester: Semestre 1

Language(s) of instruction

Anglais

Remote teaching

non

Prerequisites

- Basics of Production Systems
- Basics of Engineering Design
- Knowledge of System Engineering

Programme/contents

Cyber-Physical Production Systems (CPPS) and Industrie 4.0 (I4.0) (CM : 6h)

Introduction to CPPS: definitions; models; architectures; standards; applications

Digital transformation of manufacturing: I4.0 concepts; reference architectures; standards

I4.0 enabling technologies: IIOT and cloud manufacturing; big data, analytics and AI; simulation; AR/VR/XR and industrial metaverse; interoperability and integration; cybersecurity

From I4.0 to Industrie 5.0: Reliability, Robustness, and Resilience in manufacturing; manufacturing for sustainability; human-centric manufacturing

Biological transformation of manufacturing: bioinspired manufacturing; biointegrated manufacturing; biointelligent manufacturing

Digital Twin (DT) Engineering (CM : 8h)

Introduction to DT: definitions and building blocks

DT conceptual models; value chain; characteristics; reference architectures; maturity models

DT data and models: Model Based System Engineering; Model Driven Engineering; Data and AI for DT; DT modeling and simulation (M&S)

DT Verification, Validation and Uncertainty Quantification (VVUQ)

DT standards and softwares

DT applications in manufacturing

DT Labs and Project (TD : 4h, TP : 12h)

Hands-on laboratory project work involving Digital Twin technologies and Cyber-Physical

Tronc commun S2 : Stage de recherche

Subjects	ECTS	Semester	Lecture	directed study	practical class	Lecture/directed study	Lecture/practical class	directed study/practical class	distance learning
Stage de recherche	30	Semestre 2	2						

Stage de recherche

ECTS : 30

Semester: Semestre 2

Language(s) of instruction

Français

Remote teaching

non

Learning objectives

Le stage de recherche a pour objectif d'initier l'étudiant à la recherche par la pratique, en lui permettant de développer un projet de recherche personnel au sein d'une équipe expérimentée. Il peut se dérouler dans l'un des laboratoires associés à la formation, dans un autre laboratoire de recherche en France ou à l'étranger, ou encore au sein d'un service R&D d'une entreprise.

Special teaching arrangements

Durée minimale du stage de 21 semaines

Type of assessment

Evaluation Terminale

Cursus IN2P : Ingénierie Numérique Produit Process

Subjects	ECTS	Semester	Lecture	directed study	practical class	Lecture/directed study	Lecture/practical class	directed study/practical class	distance learning
Advanced Manufacturing	3	Semestre 1	12		18				

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

■

Advanced Manufacturing

ECTS : 3

Semester: Semestre 1

Detail

Lecture: 12

Practical study : 18

Language(s) of instruction

Français

Remote teaching

non

Prerequisites

- Matériaux : notion de plasticité
- Mécanique des milieux continus

Programme/contents

Procédé d'usinage, étude de la coupe (CM : 8h, TP : 14h, BE : 4h)

Étude de la Formation du copeau ; Géométrie outil ; Loi d'usure ; Efforts de coupe. (Merchant), mise en évidence du COM, Méthode par discrétisation d'arête.

Vibration en usinage : lobes de stabilité.

Modélisation numérique de la coupe

Travaux pratiques sur la modélisation des actions mécaniques.

Procédé de fabrication additive (CM : 4h)

Fabrication additive, principaux procédés

Études des contraintes résiduelles

Learning objectives

Cette UE permet aux étudiants de mener l'analyse d'un problème de fabrication additive et soustractive et de mettre en place les outils analytiques de modélisation des phénomènes macroscopiques liés à la fabrication.

Overall organisation

Ce module s'appuie sur un enseignement théorique fortement illustré par des activités pratiques centrées sur l'analyse de phénomène physique.

Skills

- Modéliser les efforts mécaniques de coupe.
- Relier l'intégrité de la surface usinée aux paramètres de coupe.

Subjects	ECTS	Semester	Lecture	directed study	practical class	Lecture/directed study	Lecture/practical class	directed study/practical class	d
Modélisation et commande des systèmes robotiques	3	Semestre 1	12	12	6				

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

Modélisation et commande des systèmes robotiques

ECTS : 3

Semester: Semestre 1

Detail

Lecture: 12

Practical study : 6

Directed study: 12

Language(s) of instruction

Français

Remote teaching

non

Prerequisites

- Notions élémentaires d'algèbre linéaire, de mécanique du solide, de contrôle des systèmes linéaires

Programme/contents

Partie géométrie et cinématique (CM : 6h, TD : 4h, TP : 2h, BE : 4h)

Description géométrique des systèmes polyarticulés et modélisation des limites et performances cinématiques : opérateur de transformations homogènes, paramétrage de Denavit et Hartenberg modifié, paramétrages des orientations des bases, modèles cinématiques directs et inverses

Partie dynamique (CM : 4h, TD : 6h)

Modélisation dynamique des systèmes à plusieurs corps : théorèmes généraux, principe des puissances virtuelles, formalisme de Lagrange, formalisme de Newton-Euler et méthode de double récurrence

Partie Contrôle (CM : 2h, TD : 2h)

Techniques de contrôle, réglage : architectures industrielles et avancées, comparaison des solutions PID - forme prédictive (RST), intégration de la dynamique dans le contrôle, contrôle par découplage non linéaire dans l'espace articulaire et dans l'espace opérationnel.

Learning objectives

L'objectif de cette UE est de donner aux étudiants les compétences nécessaires pour comprendre comment modéliser, évaluer et contrôler les

Subjects	ECTS	Semester	Lecture	directed study	practical class	Lecture/directed study	Lecture/practical class	directed study/practical class	d
Pilotage des procédés de fabrication basés sur les modèles et les données	3	Semestre 1	8	6	16				

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

Pilotage des procédés de fabrication basés sur les modèles et les données

ECTS : 3

Semester: Semestre 1

Detail

Lecture: 8

Practical study : 16

Directed study: 6

Language(s) of instruction

Français

Remote teaching

non

Programme/contents

Les étudiants apprennent à relier modèles physiques, données expérimentales et chaîne numérique de fabrication pour améliorer la performance et la qualité des procédés

Chaîne numérique et données de procédé (CM : 4h, TD : 2h, BE : 4h)

De la génération de trajectoires à l'exécution machine : paramètres, formats et contraintes.

Architecture de la chaîne d'acquisition et types de capteurs utilisés (caméra, pyromètre, mesures électriques).

Lecture et traitement de trajectoires et de signaux issus du monitoring.

Modélisation physique et empirique (CM : 4h, TD : 2h, BE : 6h)

Introduction aux modèles analytiques de champ thermique et de morphologie de cordon.

Calibration des modèles par données expérimentales (ex. méthode flash, identification de paramètres).

Construction de modèles empiriques et hybrides (model-driven + data-driven).

Analyse et pilotage des procédés (CM : 2h, TD : 2h, BE : 6h)

Exploitation de données expérimentales (mise en couche, vidéos thermiques, signaux capteurs).

Corrélation entre paramètres procédés et phénomènes physiques.

Proposition de stratégies d'amélioration et de pilotage basées sur modèles et données.

Learning objectives

Subjects	ECTS	Semester	Lecture	directed study	practical class	Lecture/directed study	Lecture/practical class	directed study/practical class	d
Computer Aided Manufacturing	3	Semestre 1	12	2	16				

Computer Aided Manufacturing

ECTS : 3

Semester: Semestre 1

Detail

Lecture: 12

Practical study : 16

Directed study: 2

Language(s) of instruction

Français

Remote teaching

non

Prerequisites

- Notions de base en géométrie différentielle et modélisation polynomiale des courbes et des surfaces ;
- Connaissances en usinage et en procédés de fabrication additive.

Programme/contents

Principes de base des trajectoires d'outils en usinage et fabrication additive (CM : 2h, BE : 2h)

Stratégies et algorithmes 2D standard pour le calcul des trajectoires d'outils.

Interpolation linéaire et polynomiale, arrondi des angles.

Génération de trajectoires d'outils en fraisage 3 axes de surfaces gauches (CM : 3h, BE : 4h)

Algorithmes pour le calcul des trajectoires d'outils, problèmes de hauteur de festons et de déviation cordale.

Stratégies d'usinage optimales pour minimiser le temps de production.

Génération de trajectoires d'outils en usinage 5 axes et fabrication additive de surfaces gauches (CM : 6h, TD : 2h, BE : 4h)

Algorithmes pour le calcul des trajectoires d'outils.

Fraisage en bout et fraisage sur le flanc.

Dépôt de matière sous énergie concentrée.

Méthodes locales et globales d'évitement des collisions.

Principes de base de la transformation cinématique inverse pour les machines à 5 axes.

Gestion des singularités.

Subjects	ECTS	Semester	Lecture	directed study	practical class	Lecture/directed study	Lecture/practical class	directed study/practical class	d
3D digitizing and geometric processing	3	Semestre 1							

3D digitizing and geometric processing

ECTS : 3

Semester: Semestre 1

Language(s) of instruction

Français

Remote teaching

non

Prerequisites

- Transformations 3D, algèbre linéaire et géométrie affine.
- Bases en métrologie, conception assistée par ordinateur (CAO), critères d'optimisation (méthode des moindres carrés) et évaluation des incertitudes de mesure.

Programme/contents

Les procédés de numérisation géométrique reposent de plus en plus sur des systèmes de scannage optique, qui permettent d'obtenir une représentation de la géométrie des pièces sous forme de données discrètes (nuages de points, maillages, images, etc.) en un temps relativement court.

Principes, moyens et méthodes de la numérisation 3D (CM : 4H, TD : 2h, TP : 4h)

Systèmes de mesure multi-capteurs et chaîne de numérisation 3D.

Technologies de capteurs : laser-plan, projection de franges, stéréovision, tomographie, etc.

Modélisation et méthodes d'étalonnage des caméras.

Incertitudes de mesure et évaluation des données numérisées.

Étalonnage et traçabilité métrologique.

Numérisation 3D à l'aide de systèmes à laser-plan et à projection de franges.

Stratégie de numérisation 3D et contrôle qualité (CM : 4H, TD : 2h)

Évaluation des systèmes de numérisation 3D.

Sélection d'un système de numérisation 3D adapté.

Planification de trajectoire et stratégie de numérisation 3D.

Traitement des données pour l'extraction de la

Commande des Systèmes Critiques

Tronc commun S1

Subjects	ECTS	Semester	Lecture	directed study	practical class	Lecture/directed study	Lecture/practical class	directed study/practical class	d
Méthodologie de la recherche	2	Semestre 1							

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

Méthodologie de la recherche

ECTS : 2

Semester: Semestre 1

Language(s) of instruction

Français

Remote teaching

non

Programme/contents

Connaissance du monde de la recherche (CM : 2h)

Identifier et décrire la structuration du monde de la recherche, ses acteurs, ses institutions et ses indicateurs.

Appliquer les bonnes pratiques de la recherche scientifique, notamment en matière d'intégrité et d'éthique.

Recherche et analyse documentaire (CM : 5h, TP : 4h)

Conduire une recherche bibliographique efficace en utilisant les bases de données scientifiques et les outils de veille documentaire appropriés.

Analyser de manière critique des articles scientifiques en identifiant leur problématique, leur méthodologie, leurs résultats et leurs contributions.

Évaluer la qualité et la pertinence d'une publication scientifique en appliquant des critères méthodologiques rigoureux.

Réaliser une synthèse bibliographique cohérente et structurée sur un sujet de recherche nouveau ou émergent.

Rédaction scientifique (CM : 3h)

Rédiger un article ou communication scientifique en respectant les normes académiques (structure IMRaD, citation, références bibliographiques).

Structurer un argumentaire scientifique en articulant de manière logique problématique, revue de littérature, méthodologie, résultats et discussion.

Maîtriser les techniques fondamentales de l'écriture scientifique.

Communication scientifique (CM : 2h, TP : 4h)

Présenter et défendre oralement un travail de synthèse bibliographique.

Learning objectives

Subjects	ECTS	Semester	Lecture	directed study	practical class	Lecture/directed study	Lecture/practical class	directed study/practical class	d
Machine Learning	3	Semestre 1	12		18				

Subjects	ECTS	Semester	Lecture	directed study	practical class	Lecture/directed study	Lecture/practical class	directed study/practical class	d
■									

Machine Learning

ECTS : 3

Semester: Semestre 1

Detail

Lecture: 12

Practical study : 18

Language(s) of instruction

Français

Remote teaching

non

Prerequisites

- Niveau mathématique Licence 3 scientifique

Programme/contents

Les techniques d'optimisation et de machine learning présentées dans ce module sont regroupées dans les 3 grandes parties suivantes :

Optimisation linéaire (CM : 4h, BE : 4h)

Optimisation non linéaire et complexité algorithmique (CM : 4h, BE : 4h)

Algorithme de clustering, Autoencoder, LSTM, CNN et PNN (Physical Neural Network). (CM : 4h BE : 10h)

Théories mathématiques.

Mise en œuvre des algorithmes de clustering et autoencoder.

Mise en œuvre des algorithmes de LSTM, CNN et PNN.

Learning objectives

L'objectif de cette UE est de donner des compétences sur la connaissance et l'utilisation des techniques d'optimisation et de machine learning existant dans la littérature et en Ingénierie.

Overall organisation

Les théories et concepts seront vus en cours, puis appliqués au travers des séances de bureaux d'études (BE). Les sujets et les cas d'application traités en BE seront différents suivant le cursus choisi par l'étudiant.

Skills

Subjects	ECTS	Semester	Lecture	directed study	practical class	Lecture/directed study	Lecture/practical class	directed study/practical class	d
Anglais scientifique	2	Semestre 1	0	20					

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

■

Anglais scientifique

ECTS : 2

Semester: Semestre 1

Detail

Lecture: 0

Directed study: 20

Language(s) of instruction

Anglais

Remote teaching

non

Prerequisites

- Niveau B2 en anglais

Programme/contents

Anglais scientifique (TD : 20h)

Consolider les acquis lexicaux et grammaticaux avec une attention particulière pour l'anglais de la recherche.

Initier les étudiants à la rédaction scientifique et notamment des review papers.

Ecriture et analyse d'abstracts

Learning objectives

Cette UE a pour but de familiariser les étudiants avec l'anglais scientifique (rédaction d'articles de recherche).

Overall organisation

Les différentes séances de cette UE sont synchronisées avec les UE "méthodologie de la recherche" et "Preuve de Concept" afin d'appliquer les notions sur des exemples (articles scientifiques) en lien avec les thématiques du parcours et des cursus.

Bibliography

- Wallwork, A. (2013) English for Writing Research Papers, Springer.
- 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.

Subjects	ECTS	Semester	Lecture	directed study	practical class	Lecture/directed study	Lecture/practical class	directed study/practical class	d
Techniques et outils pour la preuve de concepts	4	Semestre 1	12	6	12				

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

Techniques et outils pour la preuve de concepts

ECTS : 4

Semester: Semestre 1

Detail

Lecture: 12

Practical study : 12

Directed study: 6

Language(s) of instruction

Français

Remote teaching

non

Prerequisites

- Maitrise d'un langage de programmation Python ou Matlab

Programme/contents

Accompagnement des étudiants dans la réalisation d'une preuve de concept issue d'un article de recherche, en leur fournissant les outils, méthodes et étapes nécessaires pour mener à bien leur projet.

Présentation du module (CM : 2h)

Introduction à la démarche de preuve de concept.

Présentation des attentes du projet.

Sélection et répartition des sujets.

Prise en main d'outils (CM : 4h, TD : 4h)

Utilisation de Jupyter Notebook, Git et mise en place de l'environnement de travail.

Outils de visualisation et de représentation des données.

Exemples de preuves de concept (TP : 8h)

Études de cas appliquées à des travaux de recherche issus de chaque cursus (IN2P ou CSC).

Projet personnel (TP : 12h)

Travail personnel sur le projet.

Trois séances de revue de projet (jalons intermédiaires).

Learning objectives

Cette UE propose un projet encadré visant à reproduire les résultats d'un article de recherche récent en lien avec les travaux des enseignants-chercheurs du parcours. Les étudiants y apprennent les bases du génie logiciel pour

Subjects	ECTS	Semester	Lecture	directed study	practical class	Lecture/directed study	Lecture/practical class	directed study/practical class	d
Digital Twins for Advanced Manufacturing	4	Semestre 1							

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

Digital Twins for Advanced Manufacturing

ECTS : 4

Semester: Semestre 1

Language(s) of instruction

Anglais

Remote teaching

non

Prerequisites

- Basics of Production Systems
- Basics of Engineering Design
- Knowledge of System Engineering

Programme/contents

Cyber-Physical Production Systems (CPPS) and Industrie 4.0 (I4.0) (CM : 6h)

Introduction to CPPS: definitions; models; architectures; standards; applications

Digital transformation of manufacturing: I4.0 concepts; reference architectures; standards

I4.0 enabling technologies: IIOT and cloud manufacturing; big data, analytics and AI; simulation; AR/VR/XR and industrial metaverse; interoperability and integration; cybersecurity

From I4.0 to Industrie 5.0: Reliability, Robustness, and Resilience in manufacturing; manufacturing for sustainability; human-centric manufacturing

Biological transformation of manufacturing: bioinspired manufacturing; biointegrated manufacturing; biointelligent manufacturing

Digital Twin (DT) Engineering (CM : 8h)

Introduction to DT: definitions and building blocks

DT conceptual models; value chain; characteristics; reference architectures; maturity models

DT data and models: Model Based System Engineering; Model Driven Engineering; Data and AI for DT; DT modeling and simulation (M&S)

DT Verification, Validation and Uncertainty Quantification (VVUQ)

DT standards and softwares

DT applications in manufacturing

DT Labs and Project (TD : 4h, TP : 12h)

Hands-on laboratory project work involving Digital Twin technologies and Cyber-Physical

Tronc commun S2 : Stage de recherche

Subjects	ECTS	Semester	Lecture	directed study	practical class	Lecture/directed study	Lecture/practical class	directed study/practical class	distance learning
Stage de recherche	30	Semestre 2							
■									

Stage de recherche

ECTS : 30

Semester: Semestre 2

Language(s) of instruction

Français

Remote teaching

non

Learning objectives

Le stage de recherche a pour objectif d'initier l'étudiant à la recherche par la pratique, en lui permettant de développer un projet de recherche personnel au sein d'une équipe expérimentée. Il peut se dérouler dans l'un des laboratoires associés à la formation, dans un autre laboratoire de recherche en France ou à l'étranger, ou encore au sein d'un service R&D d'une entreprise.

Special teaching arrangements

Durée minimale du stage de 21 semaines

Type of assessment

Evaluation Terminale

Cursus CSC : Commande des Systèmes Critiques

Subjects	ECTS	Semester	Lecture	directed study	practical class	Lecture/directed study	Lecture/practical class	directed study/practical class	distance learning
Reliability and Risk	3	Semestre 1							

Reliability and Risk

ECTS : 3

Semester: Semestre 1

Language(s) of instruction

Français

Remote teaching

non

Prerequisites

Elementary knowledge of calculus, matrix theory, probability and statistics

Programme/contents

- Lecture 1: What is reliability? How to quantify reliability of a practical system?
Through this lecture, the students will understand fundamental concepts in reliability theory, and be able to use numerical metrics to quantify the reliability of a practical engineering system.
- Lecture 2: Why my component fails? - Stress-strength interfere model
General theories and methods (stress-strength interfere method) for modelling component failure behaviors. Real-world examples will be given to help the students understand the topics.
- Lecture 3: Course projects (I)
- Lecture 4: Why my systems fail? – Reliability block diagram, binary decision diagram, fault tree and event tree, Markov models
Reliability block diagram, binary decision diagram, Markov models will be introduced and demonstrated through
- Lecture 5: How to improve the reliability of a system?
- Lecture 6: Course projects (II).

Learning objectives

In this course, we focus on the basic theories and applicational tools in reliability modelling and analysis. The objectives of this course are:

- to understand basic concepts in reliability modelling and analysis;
- to understand the principles of some fundamental models and reliability modelling and analysis;

Subjects	ECTS	Semester	Lecture	directed study	practical class	Lecture/directed study	Lecture/practical class	directed study/practical class	
Modélisation Événementielle	3	Semestre 1	12		18				6

Modélisation Événementielle

ECTS : 3

Semester: Semestre 1

Detail

Lecture: 12

Practical study : 18

Language(s) of instruction

Français

Remote teaching

non

Prerequisites

- Niveau mathématique de Licence 3 scientifique.
- Théorie des ensembles.

Programme/contents

Par opposition aux systèmes dynamiques dont l'évolution est continue dans le temps et peut être décrite par des équations différentielles, les Systèmes à Événements Discrets (SED) sont des systèmes dynamiques dont l'évolution est provoquée par l'occurrence d'événements. Des théories et des modèles spécifiques à cette classe de systèmes dynamiques sont nécessaires pour les modéliser, analyser leurs performances et les commander.

Ce module se concentre sur les points suivants :

Introduction aux notions fondamentales des SED (CM : 4h, BE 4h)

les concepts d'événements, d'espace d'états et d'évolution discrète,
Théorie des langages et Automates Finis,

Principaux formalismes dédiés à l'étude des SED (CM : 8h, BE : 12h)

Réseaux de Petri (ordinaires, généralisés, temporisés, colorés),
Automates et réseau de Petri hybrides

Learning objectives

L'objectif de cette UE est de former les étudiants à comprendre, manipuler et concevoir des Systèmes à Événements Discrets (SED). Un focus sur les réseaux de Petri est également effectué dans ce module.

Subjects	ECTS	Semester	Lecture	directed study	practical class	Lecture/directed study	Lecture/practical class	directed study/practical class	0
Méthodes et outils pour l'élimination des fautes	3	Semestre 1	12		18				

Méthodes et outils pour l'élimination des fautes

ECTS : 3

Semester: Semestre 1

Detail

Lecture: 12

Practical study : 18

Language(s) of instruction

Français

Remote teaching

non

Prerequisites

- Connaissances de base sur la modélisation des Systèmes à Événements Discrets (UE « Modélisation Événementielle»)

Programme/contents

Étude des différentes techniques permettant d'éliminer des fautes lors des phases de conception et de validation :

Concepts et techniques de model-checking pour l'élimination de fautes (CM : 8h, BE : 8h)

Dans les modèles du système de commande :

par simulation de modèles déterministes ou

stochastiques (méthode de Monte-Carlo)

par exploration exhaustive de l'espace d'états grâce au Model-Checking).

Concepts et techniques pour la génération de tests pour la validation et la certification (CM : 4h, BE : 8h)

Dans le programme de contrôle implémenté dans l'unité de commande par des tests de conformité

Learning objectives

L'objectif de cette UE est d'étudier différentes techniques permettant d'éliminer des fautes lors des phases de conception et de validation : dans les modèles du système de commande ainsi que dans le programme de contrôle implémenté dans l'unité de commande.

Overall organisation

Les séances de bureaux d'études sont consacrées au traitement d'études de cas à l'aide de plateformes logicielles ou expérimentales adaptées

Subjects	ECTS	Semester	Lecture	directed study	practical class	Lecture/directed study	Lecture/practical class	directed study/practical class	
Conception pour la tolérance aux fautes	3	Semestre 1	12		18				

Conception pour la tolérance aux fautes

ECTS : 3

Semester: Semestre 1

Detail

Lecture: 12

Practical study : 18

Language(s) of instruction

Français

Remote teaching

non

Prerequisites

- Connaissances de base sur la modélisation des Systèmes à Événements Discrets (UE « Modélisation Évènementielle »)

Programme/contents

L'UE est composée de deux parties : une sur les théories/concepts sur les techniques de certification des spécifications, la deuxième sur les techniques d'analyse et de modélisation des besoins en spécifications.

Théories et concepts sur les techniques de synthèses et de diagnostic (CM : 6h, BE : 6h)

Management de l'innovation et projets (CM : 6h, BE : 12h)

Learning objectives

L'objectif de cette UE est de donner des compétences sur les techniques de synthèses permettant d'assurer la non-présence de fautes dans la commande et la modélisation des systèmes.

Skills

- Acquisition des bases théoriques et méthodologiques pour la synthèse, le diagnostic et la reconfiguration des SED.
- Analyse du problème et usage critique des outils d'analyse des informations
- Maîtrise des processus d'innovation (SMI) et capacité de restitution

Bibliography

- C. Cassandras, S. Lafortune, Introduction to

Subjects	ECTS	Semester	Lecture	directed study	practical class	Lecture/directed study	Lecture/practical class	directed study/practical class	
Ingénierie Système	3	Semestre 1	12	18					



Ingénierie Système

ECTS : 3

Semester: Semestre 1

Detail

Lecture: 12

Directed study: 18

Language(s) of instruction

Français

Remote teaching

non

Prerequisites

- Notions de langage orienté objet.
- Notions d'analyse des systèmes et d'analyse de sûreté de fonctionnement.

Programme/contents

Ingénierie Système

Ce cours présente un langage et une méthodologie de modélisation des systèmes complexes. Pour cela, une présentation du MBSE (Model-Based Systems Engineering) et des possibilités d'intégration avec le MBSA (Model-Based Safety Assessment) sera faite pour traiter le cas des systèmes critiques.

Il se décompose en 4 parties principales :

1. Langage orienté objet (SysML) et méta-modélisation ;
2. Mécanismes d'extension (profile). Exemples de la sûreté de fonctionnement et de la mécanique ;
3. Méthodologie d'ingénierie système cohérente allant de l'émergence des exigences jusqu'aux modélisations fonctionnelles, logiques et physiques.
4. Possibilités d'exploitation du modèle SysML dans un processus intégré afin de générer des FMEA et FTA et de permettre le Model Checking au plus tôt dans le cycle de conception.

Overall organisation

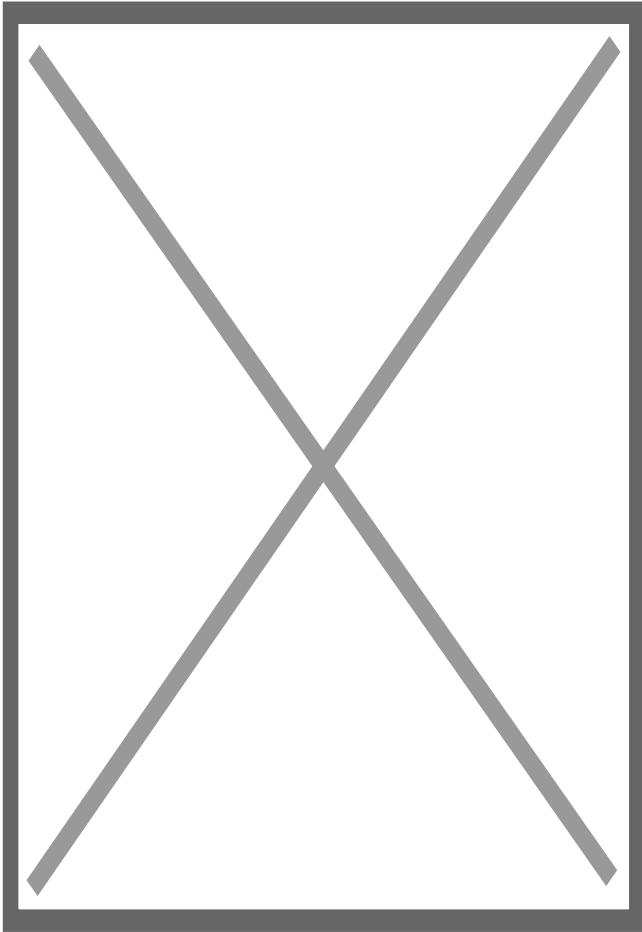
Le cours s'appuie sur un scénario de système critique aéronautique. Il est suivi d'une activité de modélisation d'un système critique aéronautique avec l'outil Artisan Studio (ATEGO).

Teaching Location(s)

GIF SUR YVETTE

Training campus

Javascript est requis pour visualiser cette carte.



Saclay Moulon

Saclay / Gif-sur-Yvette / Orsay

Bus 4606 / 4609 / 4611 / 5154

RER B Le guichet

[Voir](#)

Student restaurant (CROUS)

Library

Sports facilities

Student residence

Contact

-

Kevin GODINEAU

Enseignant-Chercheur

<http://www.universite-paris-saclay.fr/formation/master/mecanique/m2-advanced-manufacturing-and-smart-systems>