

Syllabus Titre d'Ingénieur

Semestre

Nom du semestre

Semestre 9

Code du semestre

IGENI-M-S09

UE et EC du semestre

IGENI-UE0901

Conception de systèmes complexes

IGENI-EC0911

Projet multitechnologique

IGENI-UE0902

Analyse et optimisation pour la mise en oeuvre de systèmes complexes

IGENI-EC0921

Optimisation en mécanique

IGENI-EC0922

Calcul scientifique pour l'ingénieur

IGENI-EC0923

Durabilité des matériaux

IGENI-EC0924

FAO Surfacique

IGENI-UE0903

Gestion et conduite de systèmes complexes

IGENI-EC0931

Sûreté de fonctionnement

IGENI-EC0932

Méthodes de résolution de problèmes

IGENI-EC0933

Chaines logistiques et ERP - bases

IGENI-EC0934

Introduction à la commande adaptative et à la commande en boucle ouverte

IGENI-UE0904

Instrumentation et traitement des systèmes complexes

IGENI-EC0941

Programmation orientée objet

IGENI-EC0942

Electronique de commande

IGENI-EC0943

Conversion statique de l'énergie électrique 2

IGENI-UE0905

Ingénieur et communication

IGENI-EC0951

Anglais

IGENI-EC0952

Communication

IGENI-EC0953

Management

IGENI-EC0954

Charte et éthique de l'ingénieur

IGENI-EC0955

Evaluation et prévention des risques socio-professionnels

IGENI-UE0906

Environnement économique et social de l'entreprise

IGENI-EC0961

Achats

IGENI-EC0962

Droit du travail

IGENI-EC0963

Droit des affaires

IGENI-EC0964

Propriété industrielle

Syllabus Titre d'Ingénieur

IGENI-UE0907GM

IGENI-EC0971GM

IGENI-EC0972GM

IGENI-EC0973GM

IGENI-EC0974GM

IGENI-EC0975GM

Option Génie Mécanique

Techniques expérimentales et identification

Modélisation numérique non linéaire dynamique

Endommagement et fatigue des structures

Conception en ALM

Optimisation des procédés de coupe

IGENI-UE0907MP

IGENI-EC0971MP

IGENI-EC0972MP

IGENI-EC0973MP

IGENI-EC0974MP

IGENI-EC0975MP

IGENI-EC0976MP

Option Génie des Matériaux de Structure et Procédés

Techniques de caractérisation des matériaux

Science friction

Endommagement et rupture des matériaux

Durabilité des multimatériaux

Matériaux métalliques avancés

Choix matériaux et procédés (8h projet tuteuré)

IGENI-UE0907TP

IGENI-EC0971TP

IGENI-EC0972TP

IGENI-EC0973TP

IGENI-EC0974TP

IGENI-EC0975TP

Option Bâtiment et Travaux Publics

Géotechnique

Terrassements

Infrastructures des transports

Habitat et énergie

OPC et économie de la construction

IGENI-UE0907SI

IGENI-EC0971SI

IGENI-EC0972SI

IGENI-EC0973SI

IGENI-EC0974SI

IGENI-EC0976SI

IGENI-EC0977SI

Option Conception des Systèmes Intégrés

Conversion électrique et intégration

Commande Avancée des Robots

Commande Basée-Vision

Surveillance, diagnostic, pronostic, supervision

Real time computing

Evaluation des performances

IGENI-UE0907GI

IGENI-EC0971GI

IGENI-EC0972GI

IGENI-EC0973GI

Option Génie Industriel

Sûreté de fonctionnement

Créativité, les fondamentaux

Chaines logistiques et ERP - mise en pratique

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Code UE	IGENI-UE0901
Crédits ECTS	4
Coefficient interne à l'UE	3,4

Présentation de l'UE

Nom de l'UE	CONCEPTION DE SYSTEMES COMPLEXES
Nom(s) du/des enseignant(s)	

Volume Horaire/Format	Format	Heures
	CM	0 H
	TD	50 H
	TP	0 H
	Projet encadré	0 H
	Projet en autonomie	0 H
	Total	50 heures

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Thèmes et Objectifs de la formation visés

Principaux thèmes abordés	<ul style="list-style-type: none">• Conception de systèmes mécaniques multi-technologiques• Travail en mode projet collaboratif• Approche systémique et pluridisciplinaire de l'ingénierie• Outils numériques de conception (CAO, modélisation, simulation, optimisation)• Gestion de projet technique en équipe• Intégration des enjeux sociétaux et environnementaux dans la conception• Élaboration de cahiers des charges fonctionnels• Communication technique écrite et orale (rapports, soutenances)
Principaux objectifs généraux visés	<ul style="list-style-type: none">• Être capable de mobiliser, au sein d'un projet concret, les compétences acquises en conception mécanique, modélisation, fabrication, simulation, matériaux, etc.• Structurer et organiser un travail collaboratif en équipe, en définissant des rôles, une méthode de travail et des outils de suivi.• Conduire une démarche de conception systémique, de l'analyse du besoin à la proposition de solutions techniques optimisées.• Intégrer les critères de transition écologique et sociale dans les décisions de conception.• Maîtriser les outils numériques de conception (CAO, calculs éléments finis, optimisation topologique).• Produire les livrables attendus d'un projet technique (maquette numérique, cahier des charges, rapport final).• Présenter et défendre un projet d'ingénierie de manière structurée, à l'écrit comme à l'oral.

Acquis d'apprentissage visés

Compétence(s)	<p>Compétence principale : À l'issue de l'UE, les étudiants seront en mesure, lorsqu'ils sont confrontés à un projet d'ingénierie nécessitant la conception d'un système complexe, de piloter collectivement le développement d'une solution technologique intégrant plusieurs disciplines, en montrant qu'ils savent mobiliser des outils numériques, structurer un travail en équipe, et prendre en compte les enjeux environnementaux et sociétaux dans leurs choix techniques.</p> <p>Compétence complémentaire : À l'issue de l'UE, les étudiants seront en mesure, lorsqu'ils doivent rendre compte de l'avancement et des résultats d'un projet technique, de communiquer efficacement à l'écrit et à l'oral à l'aide de supports professionnels (rapport, présentation orale), en montrant leur capacité à argumenter et structurer leur propos de manière rigoureuse.</p>
----------------------	--

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Code EC	IGENI-EC0911
Code UE	IGENI-UE0901
Coefficient interne à l'EC	

Coordinateur ENIT de l'EC	Olivier DALVERNY
---------------------------	------------------

Présentation de l'EC

Nom de l'EC	Projet multi-technologique
Nom(s) du/des enseignant(s)	Olivier DALVERNY, Maher BAILI, Bernard LORRAIN, Amèvi TONGNE, Emmanuel DE LUYCKER, Jean-Pierre FAYE, Pierre OUAGNE

Volume Horaire/Format	Format	Heures
	CM	H
	TD	50 H
	TP	H
	Projet encadré	H
	Projet en autonomie	H
	Total	50 heures

Acquis d'apprentissage visés

Compétence(s)	<p>À l'issue de l'EC, les étudiants seront capables de concevoir un système mécanique multi-technologique, en mobilisant dans un seul et même projet l'ensemble des connaissances acquises au cours de leur formation. Aucune limitation n'est faite quant aux sujets et domaines abordés (mécanique, modélisation, automatique, science des matériaux, fabrication mécanique, simulation, optimisation, etc.). Le travail est réalisé en équipe projet de 4 à 6 étudiants, en utilisant des outils numériques de gestion collaborative.</p> <p>Une attention particulière est portée à la prise en compte des enjeux sociétaux et environnementaux dans les choix de conception et de réalisation.</p> <p><i>On completion of the CE, students will be able to design a multi-technology mechanical system, mobilizing all the skills acquired during their training in a single project. There are no restrictions on the subjects and fields covered (mechanics, modelling, automation, materials science, mechanical manufacturing, simulation, optimisation, etc.). Work is carried out in project teams of 4 to 6 students, using collaborative digital management tools.</i></p> <p><i>Particular attention is focused on considering societal and environmental issues in design and production choices.</i></p>
---------------	--

Modalités d'évaluation

Formule d'évaluation	1 projet
----------------------	----------

Langue d'enseignement

Langue	English Friendly
--------	------------------

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Objectifs de la formation visés

<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Objectifs généraux</p>	<p>A partir d'un intitulé succinct le groupe projet doit s'organiser afin de répondre à la problématique posée. Dans un premier temps, les membres doivent définir le mode de fonctionnement de l'équipe (animateur, contributeur, secrétaire, etc.) afin de répondre efficacement au sujet.</p> <p>Les tâches à réaliser sont variées et au choix du groupe de travail, mais comprennent généralement : l'analyse du besoin, la formalisation du cahier des charges préparatoire et fonctionnel, la recherche de solutions et les choix technologiques, le développement des différents sous-systèmes (conception, dimensionnement, sélection des composants, etc.), ainsi que la mise en œuvre d'un processus d'optimisation du système.</p> <p>Un objectif du projet concerne aussi la prise en compte des éléments de transition écologique et sociale dans le processus de conception et pour guider les choix de conception.</p> <p>Le projet aboutit à la création d'une maquette numérique, à la rédaction des documents (cahier des charges fonctionnel, rapport final de présentation) et à la soutenance du projet.</p> <p><i>Starting with a brief title, the project group must organize itself to respond to the problem posed. Initially, the members must define the team's operating mode (facilitator, contributor, secretary, etc.) in order to respond effectively to the subject.</i></p> <p><i>The tasks to be carried out are varied and can be chosen by the working group, but generally include: analysis of the need, formalization of preparatory and functional specifications, search for solutions and technological choices, development of the various subsystems (design, sizing, selection of components, etc.), and implementation of a system optimization process.</i></p> <p><i>One of the project's objectives is also to account for ecological and social transition factors in the design process and to inform design choices.</i></p> <p><i>The project culminates in the creation of a digital model, the drafting of documents (functional specifications, final presentation report) and the project presentation.</i></p>
<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Contenus</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Perfectionnement des outils de conception géométrique - Modélisation 3D et gestion d'assemblages - Transmission de puissance, liaisons mécaniques - Lien CAO / Calcul – préparation à la simulation - Calcul par éléments finis multi pièces (contacts, couplage) - Optimisation topologique et de conception - Organisation et planification du travail en équipe projet <ul style="list-style-type: none"> - <i>Advanced geometric design tools</i> - <i>3D modeling and assembly management</i> - <i>Power transmission, mechanical joints</i> - <i>CAD / Calculation link - preparation for simulation</i> - <i>Advanced finite element calculations (contacts, coupling)</i> - <i>Topological and design optimization</i> - <i>Organization and scheduling of project teamwork</i>
<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Méthodes et/ou moyens pédagogiques</p>	<p>Le projet se déroule sur 12 séances de 4 heures, complétées par une séance de 2 heures en bureau d'études. Les groupes projets, organisés en îlots, travaillent de manière autonome.</p> <p>Ils ont accès à l'ensemble des outils logiciels disponibles dans les bureaux d'études pour mener à bien leur projet.</p> <p>L'enseignant encadre les travaux, assure un suivi régulier en interaction avec les animateurs et les membres des groupes, et intervient si nécessaire pour orienter ou recadrer l'activité. Il apporte également, à différents moments ou sur demande, l'expertise technique requise.</p> <p>L'évaluation du projet tient compte de :</p> <ul style="list-style-type: none"> - la contribution individuelle au travail d'équipe - La rédaction des documents écrits et des présentations - La qualité du travail effectué et complétude du système mécanique réalisé <p><i>The project takes place over 12 4-hour sessions, supplemented by a 2-hour session in the design office. Project groups, organized into clusters, work independently.</i></p> <p><i>They have access to all the software tools available in the design office to complete their project.</i></p> <p><i>The teacher supervises the work, ensuring regular monitoring in interaction with the group leaders and</i></p>

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

members, and intervening if necessary to guide or refocus the activity. They also provide technical expertise at various times or on request.

Project evaluation takes into account:

- individual contribution to teamwork
- written documents and presentations
- the quality of the work and completeness of the mechanical system produced

Prérequis pour l'EC

Prérequis

Connaissances de base en conception et modélisation mécanique, simulation, FEM, matériaux, fabrication mécanique, automatique, électrotechnique, etc.

Basic knowledge of mechanical design and modelling, simulation, FEM, materials, mechanical manufacturing, automation, electrical engineering, etc.

Travail personnel hors présentiel

Volume horaire

14 Heures

Type de travail

- Le déroulement du projet requiert un travail inter séances qui peut concerner des recherches diverses, l'avancement d'une note de calcul, la rédaction de documents...
- Avant chaque séance, le groupe adresse à l'enseignant, un compte rendu de l'activité menée en précisant l'ordre du jour de la séance suivante.
- Préparation des différents documents demandés (cahier des charges, rapports, présentations)
- *The progress of the project requires personal work outside the session, such as researching data and information, writing a calculation note or other documents, and so on.*
- *Before each session, the group sends the teacher a report on the activity carried out, specifying the agenda for the next session.*
- *Preparation of various documents (specifications, reports, presentations).*

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Ressources bibliographiques

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Code UE	IGENI-UE0902
Crédits ECTS	5
Coefficient interne à l'UE	5

Présentation de l'UE

Nom de l'UE	SYSTEMES COMPLEXES ANALYSE & OPTIMISATION
Nom(s) du/des enseignant(s)	

Volume Horaire/Format	Format	Heures
	CM	42 H
	TD	10 H
	TP	22 H
	Projet encadré	0 H
	Projet en autonomie	0 H
	Total	74 heures

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Thèmes et Objectifs de la formation visés

Principaux thèmes abordés	<p>Méthodes d'optimisation des structures mécaniques : optimisation paramétrique, topologique et de forme</p> <p>Calcul scientifique pour l'ingénieur : modélisation computationnelle, analyse des erreurs, reproductibilité, validation numérique</p> <p>Durabilité des matériaux : fatigue, corrosion, vieillissement, tribologie</p> <p>Utilisation avancée de logiciels scientifiques et de simulation (Python, Abaqus)</p> <p>Application de techniques numériques pour la résolution de problèmes d'ingénierie complexes</p> <p>Intégration des contraintes environnementales et des enjeux de durabilité dans la conception de systèmes</p>
Principaux objectifs généraux visés	<ul style="list-style-type: none">• Identifier et mettre en œuvre des méthodes d'optimisation pertinentes pour améliorer la performance de systèmes mécaniques complexes.• Comprendre et appliquer les fondamentaux du calcul scientifique pour modéliser, résoudre et valider des problèmes physiques en ingénierie.• Évaluer et anticiper les phénomènes d'endommagement des matériaux dans leur environnement d'usage pour garantir leur durabilité.• Exploiter les outils numériques de simulation et de programmation scientifique pour l'analyse et l'optimisation de systèmes.• Développer une approche critique vis-à-vis de la modélisation numérique, en intégrant la reproductibilité, l'analyse des erreurs et les limites expérimentales.• Intégrer des critères de durabilité, d'éco-conception et d'impact environnemental dans le choix des matériaux et des solutions technologiques.

Acquis d'apprentissage visés

Compétence(s)	<p>Compétence principale : À l'issue de l'UE, les étudiants seront en mesure, lorsqu'ils doivent concevoir, dimensionner ou optimiser un système mécanique complexe, de sélectionner et mettre en œuvre des méthodes numériques d'analyse et d'optimisation adaptées, en montrant qu'ils maîtrisent les outils de simulation, les principes de calcul scientifique et les contraintes de durabilité.</p> <p>Compétence complémentaire 1 : À l'issue de l'UE, les étudiants seront en mesure, lorsqu'ils sont confrontés à des problématiques d'endommagement ou de durée de vie de composants, d'identifier les mécanismes en jeu (fatigue, corrosion, usure, vieillissement) et de proposer des solutions techniques, en montrant leur capacité à justifier des choix de matériaux et de conception fondés sur des critères de performance et de durabilité.</p> <p>Compétence complémentaire 2 : À l'issue de l'UE, les étudiants seront en mesure, lorsqu'ils mènent une démarche de simulation ou de validation numérique, de développer et documenter des solutions avec des outils de calcul scientifique (Python, bibliothèques scientifiques), en montrant qu'ils savent produire des résultats reproductibles, analysables et exploitables dans un contexte d'ingénierie.</p>
----------------------	---

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Code EC	IGENI-EC0921
Code UE	IGENI-UE0902
Coefficient interne à l'EC	0,8

Coordinateur ENIT de l'EC	Cliquez ici et entrez le nom du coordinateur
---------------------------	--

Présentation de l'EC

Nom de l'EC	Optimisation en mécanique <i>Mechanical optimization</i>
Nom(s) du/des enseignant(s)	Lionel ARNAUD, Jean-Pierre FAYE

Volume Horaire/Format	Format	Heures
	CM	5,5 H
	TD	H
	TP	6 H
	Projet encadré	H
	Projet en autonomie	H
	Total	11,5 heures

Acquis d'apprentissage visés

Compétence(s)	<p>Après les cours et les TD sur différentes méthodes, les élèves sauront identifier une méthode adaptée et mettre en œuvre dans Abaqus une méthode d'optimisation paramétrique ou topologique.</p> <p><i>Following lectures and tutorials on different methods, students will be able to identify a suitable method and implement a parametric or topological optimization method in Abaqus.</i></p>
---------------	---

Modalités d'évaluation

Formule d'évaluation	(1*TP1)/1
----------------------	-----------

Langue d'enseignement

Langue	Français/French
--------	-----------------

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Objectifs de la formation visés

Objectifs généraux

Connaître les différentes familles d'optimisation de structure en mécanique
Savoir mettre en œuvre dans Abaqus des techniques d'optimisation paramétrique et topologique.

*Know the different families of structural optimization in mechanics
Know how to implement parametric and topological optimization techniques in Abaqus.*

Contenus

- Concepts de base : fonction objectif à minimiser, paramètres de conception considérés, contraintes techniques à respecter, algorithmes de minimisation utilisables, etc.
- Détail de méthode d'optimisation paramétrique ou de forme :
- Méthodes de gradient
- Analyses de sensibilité
- Monte-Carlo
- Utilisation pratique de logiciels E.F. intégrant ces méthodes
- Détail des méthodes d'optimisation topologique (Méthode SIMP)
- Redéfinition d'un cahier des charges pour l'optimisation topologique
- Optimisation de la méthode SIMP
- Utilisation pratique par un logiciel de calcul E.F. (Abaqus)

- *Basic concepts: objective function to be minimized, design parameters considered, technical constraints to be met, minimization algorithms that can be used, etc.*
- *Details of parametric and shape optimization methods:*
- *Gradient methods*
- *Sensitivity analysis*
- *Monte Carlo*
- *Practical use of FE software incorporating these methods*
- *Details of topological optimization methods (SIMP method)*
- *Redefining specifications for topological optimization*
- *Optimization using the SIMP method*
- *Practical use of E.F. calculation software (Abaqus)*

Méthodes et/ou moyens pédagogiques

- *Exercices de difficultés croissantes*
- *Choix libre des étudiants sur le sujet d'application de l'optimisation topologique*
- *Exercises of increasing difficulty*
- *Free choice for students on the subject of application of topological optimization*

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

--	--

Prérequis pour l'EC

Prérequis	
-----------	--

Travail personnel hors présentiel

Volume horaire	2h pour finaliser le rapport à rendre Heures
Type de travail	

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Ressources bibliographiques

Optimisation des structures mécaniques : méthodes numériques et éléments finis, JC Craveur et col., Dunod

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Code EC	IGENI-EC0922
Code UE	IGENI-UE0902
Coefficient interne à l'EC	0,8

Coordinateur ENIT de l'EC	Olivier PANTALE
---------------------------	-----------------

Présentation de l'EC

Nom de l'EC	Calcul scientifique pour l'ingénieur <i>Scientific computing for engineers</i>
Nom(s) du/des enseignant(s)	Olivier PANTALE

Volume Horaire/Format	Format	Heures
	CM	5,5 H
	TD	6 H
	TP	H
	Projet encadré	H
	Projet en autonomie	H
	Total	11,5 heures

Acquis d'apprentissage visés

Compétence(s)	<p>À l'issue du cours "Calcul Scientifique pour l'Ingénieur", les étudiants de M2 en école d'ingénieurs seront en mesure, lorsque confrontés à des contextes d'ingénierie, de comprendre et appliquer les outils du calcul scientifique en montrant une maîtrise approfondie des principes fondamentaux, notamment la modélisation computationnelle, la reproductibilité numérique et l'analyse des erreurs. Ils seront capables de formuler des modèles mathématiques, de choisir et implémenter des méthodes numériques adaptées, et de valider leurs résultats par rapport à des données expérimentales. De plus, ils démontreront une expertise pratique dans l'utilisation de Python et de ses bibliothèques scientifiques telles que NumPy, SciPy, Matplotlib et SymPy pour résoudre des problèmes concrets.</p>
	<p><i>On completion of the 'Scientific Computing for Engineers' course, M2 engineering school students will be able, when confronted with engineering contexts, to understand and apply the tools of scientific computing by demonstrating an in-depth mastery of the fundamental principles, in particular computational modelling, numerical reproducibility and error analysis. They will be able to formulate mathematical models, select and implement appropriate numerical methods, and validate their results against experimental data. In addition, they will demonstrate practical expertise in using Python and its scientific libraries such as NumPy, SciPy, Matplotlib and SymPy to solve real-world problems.</i></p>

Modalités d'évaluation

Formule d'évaluation	(1*RAP1)/1
----------------------	------------

Langue d'enseignement

Langue	English friendly
--------	------------------

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Objectifs de la formation visés

Objectifs généraux

Comprendre les principes fondamentaux du calcul scientifique :

- La modélisation computationnelle
- La précision numérique
- La reproductibilité des calculs
- L'analyse des erreurs

Connaître l'histoire des méthodes computationnelles en ingénierie

Connaître les concepts clés tels que les lois constitutives et leur identification à partir de données expérimentales

Savoir utiliser des bibliothèques Python scientifiques pour résoudre des problèmes concrets

Être capable de mettre en œuvre des méthodes numériques adaptées pour résoudre des équations différentielles ou ajuster des modèles mathématiques à des données expérimentales

Utiliser Python comme outil principal pour le développement scientifique, en exploitant ses bibliothèques pour effectuer des simulations, visualiser des données et produire des rapports techniques structurés

Être sensibilisé à l'importance croissante du calcul scientifique dans la recherche et l'industrie

Prendre conscience du rôle central que jouent les simulations numériques dans la conception et l'optimisation de systèmes complexes, ainsi que des implications scientifiques, sociales et éthiques liées à l'utilisation de modèles computationnels

Understanding the fundamental principles of scientific computing:

- *Computational modelling*
- *Numerical precision*
- *Reproducibility of calculations*
- *Error analysis*

Understand the history of computational methods in engineering

Knowledge of key concepts such as constitutive laws and their identification from experimental data

Be able to use scientific Python libraries to solve concrete problems

Be able to implement appropriate numerical methods to solve differential equations or fit mathematical models to experimental data

Use Python as a primary tool for scientific development, exploiting its libraries to run simulations, visualise data and produce structured technical reports

Be aware of the growing importance of scientific computing in research and industry

Become aware of the central role that numerical simulations play in the design and optimisation of complex systems, as well as the scientific, social and ethical implications of using computational models

Contenus

Cours : Introduction au Calcul Scientifique pour l'Ingénieur (Durée : 5h30)

- Importance de la modélisation computationnelle en ingénierie.
- Concepts clés : simulations numériques, validation et vérification des modèles.
- Histoire du calcul scientifique : des fondations mathématiques aux superordinateurs modernes.
- Notions fondamentales de précision numérique : arithmétique flottante (IEEE 754), erreurs numériques et reproductibilité.
- Introduction à l'environnement Python scientifique : Jupyter Notebooks.

Séances pratiques (Durée : 2x3h)

- Séance 1 :
 - Démarrage avec Jupyter Notebook.
 - Approximations numériques et introduction à NumPy.
 - Utilisation pratique de Scipy pour analyser des données scientifiques.
- Séance 2 :
 - Présentation des lois constitutives (Ludwig et Johnson-Cook).
 - Ajustement des paramètres via `curve_fit` et `least_squares`.
 - Analyse complète de la loi Johnson-Cook avec dépendance à la température.
 - Rédaction d'un rapport technique sous forme de notebook Python.

Course: Introduction to Scientific Computing for Engineers (Duration: 5h30)

- Importance of computational modelling in engineering.

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

- Key concepts: numerical simulations, model validation and verification.
- History of scientific computing: from mathematical foundations to modern supercomputers.
- Fundamentals of numerical precision: floating-point arithmetic (IEEE 754), numerical errors and reproducibility.
- Introduction to the scientific Python environment: Jupyter Notebooks.

Practical sessions (Duration: 2x3h)

- Session 1:

- o Getting started with Jupyter Notebook.
- o Numerical approximations and introduction to NumPy.
- o Practical use of Scipy to analyse scientific data.

- Session 2 :

- o Presentation of the constitutive laws (Ludwig and Johnson-Cook).
- o Parameter adjustment via `curve_fit` and `least_squares`.
- o Complete analysis of the Johnson-Cook law with temperature dependency.
- o Drafting of a technical report in the form of a Python notebook.

Méthodes et/ou moyens pédagogiques

Apprentissage équilibré entre théorie et pratique, favorisant l'acquisition autonome des compétences nécessaires au calcul scientifique. Le cours théorique permet de poser les bases conceptuelles du calcul scientifique. Les travaux pratiques, d'une durée totale de six heures réparties en deux séances, sont une composante essentielle du dispositif pédagogique. Ils permettent aux étudiants de mettre en œuvre les notions théoriques dans un environnement Python.

Un apprentissage actif est encouragé grâce à l'utilisation d'outils interactifs comme Jupyter Notebook, qui favorise une exploration autonome et une visualisation immédiate des résultats.

Learning balanced between theory and practice, encouraging independent acquisition of the skills needed for scientific computing. The theory course lays the conceptual foundations of scientific computing. Practical work, lasting a total of six hours divided into two sessions, is an essential part of the course. They enable students to apply theoretical concepts in a Python environment.

Active learning is encouraged through the use of interactive tools such as Jupyter Notebook, which encourages independent exploration and immediate visualisation of results.

Prérequis pour l'EC

Prérequis

Les étudiants doivent avoir des notions de mathématiques appliquées, en particulier en algèbre linéaire et en analyse numérique. Une maîtrise préalable des bases de la programmation avec Python est requise.

Students should have a basic knowledge of applied mathematics, in particular linear algebra and numerical analysis. A prior command of the basics of programming with Python is required.

Travail personnel hors présentiel

Volume horaire

4 Heures

Type de travail

Lecture, participation et assimilation du cours.
Investissement personnel dans la réalisation des deux séances de travaux pratiques.

*Reading, participation and assimilation of the course.
Personal investment in the two practical sessions.*

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Ressources bibliographiques

1. Fangohr, H., Introduction to Python for Computational Science and Engineering.
2. Johansson, R., Numerical Python: Scientific Computing and Data Science Applications with Numpy, SciPy and Matplotlib.
3. Langtangen, H.P., A Primer on Scientific Programming with Python.
4. Perkovic, L., Introduction to computing using Python. John Wiley & Sons, Inc, Hoboken

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Code EC	IGENI-EC0923
Code UE	IGENI-UE0902
Coefficient interne à l'EC	1,8

Coordinateur ENIT de l'EC	Valérie Nassiet
---------------------------	-----------------

Présentation de l'EC

Nom de l'EC	Durabilité des matériaux
Nom(s) du/des enseignant(s)	Olivier Dalverny, Karl Delbé, Loïc Lacroix, Valérie Nassiet

Volume Horaire/Format	Format	Heures
	CM	27 H
	TD	H
	TP	H
	Projet encadré	H
	Projet en autonomie	H
	Total	27 heures

Acquis d'apprentissage visés

Compétence(s)	<p>Le but de cet enseignement est de donner aux étudiants les éléments de base de la compréhension du comportement des matériaux vis-à-vis des principales causes d'endommagement rencontrées dans le domaine de l'ingénierie mécanique.</p> <p>L'enseignement doit permettre d'identifier et de comprendre ces mécanismes, de proposer des solutions pour s'en prémunir voire pour les maîtriser.</p> <p>Les quatre classes de mécanismes étudiés sont : la corrosion, le vieillissement hygrothermique et UV des matériaux polymères, la fatigue mécanique, les sollicitations tribologiques.</p>
	<p><i>The aim of this course is to provide students with a basic understanding of the behaviour of materials with respect to the main causes of damage encountered in the field of mechanical engineering.</i></p>
	<p><i>The aim of the course is to identify and understand these mechanisms, and to propose solutions to prevent or even control them.</i></p>
	<p><i>The four classes of mechanisms studied are: corrosion, hygrothermal and UV ageing of polymer materials, mechanical fatigue and tribological stress.</i></p>

Modalités d'évaluation

Formule d'évaluation	$(1 \cdot DS1 + 1 \cdot DS2) / 2$
----------------------	-----------------------------------

Langue d'enseignement

Langue	Français/French
--------	-----------------

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Objectifs de la formation visés

Objectifs généraux

- L'objectif du cours de **fatigue**, est de donner aux étudiants les outils de base permettant la compréhension et l'analyse du comportement des matériaux et des structures sous sollicitations mécaniques cycliques. L'enseignement présente les principaux mécanismes d'endommagement de fatigue des matériaux et expose les paramètres associés à la caractérisation de ces comportements. Les principaux résultats expérimentaux (courbes d'endurance et diagramme d'endurance) sont présentés ainsi que les modèles de durée de vie en fatigue. Leur mise en œuvre dans le cadre du dimensionnement de pièces mécaniques est réalisée.
 - L'objectif du cours consacré à la **tribologie** vise à approfondir la compréhension des phénomènes de frottement, d'usure et de lubrification, qui sont des causes majeures de dégradation des matériaux dans les systèmes mécaniques. Les étudiants devront analyser des systèmes tribologiques complexes et proposer des solutions pour améliorer leur durabilité.
 - L'objectif du cours de **vieillissement hygrothermique et UV des polymères** est de donner aux étudiants une vue d'ensemble sur les processus s'opérant au sein du polymère lors de son vieillissement physique et chimique. L'étudiant appliquera aussi des règles de calcul pour une présélection de grades de matériaux pour augmenter au mieux la durée de vie des polymères dans ces environnements de vieillissement.
 - L'objectif du cours de corrosion est d'appréhender le **rôle fondamental** des surfaces et des interfaces dans l'établissement des **propriétés fonctionnelles de résistance à la corrosion** et dans l'**endommagement** et la ruine des structures.
- The aim of the fatigue course is to give students the basic tools for understanding and analysing the behaviour of materials and structures under cyclic mechanical stress. The course presents the main fatigue damage mechanisms of materials and outlines the parameters associated with the characterisation of these behaviours. The main experimental results (endurance curves and endurance diagrams) are presented, along with fatigue life models. They are then applied to the design of mechanical parts.*
- The aim of the course devoted to tribology is to gain a deeper understanding of friction, wear and lubrication phenomena, which are major causes of material degradation in mechanical systems. Students will analyse complex tribological systems and propose solutions to improve their durability.*
- The aim of the course on hygrothermal and UV ageing of polymers is to give students an overview of the processes occurring within polymers during physical and chemical ageing. Students will also apply calculation rules for pre-selecting grades of materials in order to maximise the lifetime of polymers in these ageing environments.*
- The aim of the corrosion course is to understand the fundamental role of surfaces and interfaces in establishing functional properties of corrosion resistance and in the damage and failure of structures.*

Contenus

- 1 – Cours de Corrosion (4h)
 - **Tendance à la corrosion** (Nature électrochimique, thermodynamique électrochimique, loi de Nernst et diagramme de Pourbaix)
 - **Vitesse de corrosion** (Polarisation, mesure de vitesse de corrosion)
 - **C. Passivité** (Courbes de polarisation des métaux passivables, Effet de la polarisation cathodique)
- 2 – Cours de vieillissement hygrothermique et UV des matériaux polymères (8h)

En vieillissement hygrothermique et UV, le cours présentera les principaux modes de vieillissement physique et chimique des polymères sous l'action de l'eau (diffusion, plastification, gonflement, hydrolyse) ou des UV solaires (absorption, réactions photochimiques, stabilisation), en lien avec les conséquences sur les propriétés du matériau. Il sera proposé des outils de calculs de la durabilité des polymères dans ces milieux de vieillissement.
- 3 – Cours de fatigue des matériaux et des structures (8h)
 - Phénomènes physiques, définitions
 - Essais de fatigue et courbe de Wöhler
 - Diagrammes d'endurance
 - Modèles de durée de vie
 - Lois de cumul du dommage
 - Stratégie de calcul
 - Propagation des fissures de fatigue
- 4 – Cours de tribologie (7 h)

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Études de cas pratiques : Les étudiants analyseront des cas industriels réels, tels que la dégradation de composants mécaniques soumis à des frottements dans des environnements sévères. À partir de données expérimentales et de résultats de tests, ils devront identifier les mécanismes d'usure en jeu (adhésion, abrasion, fatigue de surface, etc.) et évaluer leur impact sur la performance globale du système.

Approches expérimentales : Les étudiants analyseront des expériences tribologiques issues de la littérature et des études menées au LGP. Ces travaux expérimentaux seront utilisés pour valider des modèles théoriques ou pour comparer l'efficacité de lubrifiants et de matériaux de revêtement.

Durabilité et éco-conception : Une attention particulière sera portée à l'intégration des principes de durabilité. Les étudiants devront justifier le choix des matériaux et des solutions techniques en prenant en compte leur impact environnemental, comme la réduction des déchets ou l'utilisation de lubrifiants respectueux de l'environnement.

1 - Corrosion course (4h)

- Corrosion tendency (electrochemical nature, electrochemical thermodynamics, Nernst's law and Pourbaix diagram)
- Corrosion rate (Polarisation, corrosion rate measurement)
- C. Passivity (Polarisation curves for passivable metals, Effect of cathodic polarisation)

2 - Course on hygrothermal and UV ageing of polymer materials (8h)

In hygrothermal and UV ageing, the course will present the main modes of physical and chemical ageing of polymers under the action of water (diffusion, plasticisation, swelling, hydrolysis) or solar UV (absorption, photochemical reactions, stabilisation), in relation to the consequences on the properties of the material. Tools for calculating the durability of polymers in these ageing environments will be proposed.

3 - Fatigue of materials and structures (8h)

- Physical phenomena, definitions
- Fatigue tests and Wöhler curve
- Endurance diagrams
- Service life models
- Damage accumulation laws
- Calculation strategy
- Fatigue crack propagation

4 - Tribology course (7 h)

Practical case studies: Students will analyse real industrial cases, such as the degradation of mechanical components subjected to friction in harsh environments. Using experimental data and test results, they will identify the wear mechanisms involved (adhesion, abrasion, surface fatigue, etc.) and assess their impact on overall system performance.

Experimental approaches: Students will analyse tribological experiments from literature and studies conducted at LGP. This experimental work will be used to validate theoretical models or to compare the effectiveness of lubricants and coating materials.

Sustainability and eco-design: Particular attention will be paid to the integration of sustainability principles. Students will have to justify the choice of materials and technical solutions by taking into account their environmental impact, such as waste reduction or the use of environmentally friendly lubricants.

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Méthodes et/ou moyens pédagogiques

Les cours sont donnés en amphî.

Pour la partie **fatigue**, les étudiants disposent d'une copie des supports de cours de type powerpoint (imprimée et en accès sur moodle). Des exercices illustratifs des différentes notions sont réalisés en interaction avec les étudiants et corrigés en séance.

Pour la partie **Tribologie**,

1. Cours magistraux

Les concepts théoriques et les cas pratiques sont présentés en cours, suivis immédiatement d'applications pratiques et d'échanges interactifs.

2. Méthodes interactives et collaboratives

Échanges et débats : Les séances favorisent les discussions autour des concepts abordés pour consolider la compréhension.

3. Évaluations formatives et continues

Des QCM sont régulièrement proposés pendant les séances ou en fin de séances. Ces évaluations portent sur les enseignements de la séance précédente en cours pour renforcer l'assimilation progressive des notions. Les résultats et corrigés sont communiqués après la séance pour aider les étudiants à identifier leurs difficultés et progresser.

4. Utilisation de ressources numériques sur Moodle

Les étudiants ont accès à des supports pédagogiques variés : cours, annales. Moodle permet une révision autonome et approfondie des notions grâce à des ressources disponibles à tout moment.

Pour la partie sur **le vieillissement hygrothermique et UV des matériaux polymères**, les étudiants disposent d'une copie des supports de cours de type powerpoint. Des exercices illustratifs sont réalisés en interaction avec les étudiants.

For the Tribology section,

1. Lectures

Theoretical concepts and practical cases are presented in class, immediately followed by practical applications and interactive discussions.

2. Interactive and collaborative methods

Exchanges and debates: The sessions encourage discussion of the concepts covered to consolidate understanding.

3. Formative and continuous assessment

MCQs are regularly offered during or at the end of sessions. These assessments focus on what has been taught in the previous session to reinforce the gradual assimilation of concepts. The results and answers are communicated after the session to help students identify their difficulties and make progress.

4. Use of digital resources on Moodle

Students have access to a variety of teaching aids: courses, exam papers. Moodle allows students to revise concepts independently and in depth, with resources available at all times.

For the section on hygrothermal and UV ageing of polymer materials, students are given a copy of the PowerPoint-type course material. Illustrative exercises are carried out in interaction with the students.

Prérequis pour l'EC

Prérequis

Les différentes notions d'analyse du comportement mécanique des matériaux et des structures (RDM, mécanique des solides).

Pour la partie sur **le Vieillissement hygrothermique et UV des matériaux polymères** :

Enseignements de science des matériaux S3 (IGENI-EC0323), S4 (IGENI-EC0434) et S5 (IGENI-EC0531), Relations Structures-propriétés 1 (IGENI- EC0712)

(Idem pour la tribologie)

The various notions of analysis of the mechanical behaviour of materials and structures (RDM, solid mechanics).

For the section on hygrothermal and UV ageing of polymer materials:

Materials science courses S3 (IGENI-EC0323), S4 (IGENI-EC0434) and S5 (IGENI-EC0531), Structures-properties relationships 1 (IGENI-EC0712).

(Ditto for tribology)

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Travail personnel hors présentiel

Volume horaire	Cliquez ici et entrez le nombre d'heures de travail personnel Heures
Type de travail	Relecture régulière du cours. Révision de l'examen. Regular re-reading of the course. Exam revision.

Ressources bibliographiques

- J. Frene (2001) *La tribologie de l'Antiquité à nos jours* Mec. Ind 2, 263-282. Également publié dans l'ouvrage de J. Frene et coll. (1988) *Lubrification hydrodynamique : paliers et butées* (chap 1) éd. Eyrolles.
- K.L. Johson (1985) *Contact Mechanisms* Cambridge University Press, 452 pages, ISBN 0-521-34796-3.
- J. Denape, N. Laraqi (2000) *Aspect thermique du frottement : mise en évidence expérimentale et éléments de modélisation*, *Mécanique et Industrie* 1, 563-579.
- G. Zambelli, L. Vincent (1998) *Matériaux et contacts : une approche tribologique* Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, 338 pages, ISBN 2-88074-338-9.
- J.-M. Georges (2000) *Frottement, usure et lubrification : la tribologie ou science des surfaces*, éd. Eyrolles, 424 pages, ISBN 2-212-05823-3 ou CNRS éditions ISBN 2-271-05668-3.
- J. Denape (2014) *Third Body Concept and Wear Particle Behaviour in Dry Sliding Friction*, 5th Intern. Symp. On Aircraft Materials (ACMA 5) 23-26 April 2014, Marrakech-Marocco, 23. ISBN 978-2-9534804-3-6.
- Bathias, C., & Pineau, A. (2008). *Fatigue des matériaux et des structures 1: Introduction, endurance, amorçage et propagation des fissures...* Hermès science.
- P. Rabbe, H.6P. Lieurade, A. Galtier, *Techniques de l'ingénieur*, m4170, *Essais de fatigue - Partie I*
- P. Rabbe, H.6P. Lieurade, A. Galtier, *Techniques de l'ingénieur*, m4171, *Essais de fatigue - Partie II*
- M. Cartier (2000) *Guide d'emploi des traitements de surfaces appliqués aux problèmes de frottement* éd. Technique et Documentation, 408 pages.
- A. Cornet, J.-P. Deville (1998) *Physique et ingénierie des surfaces*, EDP Sciences, 338 pages.
- G.W. Stachowiak, A.W. Batchelor (2001) *Engineering Tribology 2nd edition*, Butterworth-Heinemann ed., 744 pages, ISBN .
- J. Frebe et coll. (1988) *Lubrification hydrodynamique : paliers et butées* éd. Eyrolles.
- B. Baroux, *La corrosion des métaux*, Dunod, 2014.
- Ehrenstein G.W, Pongratz S, *Resistance and stability of polymers*, 2013
- Fayolle B, Verdu J, *Vieillissement physique des matériaux polymères*, *Techniques de l'Ingénieur Matériaux : résistance à la corrosion et au vieillissement*, 2005
- Richaud E, Verdu J, *Vieillissement chimique des matériaux polymères*, *Techniques de l'Ingénieur Matériaux : résistance à la corrosion et au vieillissement*, 2011

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Code EC	IGENI-EC0924
Code UE	IGENI-UE0902
Coefficient interne à l'EC	1,6

Coordinateur ENIT de l'EC	Vincent Wagner
---------------------------	----------------

Présentation de l'EC

Nom de l'EC	FAO Surfacique
Nom(s) du/des enseignant(s)	Vincent Wagner

Volume Horaire/Format	Format	Heures
	CM	4 H
	TD	4 H
	TP	16 H
	Projet encadré	H
	Projet en autonomie	H
	Total	24 heures

Acquis d'apprentissage visés

Compétence(s)	<p>À l'issue du module, l'étudiant sera capable de concevoir des gammes de fabrication pour des pièces complexes, en garantissant la faisabilité technique (accessibilité outil, rigidité machine) et la performance économique (coût matière, productivité).</p> <p><i>At the end of the module, the student will be able to design manufacturing process plans for complex parts, ensuring both technical feasibility (tool accessibility, machine rigidity) and economic performance (material cost, productivity).</i></p>
---------------	--

Modalités d'évaluation

Formule d'évaluation	$(1*PJ1+1*RAP1)/2$
----------------------	--------------------

Langue d'enseignement

Langue	English friendly
--------	------------------

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Objectifs de la formation visés

Objectifs généraux

L'objectif de cet enseignement est de maîtriser les méthodes de conception et de fabrication de formes gauches (surfaces complexes non développables) en intégrant des contraintes industrielles critiques : tolérances géométriques serrées (ISO 1101) et exigences d'état de surface (rugosité $Ra < 0,8 \mu\text{m}$, absence de réveil de matière). Les étudiants apprendront à modéliser géométriquement ces surfaces (NURBS, maillages STL) via des logiciels de CFAO (CATIA, PowerMill), puis à générer des trajectoires d'outil optimisées pour l'usinage 5 axes.

Deux stratégies clés seront approfondies :

- L'usinage en bout (fraise en position normale à la surface), idéal pour les cavités profondes et les angles fermés.
- L'usinage roulant (orientation dynamique de l'outil), adapté aux profils aérodynamiques ou biomédicaux.

Une attention particulière sera portée aux interactions procédé/qualité : analyse des défauts induits par les vibrations (marquage en balayage), compensation thermique des machines, et influence des paramètres de coupe sur l'écaillage superficiel.

Ces concepts seront appliqués lors de la réalisation d'une pièce projet (exemple : pale de turbine ou implant orthopédique), où les étudiants devront :

Définir un plan de tolérancement fonctionnel en lien avec le cahier des charges.

Choisir une stratégie d'usinage équilibrant temps-cycle, usure outil et finition.

Valider expérimentalement la qualité via une machine à mesurer tridimensionnelle (MMT) et un profilomètre 3D.

Course Objective

*This course aims to master the methods for designing and manufacturing non-developable surfaces (complex, non-flattenable geometries) while integrating critical industrial constraints: tight geometric tolerances (ISO 1101) and surface finish requirements (roughness $Ra < 0.8 \mu\text{m}$, absence of material pull-up). Students will learn to geometrically model these surfaces (NURBS, STL meshes) using **CAD/CAM software** (CATIA, PowerMill) and generate optimized toolpaths for **5-axis machining**.*

Key Strategies

- **End milling** (tool perpendicular to the surface): Ideal for deep cavities and tight corners.
- **Contour milling** (dynamic tool orientation): Suited for aerodynamic profiles or biomedical implants.

Process-Quality Interactions

Special attention will be given to:

- Vibration-induced defects (e.g., chatter marks)
- Machine thermal compensation
- Impact of cutting parameters on surface work-hardening

Project Implementation

Students will apply these concepts to a **project piece** (e.g., turbine blade or orthopedic implant), requiring them to:

1. Define a functional tolerance plan aligned with specifications.
2. Select a machining strategy balancing cycle time, tool wear, and finish quality.
3. Validate quality experimentally using a **coordinate measuring machine (CMM)** and **3D profilometer**.

Contenus

1. Modèles CAO de surfaces gauches

Bézier :

- Définition mathématique via points de contrôle (équation polynomiale)
- Applications : design automobile (carrosseries), aéronautique (profils d'aile)
- Limites : difficulté de contrôle local sur la courbe

B-splines :

- Généralisation des Bézier avec vecteurs de nœuds pour un contrôle localisé
- Avantage : modification d'un segment sans affecter toute la surface

NURBS (Non-Uniform Rational B-Splines) :

- Modèle standard en CAO (CATIA, Siemens NX)
- Capacité à représenter formes analytiques (cercles) et surfaces libres
- Gestion des poids associés aux points de contrôle pour ajustement fin

2. Techniques CAO pour surfaces gauches (CATIA V5)

Outils principaux :

- Générateur de formes : Multi-Sections, Sweep, Blend
- Repair Assistant : Correction des discontinuités (G0 à G3)
- Connect Checker : Analyse des écarts entre surfaces

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Bonnes pratiques :

- Utilisation de continuité G2/G3 pour transitions fluides (design aérodynamique)
- Optimisation des maillages via Simplification pour FAO

3. Stratégies d'usinage (3 à 5 axes)

Paramètre	Usinage 3 axes	Usinage 5 axes
Complexité	Surfaces planes/faible pente	Formes organiques/contre-dépouilles
État de surface	Risque de marquage (vibrations)	Finition homogène (orientation adaptative)
Productivité	Temps de réglage multiples	Usinage mono-montage

Optimisation :

- Z-Level pour poches profondes
- Fraisage roulant 5 axes (outil tangentiel) pour intégrité métallurgique

4. Techniques FAO 5 axes (CATIA V5)

Workflow :

1. Définition des axes machines (tournage/fraisage)
2. Calcul de trajectoire :
 - Contournage libre avec contrôle de l'angle de lead/lag
 - Avoidance automatique des collisions (module Prismatic Machining)
3. Post-processing : Adaptation aux contrôleurs machines (ex : FANUC)

Cas critique :

- Usinage de turbines en Inconel avec compensation thermique intégrée

5. Étude de cas : Pièce "projet"

Exemple : Pale de turbine

- Étape 1 : Modélisation NURBS dans Generative Shape Design
- Étape 2 : Stratégie Swarf Machining (5 axes) pour flancs convexes
- Étape 3 : Vérification par Analyse de tolérancement (écarts < 5µm)

Résultats :

- Réduction de 40% du temps d'usinage vs. 3+2 axes
- Rugosité Ra < 0.8 µm sans polissage

6. Projet FAO surfacique

Maquette pédagogique :

- Phase 3 axes :
 - Surfaçage avec Z-Level Roughing
 - Détourage profilé (tolérance ±0.05 mm)
- Phase 5 axes :
 - Multi-Axis Pocket pour cavités complexes
 - Simulation des efforts de coupe via Abaqus

Livrables :

- Rapport comparatif temps/qualité entre méthodes
- Bibliothèque d'outils CATIA réutilisable (fraise boule, torique)

1. CAD Models of Non-Developable Surfaces

Bézier:

- **Mathematical definition** via control points (polynomial equations).
- **Applications:** Automotive design (bodywork), aerospace (wing profiles).
- **Limitations:** Difficulty in localized curve control.

B-splines:

- Generalization of Bézier curves with knot vectors for localized control.
- **Advantage:** Segment modification without affecting the entire surface.

NURBS (Non-Uniform Rational B-Splines):

- **Industry-standard CAD model** (CATIA, Siemens NX).
- Ability to represent analytical shapes (circles) and freeform surfaces.
- **Weight management** for control points to fine-tune adjustments.

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

2. CAD Techniques for Non-Developable Surfaces (CATIA V5)

Primary Tools:

- **Shape Generator:** Multi-Sections, Sweep, Blend.
- **Repair Assistant:** Correct discontinuities (G0 to G3).
- **Connect Checker:** Analyze gaps between surfaces.

Best Practices:

- Use **G2/G3 continuity** for smooth transitions (aerodynamic design).
- Optimize meshes via **Simplification** for CAM.

3. Machining Strategies (3 to 5 Axis)

Parameter	3-Axis Machining	5-Axis Machining
Complexity	Planar/low-slope surfaces	Organic shapes/undercuts
Surface Finish	Risk of vibration marks	Homogeneous finish (adaptive tool orientation)
Productivity	Multiple setup requirements	Single setup machining

Optimization:

- **Z-Level** for deep pockets.
- **5-Axis Contour Milling** (tangential tool) for metallurgical integrity.

4. 5-Axis CAM Techniques (CATIA V5)

Workflow:

1. Machine Axis Definition (turning/milling).
2. Toolpath Calculation:
 - Free Contouring with lead/lag angle control.
 - Automatic collision avoidance (Prismatic Machining module).
3. Post-Processing: Adaptation to machine controllers (e.g., FANUC).

Critical Case:

- Machining Inconel turbines with integrated thermal compensation.

5. Case Study: "Project" Part

Example: Turbine Blade

- Step 1: NURBS modeling in Generative Shape Design.
- Step 2: Swarf Machining strategy (5-axis) for convex flanks.
- Step 3: Tolerance analysis verification (<5µm deviations).

Results:

- 40% reduction in machining time vs. 3+2 axis.
- Ra roughness <0.8 µm without polishing.

6. Surface CAM Project

Pedagogical Mock-Up:

- 3-Axis Phase:
 - Facing with Z-Level Roughing.
 - Profile cutting (± 0.05 mm tolerance).
- 5-Axis Phase:
 - Multi-Axis Pocket for complex cavities.
 - Cutting force simulation via Abaqus.

Deliverables:

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Méthodes et/ou moyens pédagogiques	<ul style="list-style-type: none"> • Comparative time/quality report between methods. • Reusable CATIA tool library (ball nose, toroidal cutters). <p>Cet enseignement se base sur une démarche projet. Les élèves doivent créer une pièce, établir gamme de fabrication et la programmation, réaliser l'usinage et enfin identifier les éventuelles différences entre programmation et réalité.</p> <p><i>This course is based on a project-based approach. Students are required to design a part, define the manufacturing process and programming, carry out the machining, and finally identify any discrepancies between the programming and the actual outcome.</i></p>
---	--

Prérequis pour l'EC

Prérequis	<p>Méthodes de fabrication (tournage, fraisage, perçage... Outils coupants, paramètres de coupe, outillage), Mise en oeuvre des machines-outils à commande numérique, programmation en commande numérique, Fabrication assistée par Ordinateur (FAO 2,5 et 3 axes).</p> <p><i>Manufacturing methods (turning, milling, drilling... cutting tools, cutting parameters, tooling), operation of CNC machine tools, CNC programming, Computer-Aided Manufacturing (CAM for 2.5- and 3-axis machining).</i></p>
------------------	--

Travail personnel hors présentiel

Volume horaire	10 Heures
Type de travail	<p>Finaliser la programmation Réaliser le rapport</p> <p><i>Finalize the programming Write the report</i></p>

Ressources bibliographiques

- Modélisation et construction de surface pour la CFAO, Jean-Claude LEON, Bibliothèque ENIT 516.3 LEO.
- B-splines, R.H. BARTELS, Bibliothèque ENIT 516.3 BAR.
- L'utilisation des courbes et surfaces en CAO, Pierre Bézier, Bibliothèque ENIT 516.3 BEZ.
- Fabrication assistée par ordinateur, Alain BERNARD, Lavoisier, 2003.
- L'usinage 5 axes, Eric GALLET et Christophe DESPLATZ, Publications CETIM, 2004.

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Code UE	IGENI-UE0903
Crédits ECTS	3
Coefficient interne à l'UE	2,9

Présentation de l'UE

Nom de l'UE	GESTION ET CONDUITE DE SYSTEMES COMPLEXES
Nom(s) du/des enseignant(s)	

Volume Horaire/Format	Format	Heures
	CM	26 H
	TD	12 H
	TP	4 H
	Projet encadré	0 H
	Projet en autonomie	0 H
	Total	42 heures

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Thèmes et Objectifs de la formation visés

Principaux thèmes abordés	<ul style="list-style-type: none">• Sûreté de fonctionnement des systèmes industriels : fiabilité, maintenabilité, sécurité, outils et méthodes d'analyse (AMDEC, arbre de défaillance, PHM...).• Méthodologie de résolution de problèmes : approche structurée (méthode POSTE), outils de la qualité, gestion des biais cognitifs.• Gestion des chaînes logistiques et systèmes ERP : modélisation de la demande, points de rentabilité, architecture des systèmes d'information, modélisation conceptuelle (ERD).• Commandes adaptatives et en boucle ouverte : principes fondamentaux, calcul et mise en œuvre dans des systèmes mécatroniques.
Principaux objectifs généraux visés	<ul style="list-style-type: none">• Apprendre à analyser, modéliser et optimiser des systèmes complexes à composantes multiples (techniques, organisationnelles, logistiques).• Développer une capacité d'identification et de résolution rigoureuse de problèmes industriels à l'aide de méthodes structurées et d'outils d'aide à la décision.• Intégrer la sûreté de fonctionnement dans la conception, la maintenance et le pilotage de systèmes industriels.• Mettre en œuvre des solutions technologiques de commande adaptées à des systèmes physiques réels, en exploitant des environnements de simulation (type Matlab).• Comprendre les fondements de la gestion des flux logistiques et de l'organisation des données dans un ERP.

Acquis d'apprentissage visés

Compétence(s)	<p>Compétence principale de l'UE : À l'issue de l'UE, les étudiants seront en mesure, lorsqu'ils devront piloter ou améliorer des systèmes industriels complexes dans leur futur métier, d'analyser, modéliser et optimiser ces systèmes en combinant des approches méthodologiques, logistiques et technologiques, en montrant qu'ils maîtrisent les outils de diagnostic, de commande, de gestion logistique et de résolution de problèmes de manière rigoureuse, structurée et intégrée.</p> <p>Compétences complémentaires (liées à des EC spécifiques) : À l'issue de l'UE, les étudiants seront en mesure, lorsqu'ils devront identifier les causes d'un dysfonctionnement organisationnel ou technique en environnement industriel, de mobiliser une méthode de résolution de problèmes (POSTE) et les outils de qualité associés, en montrant leur capacité à raisonner de façon critique, factuelle et collaborative. À l'issue de l'UE, les étudiants seront en mesure, lorsqu'ils auront à modéliser les flux d'une chaîne logistique ou concevoir un ERP adapté, d'identifier les besoins, de représenter les données via des modèles conceptuels (ERD), et d'analyser la performance logistique, en montrant une capacité à articuler besoins fonctionnels et solutions technologiques. À l'issue de l'UE, les étudiants seront en mesure, lorsqu'ils devront concevoir une commande pour un système mécatronique (par ex. un drone), de calculer et d'implémenter une commande adaptative ou en boucle ouverte, en montrant leur capacité à adapter le contrôle à des conditions dynamiques ou mal amorties.</p>
----------------------	--

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Code EC	IGENI-EC0931
Code UE	IGENI-UE0903
Coefficient interne à l'EC	0,8

Coordinateur ENIT de l'EC	Cliquez ici et entrez le nom du coordinateur
---------------------------	--

Présentation de l'EC

Nom de l'EC	Sûreté de fonctionnement et Pronostic / RAMS & PHM
Nom(s) du/des enseignant(s)	Pr. François Pérès Pr. Kamal Medjaher

Volume Horaire/Format	Format	Heures
	CM	7,5 H
	TD	4 H
	TP	H
	Projet encadré	H
	Projet en autonomie	H
	Total	11,5 heures

Acquis d'apprentissage visés

Compétence(s)	<p>À l'issue de cet enseignement, les étudiants seront capables :</p> <p>D'intégrer des concepts de sûreté de fonctionnement dans la conception et l'optimisation des systèmes industriels pour garantir leur disponibilité et leur fiabilité.</p> <ul style="list-style-type: none"> • D'évaluer l'efficacité des stratégies de maintenance et proposer des améliorations basées sur des données opérationnelles. • D'appliquer des méthodologies statistiques et probabilistes pour la gestion des défaillances et la prédiction des performances des systèmes. • D'identifier et évaluer les risques et défaillances des systèmes industriels en appliquant des méthodes avancées de sûreté de fonctionnement, telles que l'AMDEC, l'Analyse Préliminaire des Risques, les arbres de défaillance et les Diagrammes de Fiabilité. • D'utiliser des outils et logiciels spécifiques pour diagnostiquer des défaillances et simuler les scénarios de maintenance corrective et prédictive. <p><i>On completion of this course, students will be able to:</i></p> <p><i>Integrate dependability concepts into the design and optimisation of industrial systems to guarantee their availability and reliability.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Assess the effectiveness of maintenance strategies and suggest improvements based on operational data.</i> • <i>Apply statistical and probabilistic methodologies for managing failures and predicting system performance.</i> • <i>Identify and assess the risks and failures of industrial systems by applying advanced operational safety methods such as FMECA, Preliminary Risk Analysis, fault trees and Reliability Diagrams.</i> • <i>Use specific tools and software to diagnose faults and simulate corrective and predictive maintenance scenarios.</i>

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Modalités d'évaluation

Formule d'évaluation

$(1*CC1+1*CC2)/2$

Langue d'enseignement

Langue

English friendly

Objectifs de la formation visés

Objectifs généraux

L'objectif principal de cet enseignement est de fournir aux étudiants les compétences nécessaires pour **intégrer les outils de la sûreté de fonctionnement et du PHM dans la définition des stratégies de maintenance et de soutien logistique**, en intégrant des outils analytiques et des méthodologies spécifiques. À l'issue de cet EC, les étudiants auront les capacités nécessaires pour :

• **En termes de Connaissances (Domaine cognitif) :**

- Comprendre les principes fondamentaux de la sûreté de fonctionnement, incluant les notions de fiabilité, disponibilité, maintenabilité et sécurité (RAMS).
- Appliquer les méthodologies analytiques et probabilistes telles que l'Analyse Préliminaire des Risques, l'AMDEC, les Arbres de Défaillance, les Diagrammes de Fiabilité.
- Appréhender les bases théoriques nécessaires au diagnostic et au pronostic des systèmes industriels.
- Optimiser des stratégies de maintenance en intégrant les contraintes économiques et environnementales.

• **Sur le plan du Savoir-faire (Domaine pragmatique) :**

- Réaliser des analyses de risques et des évaluations de défaillance en utilisant des outils et logiciels spécialisés.
- Appliquer des techniques de prétraitement des données, de diagnostic des défauts, et de pronostic de la durée de vie restante (RUL).
- Modéliser des systèmes complexes en intégrant des données opérationnelles et des modèles probabilistes.
- Synthétiser des résultats techniques pour les présenter sous forme de rapports ou de visualisations adaptées aux parties prenantes.

• **Au niveau du Savoir-être (Domaine affectif) :**

- Saisir les enjeux liés à la sûreté de fonctionnement dans les secteurs industriels, notamment en matière de sécurité humaine et environnementale.
- Développer une approche critique face aux choix de maintenance et aux décisions opérationnelles.
- Collaborer efficacement au sein d'équipes pluridisciplinaires pour résoudre des problématiques complexes.

*The main objective of this course is to provide students with the necessary skills to **integrate the tools of dependability and PHM in the definition of maintenance and logistic support strategies**, by integrating analytical tools and specific methodologies. At the end of this CE, students will have the necessary skills to:*

• **In terms of Knowledge (Cognitive domain) :**

- *Understand the fundamental principles of dependability, including the concepts of reliability, availability, maintainability and safety (RAMS).*
- *Applying analytical and probabilistic methodologies such as Preliminary Risk Analysis, FMEA, Fault Trees and Reliability Diagrams.*
- *Understand the theoretical bases required for diagnosing and prognosticating industrial systems.*
- *Optimising maintenance strategies by integrating economic and environmental constraints.*

• **In terms of know-how (pragmatic domain) :**

- *Carrying out risk analyses and failure assessments using specialised tools and software.*
- *Apply data pre-processing, fault diagnosis and remaining useful life (RUL) prediction techniques.*
- *Modelling complex systems by integrating operational data and probabilistic models.*
- *Synthesise technical results and present them in the form of reports or visualisations tailored to*

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

stakeholders.

- **Personal skills (affective domain) :**

- Understand the challenges associated with operational safety in industrial sectors, particularly in terms of human and environmental safety.
- Develop a critical approach to maintenance choices and operational decisions.
- Working effectively in multidisciplinary teams to solve complex problems.

Partie 1 : Fondements théoriques et méthodologies (3,5h Cours + 4h TD)

1. Stratégies de maintenance et de soutien logistique

- Typologie des stratégies de maintenances : corrective, préventive, prédictive et améliorative.
- Présentation des concepts associés au Soutien logistique intégré (SLI) : Anticipation des besoins en ressources et gestion des infrastructures nécessaires à la maintenance.

2. Caractérisation des mesures de la sûreté de fonctionnement (SDF)

- Rappel des éléments caractéristiques de la gestion des risques
- Définition des mesures de SDF : Fiabilité, Disponibilité, Maintenabilité et Sécurité (RAMS) ainsi que des indicateurs clés : MTBF, MTTR, taux de défaillance.
- Présentation des lois de probabilité utilisées en Sûreté de Fonctionnement

3. Méthodes et outils de l'ingénieur en sûreté de fonctionnement

- Méthodes qualitatives : Analyse Préliminaire des Risques, AMDEC (Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leur Criticité)
- Approches quantitatives : Arbres de Défaillance, Diagrammes de Fiabilité.

Partie 2 : Applications pratiques et études de cas (4h Cours)

1. Introduction au PHM

- Motivation
- Prognostics and Health Management (PHM)
- Pronostic de défaillances
- Métriques de pronostic

2. Surveillance de l'état, détection des pannes et diagnostic

- Introduction
- Diagnostic quantitatif

Part 1: Theoretical foundations and methodologies (3.5h lecture + 4h tutorial)

1. Maintenance and logistics support strategies

- Typology of maintenance strategies: corrective, preventive, predictive and enhancement.
- Presentation of the concepts associated with Integrated Logistics Support (ILS): Anticipating resource requirements and managing the infrastructures needed for maintenance.

2. Characterisation of dependability measures (SDF)

- Key elements of risk management
- Definition of SDF measures: Reliability, Availability, Maintainability and Safety (RAMS) as well as key indicators: MTBF, MTTR, failure rate.
- Presentation of the laws of probability used in operational safety

3. Methods and tools for the dependability engineer

- Qualitative methods: Preliminary Risk Analysis, FMEA (Failure Modes, Effects and Criticality Analysis)
- Quantitative approaches: Fault trees, Reliability diagrams.

Part 2: Practical applications and case studies (4 hrs)

1. Introduction to PHM

- Motivation

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

- Prognostics and Health Management (PHM)
- Fault prognostics
- Prognostics metrics

2. Condition monitoring, fault detection and diagnostics

- Introduction
- Quantitative analysis

Méthodes et/ou moyens pédagogiques

Le cours adopte une approche pédagogique mixte qui combine des **notions théoriques**, et des **exercices pratiques** en vue de maximiser l'apprentissage des concepts clés et leur mise en pratique. Les moyens pédagogiques innovants suivants sont mis en place :

1. Cours magistraux interactifs 7,5h

Les notions théoriques sont présentées sous forme de cours magistraux, enrichis par des supports visuels dynamiques et des échanges interactifs avec les étudiants pour stimuler la réflexion et assurer une compréhension approfondie des concepts.

2. Exercices pratiques et études de cas 4h

Des exercices pratiques sont proposés pour appliquer immédiatement les concepts théoriques permettant aux étudiants de se confronter à un cadre applicatif représentatif d'un environnement industriel et d'un rôle d'ingénieur qui sera le leur plus tard.

*The course adopts a mixed pedagogical approach that combines **theoretical concepts** with **practical exercises** to maximise the learning of key concepts and their practical application. The following innovative teaching methods are used:*

1. Interactive lectures 7.5h

Theoretical concepts are presented in the form of lectures, enhanced by dynamic visual aids and interactive exchanges with students to stimulate reflection and ensure a thorough understanding of the concepts.

2. Practical exercises and case studies 4h

Practical exercises are proposed to immediately apply the theoretical concepts, allowing students to confront themselves with an application framework representative of an industrial environment and an engineering role that will be theirs later on.

Prérequis pour l'EC

Prérequis

Les étudiants devront posséder une base solide en mathématiques appliquées, en physique des systèmes, et en modélisation, ainsi qu'une compréhension générale des concepts de maintenance industrielle. Une première expérience avec des outils informatiques et des logiciels de simulation serait également un atout pour réussir ce cours.

Students will need a solid grounding in applied mathematics, systems physics and modelling, as well as a general understanding of industrial maintenance concepts. A first experience with computer tools and simulation software would also be an asset to pass this course.

Travail personnel hors présentiel

Volume horaire

4 h

Type de travail

Pour intégrer les concepts et se préparer à l'examen, les étudiants devront relire les supports de cours, compléter leurs notes, et résoudre des exercices pratiques, notamment sur le plan des calculs probabilistes et de la méthodes des résidus.

To integrate the concepts and prepare for the exam, students will have to reread the course material, complete their notes and solve practical exercises, particularly in terms of probabilistic calculations and residual methods.

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Ressources bibliographiques

- G. Zwingelstein, Diagnostic des défaillances : théorie et pratique pour les systèmes industriels. Hermès 1995.
- R. Toscano, Commande et diagnostic des systèmes dynamiques : modélisation, analyse, commande par PID et par retour d'état, diagnostic. Ellipses 2005.
- M. Blanke, M. Kinnaert, J. Lunze, and M. Staroswiecki. Diagnosis and Fault Tolerant Control. Springer-Verlag, 2003.
- U.B. Kjaerulff, A.L. Madsen. Bayesian networks and influence diagrams. A guide to construction and analysis. Springer 2008.
- P. Naïm, P.H. Wuillemin, Ph. Leray, O. Pourret, A. Becker. Réseaux bayésiens. Eyrolles 2004.
- R. Isermann, Supervision, fault detection and fault diagnosis. Control Engineering Practice, Vol. 5, No. 5, pp. 639-652, 1997.
- A. Mathur, K. Cavanaugh, K. Pattipati, P. Willet and T. Galie, Reasoning and Modeling Systems in Diagnosis and Prognosis. In: SPIE Aerospace Conference, Orlando, USA, 2001.
- NF E90-372, NF ISO 13372. Condition monitoring and diagnostics of machines — Vocabulary
- R. Gouriveau, K. Medjaher, N. Zerhouni. From Prognostics and Health Systems Management to Predictive Maintenance 1: Monitoring and Prognostics. ISTE - Wiley, 2016.
- Andrew. K.S. Jardine, Daming Lin, and Dragan Banjevic. A review on machinery diagnostics and prognostics implementing condition-based maintenance. Mechanical Systems and Signal Processing, 20(7) :1483 – 1510, 2006.
- V. Venkatasubramanian 2005. Prognostic and diagnostic monitoring of complex systems for product lifecycle management : Challenges and opportunities. Computers&Chemical Engineering, 29(6) :1253 – 1263, 2005.

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Code EC	IGENI-EC0932
Code UE	IGENI-UE0903
Coefficient interne à l'EC	0,7

Coordinateur ENIT de l'EC	Philippe CLERMONT
---------------------------	-------------------

Présentation de l'EC

Nom de l'EC	Méthodes de résolution de problèmes <i>Problem-solving methods</i>
Nom(s) du/des enseignant(s)	Philippe CLERMONT & Sylvain Poupry

Volume Horaire/Format	Format	Heures
	CM	2 H
	TD	8 H
	TP	H
	Projet encadré	H
	Projet en autonomie	H
	Total	10 heures

Acquis d'apprentissage visés

Compétence(s)	<p>A l'issue de la formation, les étudiants seront capables de résoudre tout type de problèmes de nature organisationnelle ou technique, en agissant sur les causes racine, en vue d'aboutir à des solutions permettant de corriger les effets et d'éradiquer les causes origines du problème. Pour cela, ils s'appuieront sur une méthode structurée et sur les outils basiques de la qualité Cette compétence est utilisable dans tous les métiers de l'ingénieur.</p>
	<p><i>At the end of the training, students will be able to solve any type of organizational or technical problems, acting on root causes, with a view to finding solutions that correct the effects and eradicate the root causes of the problem. To do this, they will use a structured method and the basic quality tools. This skill is usable in all engineering trades.</i></p>

Modalités d'évaluation

Formule d'évaluation	(1*DS1)/1
----------------------	-----------

Langue d'enseignement

Langue	Français/French
--------	-----------------

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Objectifs de la formation visés

Objectifs généraux

Les objectifs généraux de cet enseignement sont les suivants :

- ~ domaine cognitif : savoir résoudre tout problème de nature technique ou organisation à l'aide de la méthode POSTE (Problème, Origine, Solution, Test, Expérience), savoir sélectionner l'outil adéquat pour réaliser chacune des 3 premières phases de la méthode POSTE, savoir définir un objectif pragmatique et le justifier, savoir justifier ses choix
- ~ domaine pragmatique : savoir utiliser plusieurs outils basiques de la qualité (QQCOQPC, Pareto, diagramme d'Ishikawa, matrice de décision, PNI...), avoir une approche factuelle
- ~ domaine affectif : avoir conscience des dérives issues des biais cognitifs dans la résolution de problème et disposer d'outils de questionnement pour les réduire, être conscient de la complexité du travail de groupe dans la résolution de problème.

The general objectives of this course are:

- ~ *cognitive domain: know how to solve any technical or organisational problem using the POSTE (Problem, Origin, Solution, Test, Experience) method, know how to select the appropriate basic quality tool to carry out each of the first three phases of the POSTE method, know how to define a pragmatic objective and justify it, being able to justify their choices*
- ~ *pragmatic domain: know how to use several basic quality tools (five's W, Pareto, Ishikawa diagram, decision matrix, PNI...), have a factual approach*
- ~ *emotional domain: be aware of the deviations from cognitive biases in problem solving reflexion and have questioning tools to reduce them, be aware on complexity of group work in problem solving.*

Contenus

TD n°1 - Etude de cas (4h)

- ~ Présentation de l'enseignement, des objectifs attendus et du mode d'évaluation
- ~ Inclusion avec la météo intérieure
- ~ Apports de notions théoriques et de termes propres à la résolution de problème
- ~ Appropriation du contexte de l'étude de cas (travail d'équipe)
- ~ Proposition par chaque équipe des premières actions à mener
- ~ Analyse des propositions et mise en évidence des erreurs classiques et des biais cognitifs afférents
- ~ Présentation de la méthode POSTE (Capturer le Problème, Identifier les causes Origine, Concevoir des Solutions innovantes, Tester sur le terrain et Capitaliser l'Expérience).
- ~ Focus sur la première phase « Capturer le Problème » et des outils support : QQCOQPCE, mesures et feuilles de relevés, graphiques et Pareto
- ~ Réalisation des 4 actions de la 1^{ère} phase (travail d'équipe)

TD n°2 - Etude de cas (4h)

- ~ Inclusion avec la météo intérieure
- ~ Focus sur la 2^e phase « Identifier les causes Origine » et ses outils support : brainstorming, diagramme d'ishikawa, arbre des causes et 5 Pourquoi ?
- ~ Réalisation de la 2e phase
- ~ Focus sur la 3^e phase « Concevoir des solutions innovantes » et ses outils support : matrice de décision, matrice de stratégie d'actions, courbe du Changement et PNI (Positif, Négatif, Intéressant).
- ~ Réalisation de la 3e phase

Cours n°1 - Synthèse et apports théoriques (2h)

- ~ Analyse des choix réalisés par les équipes
- ~ Synthèse de l'étude de cas et de ses pièges
- ~ Focus sur les bonnes pratiques et les écueils pour une résolution optimale : les points de vue à considérer pour choisir une solution, le RoI (Return on Investment)
- ~ Neurosciences et biais cognitifs : impacts de notre culture, de notre société et de l'enseignement sur les mécanismes de résolution de problèmes de notre cerveau
- ~ Synthèse sur l'enseignement.

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Tutorial n°1 – Case Study (4h)

- ~ Presentation of the course, expected objectives and evaluation method
- ~ Inclusion with indoor weather
- ~ Theoretical concepts and terms used in solving problems domain
- ~ Ownership of the case study context (teamwork)
- ~ Proposal by each team of the first actions to be carried out
- ~ Analysis of proposals and identification of classical errors and related cognitive biases
- ~ Presentation of the POSTE method (capture the Problem, identify Origin causes, design innovative Solutions, Test the solutions and capitalize the Experience)
- ~ Focus on the first phase “Capture the Problem” and support tools: Five’s W, measurements and survey sheets, graphs and Pareto
- ~ Implementation of the 4 actions of this 1st phase (teamwork)

Tutorial n°2 – Case study (4h)

- ~ Inclusion with indoor weather
- ~ Focus on the 2nd phase “Identify of Origin causes” and its support tools: brainstorming, ishikawa diagram, tree of causes and 5 Why?
- ~ Completion of the 2nd phase
- ~ Focus on the 3rd phase “Design innovative solutions” and its supporting tools: decision matrix, action strategy matrix, change curve and PIN (Positive, Negative, Interesting).
- ~ Completion of the 3rd phase

Course n°1 - Synthesis and theoretical contributions (2h)

- ~ Analysis of the choices made by the teams
- ~ Summary of the case study and its pitfalls
- ~ Focus on best practices and pitfalls for optimal resolution: the points of view to consider when choosing a solution, the RoI (Return on Investment)
- ~ Neuroscience and cognitive bias: the impact of our culture, society and education on brain’s problem-solving mechanisms
- ~ Synthesis.

Méthodes et/ou moyens pédagogiques

La formation est basée sur un serious game : confronté à un problème industriel, les étudiants en équipe, doivent employer la méthode POSTE et ses outils pour résoudre le problème et ne pas se perdre dans des réflexions inutiles. Ils assimilent ainsi facilement la méthode, les outils proposés et leurs intérêts. Cette mise en situation permet aussi de vivre par soi-même les pièges classiques de la résolution de problème (biais cognitifs). Le cours est basé sur les méthodes interrogatives et magistrales avec une pédagogie inversée : la théorie est présentée après la partie mise en œuvre.

Dans cette formation, la méthode proposée (POSTE) est une méthode pédagogique. Elle a été retenue car elle permet de focaliser l'apprentissage sur les essentiels de la logique de résolution.

The training is based on a serious game: faced with an industrial problem, students in teams must use the POSTE method and its tools to solve the problem and not get lost in unnecessary reflections. They easily assimilate the method, the tools proposed and their interests. This setting also allows to experience by yourself the classic pitfalls of problem solving (cognitive bias).

The course is based on interrogative and magistral methods with a reverse pedagogy: the theoretical aspects are presented after the implementation part.

In this training, the proposed method POSTE is a teaching method. It was retained because it allows to focus the learning on the essentials of the logic of resolution.

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Prérequis pour l'EC

Prérequis

Avoir suffisamment de maturité pour accepter de se plonger dans une étude et de risquer de se tromper.

Have sufficient maturity to accept a study and risk being wrong.

Travail personnel hors présentiel

Volume horaire

3 Heures

Type de travail

S'appropriier les notions du cours propres au domaine : termes, démarche et outils avec leur logique d'emploi
Refaire les exercices réalisés en séance
S'entraîner pour le devoir en réalisant l'exercice type proposé.

Integrate the course concepts specific to the field: terms, approach and tools with their employment logic

Repeat exercises performed in courses

Train for the assignment by performing the proposed typical exercise.

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Ressources bibliographiques

Cliquez ici et entrez les ressources bibliographiques

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Code EC	IGENI-EC0933
Code UE	IGENI-UE0903
Coefficient interne à l'EC	0,8

Coordinateur ENIT de l'EC	Sina NAMAKI ARAGHI
---------------------------	--------------------

Présentation de l'EC

Nom de l'EC	Chaines logistiques et ERP - bases
Nom(s) du/des enseignant(s)	Dr. Sina NAMAKI ARAGHI

Volume Horaire/Format	Format	Heures
	CM	11,5 H
	TD	H
	TP	H
	Projet encadré	H
	Projet en autonomie	H
	Total	11,5 heures

Acquis d'apprentissage visés

Compétence(s)	<p>À l'issue de l'EC Chaînes logistiques et ERP - bases (Introduction to Supply Chain Management and ERP Development), les étudiants seront capables, dans leur futur métier :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Partie 1 : d'analyser les bases de la gestion des chaînes logistiques, de formuler et résoudre des modèles mathématiques pour identifier les <i>Break-Even Points</i> et modéliser la demande de production. • Partie 2 : de comprendre l'architecture des systèmes d'information et de développer des modèles conceptuels de données grâce au langage ERD (Entity-Relationship Diagram). <p>Ces compétences leur permettront de maîtriser les outils de base pour la gestion des chaînes logistiques et le développement de systèmes ERP (Enterprise Resource Planning), en alignant les modèles économiques et technologiques.</p>
	<p><i>At the end of the Introduction to Supply Chain Management and ERP Development course, students will be able to:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Part 1: analyze the fundamentals of supply chain management, formulate and solve mathematical models to identify Break-Even Points and model production demand.</i> • <i>Part 2: understand the architecture of information systems and develop conceptual data models using the ERD (Entity-Relationship Diagram) language.</i> <p><i>These skills will enable them to master the basic tools for supply chain management and the development of ERP (Enterprise Resource Planning) systems, aligning economic and technological models.</i></p>

Modalités d'évaluation

Formule d'évaluation	(1*DS1)/1
----------------------	-----------

Langue d'enseignement

Langue	English friendly
--------	------------------

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Objectifs de la formation visés

Objectifs généraux

Objectifs généraux

Connaissances (Domaine cognitif)

- Comprendre les principes fondamentaux de la gestion des chaînes logistiques et des systèmes ERP.
- Connaître les bases des modèles mathématiques utilisés pour la planification de la production et l'analyse des points BEA.
- Comprendre les concepts d'architecture des systèmes d'information et le rôle des modèles de données dans le développement d'un ERP.

Savoir-faire (Domaine pragmatique)

- Être capable de modéliser les besoins de production en fonction de la demande et de calculer les seuils de rentabilité.
- Concevoir et développer des modèles conceptuels de données à l'aide du langage ERD.
- Analyser et organiser les besoins fonctionnels d'un système d'information pour une chaîne logistique.

Savoir-être (Domaine affectif)

- Être conscient de l'importance des chaînes logistiques efficaces pour la compétitivité d'une entreprise.
- Adopter une démarche structurée et analytique dans la résolution de problèmes logistiques et de développement ERP.
- Travailler en équipe pour concevoir des solutions adaptées aux besoins réels des organisations.

General objectives

Knowledge (Cognitive domain)

- Understand the fundamentals of supply chain management and ERP systems.
- Know the basics of mathematical models used for production planning and BEA point analysis.
- Understand the concepts of information systems architecture and the role of data models in ERP development.

Know-how (Pragmatic domain)

- Be able to model production requirements in terms of demand and calculate break-even points.
- Design and develop conceptual data models using the ERD language.
- Analyze and organize the functional requirements of a supply chain information system.

Personal skills (Affective domain)

- Be aware of the importance of efficient supply chains for a company's competitiveness.
- Adopt a structured, analytical approach to solving logistics and ERP development problems.
- Work as part of a team to design solutions adapted to the real needs of organizations.

Contenus

Cours n°1 : 6 heures

Chapitre 1 : Introduction à la gestion des chaînes logistiques

- 1.1 Comprendre les bases de la gestion des chaînes logistiques et des flux de production.
- 1.2 Modèles mathématiques pour l'identification des points morts (*Break-Even Points*).
- 1.3 Modélisation et prévision de la demande de production.

Cours n°2 : 5.5 heures

Chapitre 2 : Architecture des systèmes d'information et modélisation des données

- 2.1 Concepts fondamentaux des systèmes d'information pour les ERP.
- 2.2 Introduction au langage de modélisation ERD (Entity-Relationship Diagram).
- 2.3 Développement de modèles conceptuels pour représenter les données et leur organisation dans un ERP.

Course 1: 6 hours

Chapter 1: Introduction to supply chain management

- 1.1 Understanding the basics of supply chain and production flow management
- 1.2 Mathematical models for identifying break-even points
- 1.3 Modeling and forecasting production demand.

Course n°2 : 5.5 hours

Chapter 2: Information systems architecture and data modeling

- 2.1 Fundamental concepts of ERP information systems
- 2.2 Introduction to the ERD (Entity-Relationship Diagram) modeling language
- 2.3 Development of conceptual models to represent data and its organization in an ERP system.

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Méthodes et/ou moyens pédagogiques

Méthodes pédagogiques

- **Approche mixte** : Combinaison de cours théoriques et d'exercices pratiques.
- **Études de cas** : Analyse et modélisation de chaînes logistiques et de systèmes ERP inspirés d'exemples réels.
- **Résolution de problèmes** : Apprentissage par des exercices axés sur les modèles mathématiques et la modélisation des données.
- **Jeu sérieux** : Les étudiants participent à un jeu sérieux développé spécifiquement pour l'EC, leur permettant d'implémenter les méthodes apprises et de se familiariser avec les concepts théoriques dans un environnement interactif et ludique.

Moyens pédagogiques

- **Outils numériques** : Présentations interactives, démonstrations sur logiciels (par ex. Excel pour les calculs mathématiques, outils ERD pour la modélisation).
- **Simulations pratiques** : Scénarios de conception de chaînes logistiques et de systèmes ERP.
- **Plateformes collaboratives** : Moodle ou Teams pour le partage de ressources, les discussions, et les exercices collectifs.

Teaching methods

- *Blended approach: Combination of theoretical courses and practical exercises.*
- *Case studies: Analysis and modeling of supply chains and ERP systems based on real-life examples.*
- *Problem solving: Learning through exercises focusing on mathematical models and data modeling.*
- *Serious game: Students take part in a serious game developed specifically for the CE, enabling them to implement the methods learned and familiarize themselves with theoretical concepts in an interactive, fun environment.*

Teaching resources

- *Digital tools: Interactive presentations, software demonstrations (e.g. Excel for mathematical calculations, ERD tools for modeling).*
- *Practical simulations: Scenarios for designing supply chains and ERP systems.*
- *Collaborative platforms: Moodle or Teams for resource sharing, discussions and group exercises.*

Prérequis pour l'EC

Prérequis

Notions de base en mathématiques appliquées : Calculs algébriques simples et interprétation de graphiques.

Connaissances en systèmes d'information : Introduction aux concepts généraux des bases de données et de leur gestion.

Compétences en informatique : Maîtrise des outils bureautiques et capacité à utiliser des logiciels simples de modélisation ou de simulation.

Basic knowledge of applied mathematics: Simple algebraic calculations and interpretation of graphs.

Information systems skills: Introduction to general database concepts and management. Computer skills: Proficiency in office automation tools and ability to use simple modeling and simulation software.

Travail personnel hors présentiel

Volume horaire

Cliquez ici et entrez le nombre d'heures de travail personnel **8Heures**

Type de travail

Révision

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Ressources bibliographiques

Enhancing enterprise intelligence leveraging ERP, CRM, SCM, PLM, BPM, and BI

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Code EC	IGENI-EC0934
Code UE	IGENI-EC0934
Coefficient interne à l'EC	0,6

Coordinateur ENIT de l'EC	Manitrarivo Micky RAKOTONDRABE
---------------------------	--------------------------------

Présentation de l'EC

Nom de l'EC	Introduction à la commande adaptative et à la commande en boucle ouverte (introduction to adaptive control and to feedforward control)
Nom(s) du/des enseignant(s)	Manitrarivo Micky RAKOTONDRABE

Volume Horaire/Format	Format	Heures
	CM	5 H
	TD	0 H
	TP	4 H
	Projet encadré	H
	Projet en autonomie	H
	Total	9 heures

Acquis d'apprentissage visés

Compétence(s)	<p>A l'issue de cet EC, les étudiants seront capables de :</p> <ul style="list-style-type: none"> - comprendre les architectures de commande adaptative, - de mettre en place une commande adaptative simple, - comprendre une commande en boucle ouverte, - de mettre en place une commande en boucle ouverte de systèmes mécatroniques mal amortis.
	<p>As outcomes, the students will:</p> <ul style="list-style-type: none"> - understand some architectures of adaptive control, - design a simple adaptive control, - understand feedforward control, - design and implement a feedforward controller for badly damped mechatronic systems.

Modalités d'évaluation

Formule d'évaluation	$(1*DS1+1*TP1)/2$
----------------------	-------------------

Langue d'enseignement

Langue	<ul style="list-style-type: none"> - English Friendly. - « Fully English » est possible si mutualisé avec des Masters internationaux, ou s'il y a des étudiants non-francophone
--------	---

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Objectifs de la formation visés

Objectifs généraux

- Comprendre l'utilité de la commande adaptative,
 - Savoir comment implémenter une commande adaptative,
 - Savoir calculer une simple commande adaptative,
 - Comprendre l'utilité de la commande en boucle ouverte,
 - Savoir comment implémenter une commande en boucle ouverte,
 - Savoir calculer une commande en boucle ouverte pour systèmes mécatroniques mal amortis.
-
- Understand the utility of adaptive control,
 - Know how to implement an adaptive control,
 - Know how to design a simple adaptive controller,
 - Understand the utility of feedforward control,
 - Know how to implement feedforward controller,
 - Know how to design a feedforward controller for badly damped mechatronic systems.

Contenus

- Cours :
- Introduction à la commande adaptative (2h)
 - Introduction à la commande en boucle ouverte (2h)
 - Exemple de commande adaptative et commande en boucle ouverte mixée (1h)
- TP :
- Modélisation et commande en boucle ouverte d'un mini-drone piézoélectrique mal amorti et non-linéaire sur Matlab (4h)
- Lecture:
- Introduction to adaptive control (2h)
 - Introduction to feedforward control (2h)
 - Exercice on adaptive control and feedforward control combined (1h)
- Practical labs:
- Modeling and feedforward control of a piezoelectric mini-UAV which exhibits badly damped vibrations and non-linearity (4h).

Méthodes et/ou moyens pédagogiques

- Utilisation de Matlab/Simulink sur un exercice lié à la recherche (mini-drone) lors d'un TP
- During the labs, use of Matlab/Simulink during on a topics which is related to research (mini-UAV)

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Prérequis pour l'EC

Prérequis

- Modélisation de systèmes dans le domaine continu via modèles différentiel et fonctions de transfert,
 - Notion de stabilité dans le domaine continu,
 - Commande PID dans le domaine continu.
-
- Systems modeling in the continuous time-domain using differential equations and transfer functions,
 - Stability and performances in the continuous time-domain,
 - PID controllers in the continuous time-domain.

Travail personnel hors présentiel

Volume horaire

8h

Type de travail

- Finalisation d'exercice et de simulation
 - Rédaction de rapport
-
- Finishing the exercise and simulation
 - Report writing

Ressources bibliographiques

Micky Rakotondrabe, 'Smart materials-based actuators at the micro/nano-scale: characterization, control and applications', edited book, Springer - Verlag, New York, ISBN 978-1-4614-6683-3, 2013.

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Code UE	IGENI-UE0904
Crédits ECTS	4
Coefficient interne à l'UE	3,9

Présentation de l'UE

Nom de l'UE	INSTRUMENTATION ET TRAITEMENT DES SYSTEMES COMPLEXES
Nom(s) du/des enseignant(s)	

Volume Horaire/Format	Format	Heures
	CM	22 H
	TD	7 H
	TP	27 H
	Projet encadré	0 H
	Projet en autonomie	0 H
	Total	56 heures

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Thèmes et Objectifs de la formation visés

Principaux thèmes abordés	<ul style="list-style-type: none">• Programmation orientée objet appliquée à la modélisation et au développement d'applications logicielles (Java, UML)• Méthodologies d'analyse et de conception de systèmes électroniques de commande (structures linéaires et non linéaires)• Étude et mise en œuvre de convertisseurs statiques de l'énergie électrique (structures complexes, dimensionnement, simulation)• Traitement de l'information dans des systèmes physiques complexes (du signal analogique à l'application logicielle)• Simulation, validation et expérimentation de systèmes multi-domaines
Principaux objectifs généraux visés	<ul style="list-style-type: none">• Acquérir les fondamentaux de la programmation orientée objet et du langage Java pour le développement d'applications robustes et structurées• Modéliser des systèmes complexes à l'aide du langage UML et les traduire en code opérationnel• Comprendre, analyser et expérimenter des structures électroniques de commande, linéaires et non linéaires, dans une approche fonctionnelle• Concevoir des architectures de conversion statique de l'énergie, en tenant compte des contraintes physiques, environnementales et de commande• Développer une capacité à simuler, tester et valider des systèmes complexes intégrant des aspects logiciels et matériels• Renforcer l'autonomie, la rigueur méthodologique et les compétences collaboratives des étudiants par des projets pratiques

Acquis d'apprentissage visés

Compétence(s)	<p>Compétence principale : À l'issue de l'UE, les élèves ingénieurs seront en mesure, lorsque confrontés à la conception, l'analyse ou l'optimisation d'un système complexe intégrant du traitement logiciel et des dispositifs physiques (électroniques ou énergétiques), de modéliser, simuler, développer et valider tout ou partie du système, en montrant qu'ils maîtrisent les outils de programmation, d'analyse fonctionnelle, de simulation et de mise en œuvre expérimentale associés à ces systèmes.</p> <p>Compétence complémentaire 1 : À l'issue de l'UE, les élèves ingénieurs seront en mesure, lorsque sollicités pour développer une solution logicielle en réponse à un besoin métier, de concevoir et implémenter des applications orientées objet en Java, à partir de modèles UML, en montrant qu'ils maîtrisent les bonnes pratiques de structuration logicielle et de gestion des erreurs.</p> <p>Compétence complémentaire 1 : À l'issue de l'UE, les élèves ingénieurs seront en mesure, dans un contexte d'optimisation de conversion d'énergie électrique, de concevoir une architecture de conversion complexe adaptée à un cahier des charges, en montrant qu'ils savent dimensionner les composants, anticiper les effets physiques et valider les performances via la simulation et l'expérimentation.</p>
----------------------	--

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Code EC	IGENI-EC0941
Code UE	IGENI-UE0904
Coefficient interne à l'EC	2,2

Coordinateur ENIT de l'EC	Bernard ARCHIMEDE
---------------------------	-------------------

Présentation de l'EC

Nom de l'EC	Programmation orientée objet
Nom(s) du/des enseignant(s)	Thierry LOUGE, Sina NAMAKI ARIGHI, Bernard ARCHIMEDE

Volume Horaire/Format	Format	Heures
	CM	16 H
	TD	H
	TP	16 H
	Projet encadré	H
	Projet en autonomie	H
	Total	32 heures

Acquis d'apprentissage visés

Compétence(s)	<p>À la fin de ce cours, les étudiants seront capables de :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Comprendre et appliquer les concepts de la programmation orientée objets (POO). ▪ Modéliser des systèmes logiciels à l'aide du langage UML. ▪ Développer des applications Java en utilisant les principes de la POO. ▪ Gérer les exceptions et utiliser les collections en Java. ▪ Projeter des structures UML en code Java.
	<p>At the end of this course, students will be able to:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Understand and apply the concepts of object-oriented programming (OOP). ▪ Model software systems using the UML language. ▪ Develop Java applications using OOP principles. ▪ Handle exceptions and use collections in Java. ▪ Project UML structures into Java code.

Modalités d'évaluation

Formule d'évaluation	(1*PJ1)/1
----------------------	-----------

Langue d'enseignement

Langue	Français/French
--------	-----------------

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Objectifs de la formation visés

Objectifs généraux

Les objectifs généraux d'un cours sur la programmation orientée objets (POO) et Java visent à fournir aux étudiants une compréhension approfondie des concepts fondamentaux de la POO et à les préparer à développer des applications robustes et maintenables en utilisant le langage Java.

- Les étudiants doivent comprendre les principes fondamentaux de la programmation orientée objets, y compris l'encapsulation, l'héritage, le polymorphisme et l'abstraction.
- Apprendre à modéliser des systèmes logiciels en utilisant des diagrammes UML pour représenter les classes, les objets, les interactions et les cas d'utilisation.
- Acquérir une compétence solide dans la programmation en Java, y compris la syntaxe, les structures de contrôle, les types de données, les collections et la gestion des exceptions.
- Être capable de concevoir, développer et tester des applications Java en utilisant les meilleures pratiques de programmation orientée objets.
- Se familiariser avec les outils de développement Java (comme les IDE) et les API couramment utilisées pour développer des applications Java.
- Comprendre comment gérer les exceptions pour rendre les applications plus robustes et utiliser les collections pour manipuler efficacement les données.
- Savoir traduire des modèles UML en code Java, en implémentant des concepts tels que l'héritage, l'agrégation et la composition.
- Développer des compétences en résolution de problèmes et en pensée critique en appliquant les concepts de la POO à des cas d'étude et des projets pratiques.
- Apprendre à travailler en équipe sur des projets de développement logiciel, en utilisant des pratiques de gestion de version et de collaboration.
- Encourager une attitude d'apprentissage continu et d'adaptation aux nouvelles technologies et pratiques de développement.

The general objectives of a course on object-oriented programming (OOP) and Java are to provide students with a thorough understanding of the fundamental concepts of OOP and to prepare them to develop robust and maintainable applications using the Java language.

- *Students should understand the fundamental principles of object-oriented programming, including encapsulation, inheritance, polymorphism and abstraction.*
- *Learn to model software systems using UML diagrams to represent classes, objects, interactions and use cases.*
- *Acquire a solid competence in programming in Java, including syntax, control structures, data types, collections and exception handling.*
- *Be able to design, develop and test Java applications using object-oriented programming best practices.*
- *Become familiar with Java development tools (such as IDEs) and APIs commonly used to develop Java applications.*
- *Understand how to handle exceptions to make applications more robust and use collections to manipulate data efficiently.*
- *Know how to translate UML models into Java code, implementing concepts such as inheritance, aggregation and composition.*
- *Develop problem-solving and critical thinking skills by applying OOP concepts to case studies and practical projects.*
- *Learn to work in teams on software development projects, using version management and collaboration practices.*
- *Encourage an attitude of continuous learning and adaptation to new technologies and development practices.*

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Contenus

Cours n° 1 : Programmation Orientée Objets, 2 heures

- Découpage logiciel par les traitements
- Découpage logiciel par les données
- Notion de programmation objets, Encapsulation
- Classes, objets, attributs, méthodes, Messages
- Héritage, Généricité et Polymorphisme,
- Exemple illustratif

Cours n° 2 : Le langage UML, 2 heures

- Introduction
- Diagramme de cas d'utilisation
- Diagramme de classes
- Diagramme de Séquence
- Diagramme d'objets
- Exemple illustratif

Cours n° 3 : Introduction à Java, 2 heures

- Présentation du langage Java et de son histoire,
- Ses caractéristiques, Les outils, API (Application Programming Interfaces)
- Structure d'un programme Java,
- Concepts de base : variables, types de données, opérateurs, Instructions conditionnelles, boucles,
- Exercice illustratif

Cours n° 4 : Classes et objets en Java, 2 heures

- Classe syntaxe, Création d'instances,
- Ordre d'initialisation des champs, Constructeur,
- Surcharge, Encapsulation, Règles de visibilité,
- Paquetage,

Cours n° 5 : Héritage & Interfaces, 2 heures

- Héritage,
- Polymorphisme
- Différences entre classes incomplètes/abstraites et Interfaces
- Les classes internes et anonymes

Cours n° 6 : Gestion des Exceptions et Collections, 2 heures

- Introduction à la gestion des exceptions
- Interfaces, Classes et exception
- Try, catch, finally
- Exemple illustratif

Cours n° 7 : Projection des structures UML en java, 2 heures

- Implémentation de l'héritage,
- Implémentation de l'agrégation,
- Implémentation de la composition
- Exemple illustratif

Cours n° 8 : Types de données abstraites, 2 heures

- Cas d'étude général : Évaluateur d'expressions post-fixées

Lesson 1: Object-Oriented Programming, 2 hours

- *Software slicing by processes*
- *Software slicing by data*
- *Notion of object-oriented programming, Encapsulation*
- *Classes, objects, attributes, methods, messages*
- *Inheritance, genericity and polymorphism,*
- *Illustrative example*

Lesson 2: The UML language, 2 hours

- *Introduction*
- *Use case diagram*
- *Class diagram*
- *Sequence diagram*
- *Object diagram*
- *Illustrative example*

Lesson 3: Introduction to Java, 2 hours

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Presentation of the Java language and its history, ▪ Its characteristics, Tools, API (Application Programming Interfaces) ▪ Structure of a Java program, ▪ Basic concepts: variables, data types, operators, conditional statements, loops, ▪ Illustrative exercise <p>Lesson 4: Classes and objects in Java, 2 hours</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Class syntax, creating instances, ▪ Field initialisation order, Constructor, ▪ Overloading, Encapsulation, Visibility rules, ▪ Package, <p>Lesson 5: Inheritance & Interfaces, 2 hours</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Inheritance, ▪ Polymorphism ▪ Differences between incomplete/abstract classes and interfaces ▪ Internal and anonymous classes <p>Lesson 6: Exception Handling and Collections, 2 hours</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Introduction to exception handling ▪ Interfaces, classes and exceptions ▪ Try, catch, finally ▪ Illustrative exercises <p>Lesson 7: Projecting UML structures into Java, 2 hours</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Implementing inheritance, ▪ Implementing aggregation, ▪ Implementing composition ▪ Illustrative exercises <p>Lesson 8: Abstract data types, 2 hours</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ General case study: Post-fixed expression evaluator
Méthodes et/ou moyens pédagogiques	Utilisation d'un tutoriel

Prérequis pour l'EC

Prérequis	<p>Une formation en algorithmique procédurale et en programmation en langage C, Java ou Python est indispensable.</p> <p><i>Training in procedural algorithms and programming in C, Java or Python is essential.</i></p>
-----------	--

Travail personnel en présentiel

Volume horaire	16 Heures
Type de travail	<p>Les étudiants, en binôme, choisiront un cas d'étude pour développer un petit projet, validé par l'enseignant. Ce projet sera réalisé en dehors des heures de cours, avec des points de rencontre réguliers en présentiel pour suivre l'avancement, sous la supervision de l'enseignant.</p> <p>Le projet sera validé lors du premier point de rencontre, après que le binôme ait mis en</p>

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

œuvre un tutoriel. Ce tutoriel permettra de synthétiser et de mettre en pratique les concepts abordés en cours.

The students, in pairs, will choose a case study to develop a small project, validated by the teacher. The project will be carried out outside class hours, with regular face-to-face meetings to monitor progress, under the teacher's supervision.

The project will be validated at the first meeting point, after the pair has implemented a tutorial. This tutorial will summarise and put into practice the concepts covered in class.

Ressources bibliographiques

1. Java: The Complete Reference - Herbert Schildt

- Description : Ce livre est une référence complète sur le langage Java, couvrant les bases ainsi que les fonctionnalités avancées. Il est régulièrement mis à jour pour inclure les dernières versions de Java.
- Année : 2021
- Éditeur : McGraw-Hill Education

2. Effective Java - Joshua Bloch

- Description : Ce livre propose des conseils pratiques et des meilleures pratiques pour écrire un code Java robuste et efficace. Il est largement reconnu comme une ressource essentielle pour les développeurs Java.
- Année : 2018
- Éditeur : Addison-Wesley Professional

3. Java : Les fondamentaux du langage - Claude Delannoy

- Description : Ce livre couvre les bases du langage Java et est idéal pour les débutants. Il est régulièrement mis à jour pour inclure les dernières versions de Java.
- Année : 2021
- Éditeur : Eyrolles

4. Programmer en Java - Claude Delannoy

- Description : Un ouvrage complet qui aborde les concepts avancés de la programmation en Java. Il est adapté aux développeurs ayant déjà une expérience de base en Java.
- Année : 2020
- Éditeur : Eyrolles

5. Java : Guide de survie : Pour une mise en œuvre efficace - Thierry Groussard

- Description : Ce guide pratique propose des solutions concrètes pour résoudre les problèmes courants rencontrés lors du développement en Java.
- Année : 2019
- Éditeur : ENI Éditions

6. Java 9 et 10 : Les fondamentaux du développement d'applications - Jean-François Bouchaudy

- Description : Ce livre explore les nouvelles fonctionnalités introduites dans Java 9 et 10, tout en couvrant les bases du développement d'applications Java.
- Année : 2018
- Éditeur : Dunod

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Code EC	IGENI-EC0904
Code UE	IGENI-UE0942
Coefficient interne à l'EC	1

Coordinateur ENIT de l'EC	F. Bellouvet
---------------------------	--------------

Présentation de l'EC

Nom de l'EC	Electronique de commande
Nom(s) du/des enseignant(s)	F. Bellouvet / G. Viné

Volume Horaire/Format	Format	Heures
	CM	2 H
	TD	4 H
	TP	8 H
	Projet encadré	H
	Projet en autonomie	H
	Total	14 heures

Acquis d'apprentissage visés

Compétence(s)	<p>A l'issue des séances de TD, l'élève ingénieur doit être capable d'analyser le fonctionnement d'une structure impliquant un ou plusieurs amplificateurs opérationnels en adoptant une méthode type « bottom-up » visant séquentiellement à :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Décomposer un schéma électrique donné en blocs fonctionnels - Etablir la relation entrée/sortie des blocs fonctionnels correspondant à une analyse fonctionnelle de deuxième niveau - Assigner à chaque bloc fonctionnel un rôle au sein de la chaîne électronique correspondant à une analyse fonctionnelle de premier niveau - Dédire la stratégie de traitement de l'information tout au long de la chaîne.
	<p>A l'issue des séances de TP, l'élève ingénieur doit être capable de :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Réaliser un montage simple exploitant des circuits intégrés analogiques (AOP, cadenceur 555) - Exploiter rationnellement le banc de test classique de l'électronique (Alimentation, GBF, Oscilloscope, multimètre) en vue d'effectuer des tests sur les montages pour en comprendre le fonctionnement sur un plan qualitatif. - Etablir les lois comportementales décrivant le comportement théorique idéalisé attendu, permettant d'effectuer, en outre, le dimensionnement de la structure. - Vérifier expérimentalement la validité du modèle théorique.
	<p>A l'issue de la séance de cours, l'élève ingénieur doit être capable, de proposer une méthodologie générale d'analyse de structures non linéaires en commutation reposant sur l'identification et l'étude des différentes séquences temporelles caractéristiques.</p>

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

At the end of the TD sessions, the student engineer must be able to analyse the operation of a structure involving one or more operational amplifiers by adopting a 'bottom-up' type method aimed sequentially at :

- Break down a given electrical diagram into functional blocks
- Establish the input/output relationship of the functional blocks corresponding to a second-level functional analysis
- Assign each functional block a role within the electronic chain corresponding to a first-level functional analysis
- Deduce the information processing strategy throughout the chain.

At the end of the practical sessions, the student engineer must be able to :

- Build a simple assembly using analogue integrated circuits (AOP, 555 clock)
- Make rational use of the classic electronics test bench (power supply, GBF, oscilloscope, multimeter) in order to carry out tests on the assemblies to understand their operation from a qualitative point of view.
- Establish the behavioural laws describing the expected idealised theoretical behaviour, enabling the structure to be sized.
- Experimentally verify the validity of the theoretical model.

At the end of the course, the student engineer must be able to propose a general methodology for analysing non-linear switching structures based on the identification and study of the different time sequences.

Modalités d'évaluation

Formule d'évaluation

$(1 \cdot DS1 + 1 \cdot TP1 + 1 \cdot PJ1) / 3$

Langue d'enseignement

Langue

Français/French

Objectifs de la formation visés

Objectifs généraux

Cet enseignement présente les fonctions non linéaires de l'électronique analogique dédiées à la mise en forme de signaux dans les circuits de commande.

Le format des activités d'apprentissage proposées vise à développer l'autonomie, promouvoir l'argumentation des élèves ingénieurs, tout en développant leur aptitude à travailler de façon coopérative et collaborative.

This course presents the non-linear functions of analogue electronics dedicated to the shaping of signals in control circuits.

The format of the proposed learning activities aims to develop the autonomy and promote the argumentation of engineering students, while developing their ability to work in a cooperative and collaborative manner.

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Contenus	<ul style="list-style-type: none">- Etude fonctionnelle et matérielle de structures bistables, astables et monostables.- <i>Functional and material study of bistable, astable and monostable structures.</i>
Méthodes et/ou moyens pédagogiques	<ul style="list-style-type: none">- Approche par projet en TD en salle de pédagogie active.- Evaluation sommative sous la forme d'un DS (note DS1) visant à évaluer les compétences théoriques acquises en cours.- Evaluation sommative en fin d'enseignement de l'activité projet (note PJ1).- Evaluation sommative en fin de séance de TP du rapport d'analyse avec retour élève (note TP1).- <i>Project-based approach in tutorials in an active teaching room.</i>- <i>Summative assessment in the form of a DS (grade DS1) designed to assess the theoretical skills acquired during the course.</i>- <i>Summative assessment at the end of the course of the project activity (grade PJ1).</i>- <i>Summative assessment at the end of the practical session of the analysis report with student feedback (grade TP1).</i>

Prérequis pour l'EC

Prérequis	IGENI-EC0144 Génie électrique IGENI-EC0244 Structures électriques en courant continu IGENI-EC0445 Circuits électriques en régime alternatif IGENI-EC0742 Electronique de mesure
------------------	--

Travail personnel hors présentiel

Volume horaire	4h de travail pour l'élaboration du rapport du projet + 2h de préparation du devoir surveillé. <i>4 hours' work on the project report + 2 hours' preparation for the supervised assignment.</i>
Type de travail	Apprentissage des notions vues en cours pour le devoir surveillé, rédaction d'un rapport d'analyse. <i>Learning the concepts covered in class for the supervised assignment, writing an analysis report.</i>

Ressources bibliographiques

Albert Paul Malvino, David J. Bates « Principes d'électronique - 9e édition », Dunod 2021,

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Code EC	IGENI-EC0943
Code UE	IGENI-UE0904
Coefficient interne à l'EC	0,7

Coordinateur ENIT de l'EC	Paul-Etienne Vidal
---------------------------	--------------------

Présentation de l'EC

Nom de l'EC	Conversion statique de l'énergie électrique 2 Towards a less ideal behavior of Power electronics'
Nom(s) du/des enseignant(s)	Paul-Etienne Vidal, Davy Colin, Simon Cailhol, Mohammed Kouki

Volume Horaire/Format	Format	Heures
	CM	4 H
	TD	3 H
	TP	3 H
	Projet encadré	H
	Projet en autonomie	H
	Total	10 heures

Acquis d'apprentissage visés

Compétence(s)	<p>A l'issue de cet enseignement, les étudiants sauront proposer une structure « complexe », cascadée de convertisseurs statiques pour permettre une conversion de l'énergie électrique spécifique. Ils auront des connaissances sur les phénomènes électriques qui pénalisent l'efficacité de conversion et qui sont pourtant inhérents aux structures réelles. Cette approche, mêlant théorie avec une confrontation à des phénomènes réels issus de l'expérience, confèrera aux étudiants un savoir leur permettant d'appréhender à la fois avec confiance et prudence, la proposition d'une architecture, sa simulation, et des règles de préconisations pour le choix des éléments la composant.</p>
	<p><i>At the end of this course, students will be able to propose a 'complex' cascaded structure of static converters to enable specific electrical energy conversion. They will have knowledge of the electrical phenomena that penalise conversion efficiency but which are inherent in real structures. This approach, which is both theoretical with a confrontation with real phenomena resulting from experience, will provide students with knowledge that will enable them to approach both with confidence and caution, the proposal of an architecture, its simulation, and the rules of recommendation for the choice of the inner elements.</i></p>

Modalités d'évaluation

Formule d'évaluation	$(0,25 * CC1 + 0,25 * TP1 + 0,5 * SOUT) / 1$
----------------------	--

Langue d'enseignement

Langue	English firendly
--------	------------------

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Objectifs de la formation visés

Cet enseignement est structuré en 2 leçons et 2 séances de travaux pratiques. Les concepts liés à la commande des convertisseurs, les éléments passifs autour d'un convertisseur et l'aide à la commutation seront abordés. Les supports de cours contiendront une base d'information que les étudiants devront compléter par leur travail individuel, sur la base des références listées. Au cours des séances de travaux pratiques, un mini-projet de conception d'une chaîne de conversion de puissance sera proposé. Chaque groupe aura la possibilité de faire des simulations de sa proposition, de confronter ses résultats à des cas pratiques et réalisera une synthèse de ses travaux. Au cours de ces séances, plusieurs convertisseurs devront être connectés. Des éléments de filtrages seront dimensionnés pour améliorer la qualité des formes d'ondes obtenues. Un des convertisseurs devra être piloté.

- être capable de proposer une structure de conversion, élémentaire ou complexe;
- déterminer les composants internes et leur mode de pilotage;
- comprendre et savoir décrire l'influence d'un interrupteur non parfait dans un schéma de conversion;
- savoir représenter par anticipation les formes d'ondes des signaux;
- dimensionner les éléments passifs associés à la structure en vue du filtrage des formes d'ondes;
- utiliser des outils de simulations pour valider ces dimensionnements.

Cet enseignement comprend une partie introductive qui fait le lien avec les enjeux environnementaux visant à accompagner la transition énergétique par la mise en œuvre de dispositifs moins producteurs de GES, et par des solutions permettant la décarbonation de l'industrie.

This course is structured into 2 lessons and 2 practical sessions. Concepts related to converter control, passive elements around a converter and switching assistance will be covered. The course materials will contain basic information that the students will have to supplement by their individual work, on the basis of the references listed. During the practical sessions, a short duration-project will be proposed. It is about the design of a power conversion chain. Each group will have the opportunity to simulate its proposal, compare its results with practical cases and produce a summary of its work. During these sessions, several converters will have to be connected. Filter elements will be sized to improve the quality of the waveforms obtained. One of the converters will have to be controlled.

- be able to propose an elementary or complex conversion structure;
- determine the internal components and how they are controlled;
- understand and be able to describe the influence of a non-perfect switch in a conversion diagram;
- be able to represent signal waveforms in advance;
- dimension the passive elements associated with the structure with a view to filtering the waveforms;
- use simulation tools to validate these dimensions.

This course includes an introductory section that makes the link with the environmental challenges of supporting energy transition through the implementation of systems that produce fewer greenhouse gases, and through solutions that enable the CO₂ reduction of industry.

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Contenus	<p>2 leçons et 2 séances de travaux pratiques, la première sous forme de TD, la seconde sous forme d'un travail pratique.</p> <p><i>2 lessons and 2 sessions of practical work, the first in the form of a TD, the second in the form of practical work</i></p>
Méthodes et/ou moyens pédagogiques	<ul style="list-style-type: none">• Outils de simulations de type PSIM• Maquette expérimentale <p>- <i>PSIM-type simulation tools</i> - <i>Experimental model</i></p>

Prérequis pour l'EC

Prérequis	<p>Méthode pour le traitement et la modélisation des circuits électriques. Convertisseurs statiques</p> <p><i>Method for processing and modelling electrical circuits. Static converters</i></p>
------------------	--

Travail personnel hors présentiel

Volume horaire	6 Heures
Type de travail	<p>Préparation des séances pratiques par relecture et apprentissage des notions les plus importantes et indispensables à l'obtention de bons résultats au cours du mini-projet.</p> <p><i>Preparation of the practical sessions by reviewing and learning the most important concepts that are essential for obtaining the expected results during the short duration-project.</i></p>

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Ressources bibliographiques

- Henri FOCH et al, "Eléments constitutifs et synthèse des convertisseurs statiques", Technique de l'ingénieur , D3 152,
- Henri FOCH et al, "Commutation dans les convertisseurs statiques", Technique de l'ingénieur , D3 153,
- J.L. DALMASSO, "Electronique de puissance commutation", DIA Technique Supérieur, ´éditions BELIN, ISBN 2-7011-1043-2, 1986,
- H. BUHLER, "Electronique de réglage et de commande", Traité d'électricité et d'électronique et d'électrotechnique, DUNOD, ISBN 2-88074-056-8, 1987,
- P. BARRADE, "Electronique de puissance, méthodologie et convertisseurs élémentaires", Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, ISBN 2-88074-566-7, 2006

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Code UE	IGENI-UE0905
Crédits ECTS	5
Coefficient interne à l'UE	5,2

Présentation de l'UE

Nom de l'UE	INGENIEUR ET COMMUNICATION
Nom(s) du/des enseignant(s)	P. BALZER - St. BARTHE - A. BOYRIES - L. CARASSUS - Ph. CLERMONT - J. COLOMBANI - GUYOT - M. HILLS - MOREAU - R. PALLISER - H. RANSAN - P. RANSAN - RUBINRAUT

Volume Horaire/Format	Format	Heures
	CM	1 H
	TD	65 H
	TP	12 H
	Projet encadré	0 H
	Projet en autonomie	0 H
	Total	78 heures

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Thèmes et Objectifs de la formation visés

Principaux thèmes abordés

Les principaux thèmes abordés dans cette UE 0905 sont :

- ~ Anglais : les compétences écrites et orales adaptées aux échanges professionnels, la culture anglosaxonne et l'intégration en entreprise
- ~ Ethique : éthique, morale, éthique appliquée et déontologie dans le métier d'ingénieur d'aujourd'hui
- ~ Management : auto-évaluation de ses compétences, conduite de réunion, motivation, écoute active et empathie, sortie de conflits
- ~ Evaluation et prévention des risques socio-professionnels : la SST au travail avec les démarches d'évaluation des risques et la résolution de problèmes de Sécurité et Santé au Travail (SST)

The main themes addressed in this EU 0905 are:

- ~ *English: written and oral skills adapted to professional exchanges, Anglo-Saxon culture and integration into the company*
- ~ *Ethics: ethics, morals, applied ethics and deontology in the engineering profession today*
- ~ *Management: self-assessment of skills, meeting leadership, motivation, active listening and empathy, conflict resolution*
- ~ *Evaluation and prevention of socio-occupational risks: OSH at work with risk assessment approaches and problem solving in Occupational Safety and Health (OHS).*

Principaux objectifs généraux visés

Les principaux objectifs de cette UE sont :

- ~ Anglais :
 - développer des compétences écrites et orales adaptées aux échanges professionnels ;
 - maîtriser un vocabulaire spécialisé lié aux sciences de l'ingénieur ;
 - savoir travailler efficacement au sein d'équipes multiculturelles ;
 - acquérir les outils linguistiques pour lire, comprendre et produire des documents d'entreprise ;
 - se préparer à une carrière internationale
- ~ Charte et Ethique :
 - Préparer et participer à des débats sur des questions d'ordre éthique
 - Savoir construire un argumentaire probant à partir d'une recherche d'informations fiables
- ~ Apprendre à organiser et modérer des débats
- ~ Management :
 - connaître les principales fonctions du manager
 - disposer d'une palette d'outils et de comportements ou postures pour supporter ces fonctions
- ~ Evaluation et prévention des risques socio-professionnels :
 - Repérer dans l'entreprise les enjeux humains, sociaux, économiques et juridiques de la SST
 - Intégrer la SST dans la gestion de ses activités et la conduite de ses projets
 - Contribuer au management de la SST dans l'entreprise.

The main objectives of this EU are:

- ~ *English:*
 - Develop written and oral skills adapted to professional exchanges*
 - Master specialized vocabulary related to engineering sciences*
 - Working effectively in multicultural teams*
 - Acquire the language tools to read, understand and produce business documents*
 - Prepare for an international career*
- ~ *Charter and Ethics:*
 - Prepare and participate in discussions on ethical issues*
 - Know how to build a convincing argument from a search for reliable information*
- ~ *Learn to organize and moderate debates*
- ~ *Management:*
 - know the main functions of the manager*
 - used a range of tools and behaviors or postures to support these functions*
- ~ *Assessment and prevention of socio-occupational risks:*
 - Identify the human, social, economic and legal issues of OSH in the company*
 - Integrate OHS in the management of its activities and its projects*
 - Contribute to the management of OSH in the company.*

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Acquis d'apprentissage visés

Compétence(s)

A l'issue des formations de l'UE 0905, l'étudiant sera en mesure dans le cadre de son métier d'ingénieur :

- ~ Anglais : de communiquer de manière claire et professionnelle (écrit et oral) grâce à une maîtrise de la langue anglaise (niveaux B2 /C1 du CECRL) et de s'intégrer facilement dans un environnement international
- ~ Charte et Ethique : de conduire un débat sur des questions d'ordre éthique en prenant en compte les enjeux des différentes parties prenantes et de développer une argumentation probante.
- ~ Management : de préparer et d'animer des réunions, d'écouter et de comprendre les attentes / revendications de leurs collaborateurs, de fixer des objectifs clairs et précis, de motiver leur équipe, d'appréhender un conflit et d'en sortir.
- ~ Evaluation et prévention des risques socio-professionnels : de repérer dans l'entreprise les enjeux humains, sociaux, économiques et juridiques de la SST, d'intégrer la SST dans la gestion de ses activités et la conduite de projets et de contribuer au management de la SST

At the end of the EU 0905 training courses, the student will be able to:

- ~ *English: to communicate clearly and professionally (written and oral) thanks to a mastery of the English language (levels B2/C1 of the CEFR) and to integrate easily in an international environment*
- ~ *Charter and Ethics: to conduct a debate on ethical issues taking into account the stakes of the various stakeholders and develop a convincing argument.*
- ~ *Management: to prepare and facilitate meetings, listen to and understand the expectations/ demands of their employees, set clear and precise objectives, motivate their team, grasp a conflict and get out of it.*
- ~ *Evaluation and prevention of socio-occupational risks: to identify the human, social, economic and legal issues of OSH in the company, to integrate OSH into the management of its activities and the conduct of projects and to contribute to the management of OSH*

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Code EC	IGENI-EC0951
Code UE	IGENI-UE0905
Coefficient interne à l'EC	1,6

Coordinateur ENIT de l'EC	Stéphane BARTHE
---------------------------	-----------------

Présentation de l'EC

Nom de l'EC	Anglais
Nom(s) du/des enseignant(s)	Stéphane BARTHE -Mélanie HILLS - Rosemary PALLISER

Volume Horaire/Format	Format	Heures
	CM	H
	TD	24 H
	TP	H
	Projet encadré	H
	Projet en autonomie	H
	Total	24 heures

Acquis d'apprentissage visés

Compétence(s)	<p>À l'issue de l'EC 0951, les étudiants en dernière année de formation seront en mesure, dans un contexte professionnel, de communiquer efficacement en anglais, aussi bien à l'écrit qu'à l'oral. Ils pourront rédiger des rapports, des courriels ou des synthèses, et présenter leurs travaux devant un auditoire à l'aide de supports visuels adaptés. Ces compétences seront démontrées par une maîtrise de la langue anglaise visant les niveaux B2 /C1 du CECRL, permettant ainsi aux étudiants de s'intégrer dans un environnement international et d'interagir avec des interlocuteurs anglophones de manière claire et professionnelle. Le semestre sera également celui de la préparation aux épreuves d'expression orale et d'expression écrite en vue de satisfaire l'évaluation des quatre compétences.</p>
	<p><i>By the end of CE 0951, final-year students will be able to communicate effectively in English in a professional context, both orally and in writing. They will be able to write reports, e-mails or summaries, and present their work to an audience using appropriate visual aids. These skills will be demonstrated by a mastery of the English language aimed at CEFR B2/C1 levels, enabling students to join an international environment and interact with English-speaking interlocutors in a clear and professional manner. The semester will also be used to prepare for the oral and written expression tests required to satisfy the assessment of the four skills.</i></p>

Modalités d'évaluation

Formule d'évaluation	(1*CC1)/1
----------------------	-----------

Langue d'enseignement

Langue	Anglais/English
--------	-----------------

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Objectifs de la formation visés

Objectifs généraux

La mondialisation des échanges, le développement de la communication électronique et l'intelligence artificielle renforçant le rôle de l'anglais, l'objectif de ce cours est de fournir aux élèves ingénieurs du cycle terminal M2.1 un apprentissage dynamique de la langue anglaise nécessaire au contexte actuel d'internationalisation des entreprises et d'assurer la communication entre des locuteurs de différentes cultures.

Communication professionnelle : développer des compétences écrites et orales adaptées aux échanges professionnels ;

1. **Anglais technique** : maîtriser un vocabulaire spécialisé lié aux sciences de l'ingénieur ;
2. **Collaboration internationale** : apprendre à travailler efficacement au sein d'équipes multiculturelles ;
3. **Recherche et innovation** : acquérir les outils linguistiques pour lire, comprendre et produire des documents d'entreprise ;
4. **Préparation à la carrière internationale** : perfectionner la rédaction de CV, lettres de motivation, préparation aux entretiens et interactions dans des contextes professionnels globalisés.

With the globalization of trade, the development of electronic communication and artificial intelligence reinforcing the role of English, the aim of this course is to provide M2.1 engineering students with the dynamic learning of the English language needed in today's context of corporate internationalization, and to ensure communication between speakers from different cultures.

Professional communication: develop written and oral skills adapted to professional exchanges;

1. *Technical English: master specialized vocabulary related to the engineering sciences;*
2. *International collaboration: learn to work effectively in multicultural teams;*
3. *Research and innovation: acquire the linguistic tools needed to read, understand and produce corporate documents;*
4. *International career preparation: perfect CV and cover letter writing, prepare for interviews and interactions in globalized business contexts.*

Contenus

Anglais général et professionnel

- Rédaction de courriels et de documents en lien avec l'insertion professionnelle (lettres de motivation et CV en anglais) ;
- Participation et animation de réunions de travail ;
- Techniques de présentation et de négociation ;

Anglais technique

- Étude de textes techniques (manuels, guides, rapports d'ingénierie) ;
- Analyse de cas pratiques liés au domaine de spécialisation des élèves ;
- Rédaction de rapports techniques et résumés d'articles scientifiques ;

Communication orale

- Préparation et simulation d'entretiens de recrutement en anglais ;
- Présentations professionnelles (avec support de type PowerPoint) ;
- Jeux de rôle : négociations, collaborations en équipe, présentations de projets techniques ;

General and professional English

- *Drafting of e-mails and documents related to professional integration (cover letters and CVs in English);*
- *Participation in and facilitation of business meetings;*
- *Presentation and negotiation techniques;*

Technical English

- *Study of technical texts (manuals, guides, engineering reports);*
- *Analysis of practical cases related to the students' field of specialization;*
- *Writing technical reports and summaries of scientific articles;*

Oral communication

- *Preparation and simulation of recruitment interviews in English;*
- *Professional presentations (with PowerPoint support);*
- *Role-playing: negotiations, teamwork, technical project presentations;*

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Méthodes et/ou moyens pédagogiques

3.1 Méthodes pédagogiques

1. Approche communicative et interactive :

- Mise en situation professionnelle (réunions, présentations, simulations d'entretien).
- Travail en groupe sur des projets collaboratifs.
- Bilan individualisé pour améliorer la performance.
- Réalisation d'un projet technique ou scientifique nécessitant l'usage de l'anglais (rapport et présentation).

2. Méthodes mixtes :

- Cours en présentiel pour les échanges oraux.
- Plateformes d'apprentissage en ligne pour le travail autonome (exercices interactifs, quiz).

3.2 Moyens pédagogiques

- Ressources académiques classiques
- Laboratoire numérique permettant solutions d'accompagnement à l'enseignement et l'apprentissage de l'anglais
- Logiciels interactifs et applications pour la pratique de la langue
- Interventions de conférenciers anglophones et ateliers de conversation.

3.1 Teaching methods

1 Communicative and interactive approach

- Professional situations (meetings, presentations, simulated interviews).
- Group work on collaborative projects.
- Individualized assessment to improve performance.
- Completion of a technical or scientific project requiring the use of English (report and presentation).

2 Mixed methods

- Face-to-face classes for oral exchanges.
- E-learning platforms for independent work (interactive exercises, quizzes).

3.2 Teaching resources

- Standard academic resources
- Digital laboratory for English teaching and learning support solutions
- Interactive software and applications for language practice
- Guest speakers and conversation workshops.

Prérequis pour l'EC

Prérequis

Connaissance de base des structures grammaticales de l'anglais général.
Familiarité avec les termes techniques spécifiques à leur domaine d'étude.

*Basic knowledge of general English grammatical structures.
Familiarity with technical terms specific to their field of study*

Travail personnel hors présentiel

Volume horaire

Cours présentiels : 24 heures réparties sur le semestre (12 séances de 2 heures).

Travail personnel : 15 heures incluant lectures, préparation de présentations

Projets et évaluations : 16 heures dédiées à un projet final et à ses livrables (rapport et présentation orale).

Total : Environ 50 heures sur le semestre.

Face-to-face classes: 24 hours spread over the semester (12 2-hour sessions).

Personal work: 15 hours including readings and preparation of presentations.

Projects and assessments: 16 hours dedicated to a final project and its deliverables (report and oral presentation).

Total: Approximately 50 hours over the semester.

Type de travail

1. Travail individuel :

- Apprentissage pour le cours suivant du cours précédent (points de grammaire et lexique)
- Exercices de grammaire et de vocabulaire technique.
- Rédaction d'emails, rapports et résumés.
- Préparation autonome de présentations et d'examens oraux.

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

2. Travail collaboratif :

- Projets de groupe basés sur des études de cas réels.
- Simulations de réunions ou négociations internationales.
- Discussions et débats sur des thématiques liées à l'ingénierie.

1. **Individual work :**

- Learning the previous lesson (grammar points and vocabulary) for the next lesson.
- Grammar and technical vocabulary exercises.
- Writing emails, reports and summaries.
- Independent preparation of presentations and oral exams.

2. **Collaborative work :**

- Group projects based on real-life case studies.
- Simulations of international meetings and negotiations.
- Discussions and debates on engineering-related topics.

Ressources bibliographiques

& Ressources spécifiques disponibles

- à la bibliothèque de l'UTTOP
- en ligne sur conseils des enseignants

Specific resources available

- at the UTTOP library

- online on the advice of teachers

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Code EC	IGENI-EC0952
Code UE	IGENI-UE0905
Coefficient interne à l'EC	0,8

Coordinateur ENIT de l'EC	Jérôme COLOMBANI
---------------------------	------------------

Présentation de l'EC

Nom de l'EC	Communication
Nom(s) du/des enseignant(s)	Jérôme COLOMBANI

Volume Horaire/Format	Format	Heures
	CM	H
	TD	4 H
	TP	6 H
	Projet encadré	H
	Projet en autonomie	H
	Total	10 heures

Acquis d'apprentissage visés

Compétence(s)	<p>A l'issue de cet EC, les étudiants seront capables de rédiger un CV et une lettre de motivation adaptés à la recherche d'un PFE et d'un futur premier emploi. Ils seront capables d'adapter une présentation personnelle rapide aux attentes du recruteur et auront effectué une réflexion poussée sur leur futur parcours professionnel, qui sera présentée oralement.</p> <p><i>At the end of this CE, students will be able to write a CV and cover letter adapted to the search for an EFP and a future first job. They will be able to adapt a rapid personal presentation to the recruiter's expectations, and will have carried out an in-depth reflection on their future career path, which will be presented orally.</i></p>
---------------	---

Modalités d'évaluation

Formule d'évaluation	(1*CC1)/1
----------------------	-----------

Langue d'enseignement

Langue	Français/French
--------	-----------------

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Objectifs de la formation visés

<p>Objectifs généraux</p>	<p>Savoir identifier les principaux réseaux, être conscient de leur intérêt pour la recherche d'un stage et comprendre comment les activer.</p> <p>Comprendre l'objectif d'un cv et de l'expression de sa motivation à un recruteur. Savoir rédiger ces documents de manière attractive et complète.</p> <p>Comprendre les attentes d'un recruteur et savoir le convaincre de l'intérêt de sa candidature par la communication. Savoir effectuer une rapide présentation orale de ses atouts en début d'entretien.</p> <p>Réaliser des recherches d'informations et un travail sur soi pour construire son parcours professionnel à la sortie de l'école. Savoir présenter oralement ce travail.</p> <p>Avoir conscience de l'importance des présentations orales pour convaincre un auditoire.</p> <p><i>Know how to identify the main networks, be aware of their interest in finding an internship and understand how to activate them.</i></p> <p><i>Understand the purpose of a resume and how to express your motivation to a recruiter. Know how to write these documents attractively and completely.</i></p> <p><i>Understand a recruiter's expectations and know how to convince them of the interest of your application through communication. Give a rapid oral presentation of your assets at the start of an interview.</i></p> <p><i>Research information and work on yourself to build your career path after leaving school. Present this work orally. Be aware of the importance of oral presentations in convincing an audience.</i></p>
<p>Contenus</p>	<p>TD1 : Présentation des particularités du CV et de la lettre de motivation d'un étudiant en fin de cursus d'ingénieur.</p> <p>Présentation de l'intérêt des réseaux pour s'insérer dans la vie professionnelle.</p> <p>TD2 : Rappel des éléments de communication orale et entraînement à la présentation personnelle succincte devant un recruteur dans un délai imparti avec proposition d'améliorations.</p> <p>TP1 et 2 : travail individualisé sur les cv et lettres de chacun des étudiants. Construction du projet de parcours professionnel.</p> <p>TP3 : Entraînement à la prise de parole sur le parcours professionnel souhaité et commentaires personnalisés</p> <p><i>TD1: Presentation of the particularities of a CV and cover letter for a student at the end of an engineering course. Presentation of the importance of networking for professional insertion.</i></p> <p><i>TD2: Reminder of the elements of oral communication and training for a succinct personal presentation to a recruiter within a given timeframe, with suggestions for improvement.</i></p> <p><i>TP1 and 2: Individualized work on each student's CV and letters. Construction of a career path project.</i></p> <p><i>TP3: Training in speaking about the desired career path, with personalized comments.</i></p>
<p>Méthodes et/ou moyens pédagogiques</p>	<p>L'apprentissage de la prise de parole en public se fait au travers d'exercices d'entraînement, commentés et évolutifs. Travail sur les aspects verbaux et non verbaux. Analyse collective des travaux en séance.</p> <p>L'apport d'informations générales sur la recherche de stage passe par l'aide à l'optimisation du CV et de la lettre de motivation et/ou courrier d'accompagnement et une approche individualisée avec les données personnelles de chaque étudiant et de ses attentes.</p> <p>Ce travail permet une participation constructive des étudiants au Forum Professionnel et à la Journée Professionnelle.</p> <p><i>Learning to speak in public is done through training exercises, with commentary and evolution. Work on verbal and non-verbal aspects. Collective analysis of work in session.</i></p> <p><i>General information on finding an internship is provided by helping students to optimize their CVs and cover letters and/or covering letters, as well as an individualized approach based on each student's personal data and expectations.</i></p> <p><i>This work enables students to participate constructively in the Career Forum and Career Day.</i></p>

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Prérequis pour l'EC

Prérequis

Avoir idéalement participé aux EC de communication des semestres précédents.

Ideally, you should have taken part in the communication CEs in previous semesters.

Travail personnel hors présentiel

Volume horaire

4 Heures

Type de travail

Préparation du pitch de présentation personnelle de 2 minutes. Rédaction d'un CV et d'une lettre de motivation adaptés à la recherche du PFE ou de l'emploi souhaité par l'étudiant. Recherche des informations et préparation de la présentation du parcours professionnel.

Preparation of a 2-minute personal presentation pitch. Drafting of a CV and cover letter adapted to the student's search for an EFP or job. Research information and prepare presentation of career path.

Ressources bibliographiques

Sur Moodle : Tutoriels d'aide à la présentation personnelle en 2 minutes, document d'aide à la rédaction d'un CV et d'une lettre de motivation et exemples à visionner.

A la bibliothèque :

- « Techniques de communication interpersonnelle » - M.Josien – Editions d'organisation
- « Comment prendre la parole en public » - JR.Martin – Editions Demios
- « Convaincre en moins de 2 minutes » - N.Boothman - Marabout

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Code EC	IGENI-EC0953
Code UE	IGENI-UE0905
Coefficient interne à l'EC	1,5

Coordinateur ENIT de l'EC	Philippe CLERMONT
---------------------------	-------------------

Présentation de l'EC

Nom de l'EC	Management
Nom(s) du/des enseignant(s)	Anne BOYRIE, Laure CARASSUS, Philippe CLERMONT, Hélène RANSAN & Patrice RANSAN

Volume Horaire/Format	Format	Heures
	CM	1 H
	TD	13 H
	TP	8 H
	Projet encadré	H
	Projet en autonomie	H
	Total	22 heures

Acquis d'apprentissage visés

Compétence(s)	<p>A la fin de cette formation, les étudiants disposeront des outils, concepts et principes en vue d'être capable dans leur métier d'ingénieur ou de cadre, et pour du management transverse ou hiérarchique :</p> <ul style="list-style-type: none"> - de préparer et d'animer des réunions, - d'écouter et de comprendre les attentes de leurs interlocuteurs (collaborateurs, collègues et responsables), - de fixer des objectifs clairs et précis, - de motiver leur équipe, - d'appréhender un conflit et d'en sortir. <p>Le niveau de compétences attendu est « Niveau 2 - Mise en œuvre courante ».</p>
	<p><i>At the end of this training, students will have the tools, concepts and principles to be able in their profession of engineer or executive, and for cross-functional or hierarchical management:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>prepare and conduct meetings,</i> - <i>listen and understand the expectations of their interlocutors (employees, colleagues and managers),</i> - <i>set clear and precise objectives;</i> - <i>motivate their team,</i> - <i>apprehend a conflict and get out of it.</i> <p><i>The expected skill level is "Level 2 - Current Implementation".</i></p>

Modalités d'évaluation

Formule d'évaluation	(1*DS1)/1
----------------------	-----------

Langue d'enseignement

Langue	Français/French
--------	-----------------

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Objectifs de la formation visés

Objectifs généraux

Les objectifs généraux de cet enseignement sont les suivants :

- ~ domaine cognitif : connaître les fonctions du manager, disposer d'une palette d'outils pour supporter quelques-unes de ces fonctions
- ~ domaine pragmatique : savoir poser une carte mentale pour animer, savoir préparer et animer une réunion, savoir pratiquer l'écoute active, savoir adapter son style de management, savoir gérer un conflit et les émotions afférentes
- ~ domaine affectif : être conscient de l'importance de la dimension humaine dans la fonction de manager, connaître son profil de manager et son style naturel de management, développer son empathie et ses capacités d'écoute active.

The general objectives of this teaching are:

- ~ *cognitive domain: know the functions of the manager, have a range of tools to support some of these functions*
- ~ *pragmatic domain: know how to put a mind map to animate, know how to prepare and animate a meeting, know how to practice active listening, know how to adapt his style of management, know how to manage conflict and the associated emotions*
- ~ *emotional domain: be aware of the importance of the human dimension in the function of manager, know his manager profile and his natural style of management, develop his empathy and his active listening skills.*

Contenus

TD n°1 - Introduction (2h)

- ~ Les règles de « Plus Belle la Vie Ensemble » afin de s'assurer de la sécurité psychologique de chacun
- ~ Etat des lieux sur les connaissances et croyances initiales des étudiants
- ~ La fonction du Manager et l'importance de la dimension humaine
- ~ Les facteurs de motivation et les attentes des étudiants dans cet enseignement
- ~ Le contenu de la formation et les domaines abordés
- ~ L'organisation et le travail nécessaire entre chaque séance

TD n°2 - Manager 3.0 (2h)

- ~ Les basiques du management et les croyances à balayer
- ~ Les attentes actuelles des collaborateurs et de l'encadrement
- ~ Les 3 défis actuels du manager 3.0

TD n°3 - Auto-évaluation (4h)

- ~ Son mode de perception sensorielle et les conséquences sur son mode de communication
- ~ Son profil en analyse transactionnelle (Parent - Enfant - Adulte)
- ~ Les styles de management propres à chaque génération
- ~ Les leviers de motivation disponibles en entreprise

TD n°4 - Management Situationnel (2h)

- ~ Les 4 styles de management et leur importance
- ~ Son style de management préférentiel
- ~ Le style adapté à la mission et à la personne
- ~ Vers plus d'autonomie et de confiance : les cycles progressifs et régressifs

TP n°1 - Ecoute active (4h)

- ~ Les 6 attitudes de Porter
- ~ Tester ses capacités à pratiquer l'écoute active et débriefer sur les ressentis
- ~ Les outils support de l'écoute active (reformulation, reflet, émotions et réponses adaptées...)

TP n°2 - Conduite de réunion (4h)

- ~ Les intérêts et les écueils d'une réunion : à quoi ça sert ?
- ~ Le déroulé d'une réunion avec les rôles et devoirs de l'animateur et des participants
- ~ Technique simple et rapide de préparation d'une réunion efficace
- ~ Les outils de l'animateur

TD n°5 - Gestion des conflits (3h)

- ~ Etat des lieux sur les conflits vécus par les étudiants
- ~ Le conflit : quelle perception et quelle importance dans la vie d'un manager
- ~ La prévention des conflits : empathie, formulation positive, gestion ses émotions, être constructif, strokes...

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

DESC : méthode pour sortir d'un conflit

Cours n°1 - Synthèse (1h)

- ~ Rappel sur des notions traités
- ~ Evaluation de la formation par les étudiants
- ~ Consignes pour le devoir
- ~ Remerciements

Tutorial n°1 - Introduction (2h)

- ~ The rules of «Plus Belle la Vie Ensemble» to ensure everyone's psychological safety
- ~ Status of initial knowledge and beliefs of students
- ~ The role of the manager and the importance of the human dimension
- ~ Motivation factors and expectations of students in this teaching
- ~ The content of the training and the areas covered
- ~ The organization and work required between each session

Tutorial n°2 - Manager 3.0 (2h)

- ~ Management basics and beliefs to brush away
- ~ Current expectations of employees and managers
- ~ The 3 current challenges of the manager 3.0

Tutorial n°3 - Self-assessment (4h)

- ~ Its sensory perception mode and the consequences on its communication mode
- ~ Transactional analysis profile (Parent - Child - Adult)
- ~ Management styles specific to each generation
- ~ The incentives available in companies

Tutorial n°4 - Situational Management (2h)

- ~ The 4 management styles and their importance
- ~ His preferred management style
- ~ The style adapted to the mission and the person
- ~ Towards more autonomy and confidence: the progressive and regressive cycles

Practical work n°1 - Active listening (4h)

- ~ The 6 attitudes of Porter
- ~ Test your ability to practice active listening and debrief on the feelings
- ~ The tools supporting active listening (reformulation, reflection, emotions and adapted responses...)

Practical work n°2 - Meeting Conduct (4h)

- ~ The interests and pitfalls of a meeting: what is the point?
- ~ The unfolding of a meeting with the roles and duties of the facilitator and participants
- ~ Simple and quick technique for preparing an effective meeting
- ~ The facilitator's tools

Tutorial n°5 - Conflict Management (3h)

- ~ State of the conflicts experienced by students
- ~ Conflict: what perception and what importance in the life of a manager
- ~ Conflict prevention: empathy, positive formulation, emotions management, constructive being, strokes...
- ~ Method for Overcoming Conflict

Course 1 - Summary (1h)

- ~ Reminder on concepts discussed
- ~ Evaluation of training by students
- ~ Instructions for the duty
- ~ Acknowledgements

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Méthodes et/ou moyens pédagogiques

La formation est basée sur des mises en œuvre dans le cadre de jeux de rôles et de cas d'études issus de l'expérience des étudiants ou de contextes industriels.

L'objectif est de faciliter la compréhension des outils proposés et leur mise en œuvre. A chaque mise en œuvre, un débriefing est proposé pour analyser le ressenti du manager et du collaborateur.

Les méthodes pédagogiques employées sont principalement expérientielles et interrogatives.

De plus, des QCM ludiques via Kahoot sont réalisés en début de certaines séances de formation.

The training is based on role-playing and case studies from student experience or industrial contexts.

The objective is to facilitate understanding of the proposed tools and their implementation. For each implementation, a debriefing is proposed to analyse the manager's and employee's feelings.

The teaching methods used are mainly experiential and interrogative.

In addition, playful QCM via Kahoot are conducted at the beginning of some training sessions.

Prérequis pour l'EC

Prérequis

Avoir des premières expériences de management en entreprise (stage) ou dans le cadre d'activités personnelles (sport, association...).

Have first management experiences in companies (internship) or in the context of personal activities (sport, association...).

Travail personnel hors présentiel

Volume horaire

6 Heures

Type de travail

Réaliser la carte mentale de synthèse de chaque séance en vue de s'approprier les notions du cours propres au domaine (termes, démarche et outils avec leur logique d'emploi...).

Réaliser le travail préparatoire de chaque séance

S'entraîner pour le devoir en réalisant des exercices types.

Create the mind map of each session in order to appropriate the course concepts specific to the field (terms, approach and tools with their use logic...).

Do the pre-work for each session

Train for the assignment by performing typical exercises.

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Ressources bibliographiques

- « Le management situationnel », Dominique Tissier, éditions Eyrolles
- « Intelligence émotionnelle », Daniel Goleman, éditions J'ai lu
- « Optimiser vos relations aux autres, Dominique Chalvin, éditions ESF
- « La boîte à outils du management », Patrice Stern, éditions Dunod
- « Gestion des conflits : la communication à l'épreuve », Richard Breard et Pierre Pastor, éditions Liaisons
- « Management Game : Les nouvelles règles du jeu pour redonner le sourire aux managers », F. et I. Rey-Millet, éditions Alisio

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Code EC	IGENI-EC0954
Code UE	IGENI-UE0905
Coefficient interne à l'EC	0,5

Coordinateur ENIT de l'EC	Hélène Ransan
---------------------------	---------------

Présentation de l'EC

Nom de l'EC	Charte et éthique de l'ingénieur Charter and ethics of the engineer
Nom(s) du/des enseignant(s)	Hélène Ransan

Volume Horaire/Format	Format	Heures
	CM	H
	TD	8 H
	TP	H
	Projet encadré	H
	Projet en autonomie	H
	Total	8 heures

Acquis d'apprentissage visés

Compétence(s)	<p>A l'issue de cet EC, les étudiants seront en mesure de conduire un débat sur des questions d'ordre éthique en prenant en compte les enjeux des différentes parties prenantes, de développer une argumentation probante.</p> <p><i>At the end of this EC, students will be able to lead a debate on ethical questions by taking into account the issues of the different stakeholders, and to develop a convincing argument.</i></p>
---------------	--

Modalités d'évaluation

Formule d'évaluation	(1*RAP1)/1
----------------------	------------

Langue d'enseignement

Langue	Français/French
--------	-----------------

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Objectifs de la formation visés

Objectifs généraux	<p>Préparer et participer à des débats sur des questions d'ordre éthique. Savoir construire un argumentaire probant à partir d'une recherche d'informations fiables. Apprendre à organiser et modérer des débats.</p> <p><i>Prepare and participate in debates on ethical issues. Know how to construct a convincing argument based on a search for reliable information. Learn to organize and moderate debates.</i></p>
Contenus	<p>Séance TD1 – Introduction générale à l'éthique Définitions. Présentation du débat éthique. Présentation du travail de groupe. Séances TD2 et TD3 – Préparation des débats Détermination d'une question d'ordre éthique. Analyse de la cartographie de parties prenantes et distribution des rôles. Préparation du débat : préparation des questions et de l'argumentation de chaque partie prenante. Séance TD4 – Débats</p> <p><i>Session TD1 – General introduction to ethics Definitions. Presentation of the ethical debate. Presentation of group work. Sessions TD2 and TD3 – Preparation for debates Determination of an ethical question. Analysis of stakeholder mapping and distribution of roles. Debate preparation: preparation of questions and arguments for each stakeholder. Session TD4 – Debates</i></p>
Méthodes et/ou moyens pédagogiques	<p>Débats avec jeu de rôles.</p> <p><i>Debates with role play.</i></p>

Prérequis pour l'EC

Prérequis	<p>Aucun prérequis. <i>No prerequisites.</i></p>
------------------	--

Travail personnel hors présentiel

Volume horaire	<p>4 Heures</p>
Type de travail	<p>Réalisation d'une cartographie des parties prenantes (travail individuel). Recherche d'informations pour construire un argumentaire en fonction du rôle choisi (travail individuel). Préparation des débats (travail de groupe).</p> <p><i>Creation of a stakeholder map (individual work). Search for information to build an argument based on the chosen role (individual work). Preparation of debates (group work).</i></p>

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Ressources bibliographiques

Cliquez ici et entrez les ressources bibliographiques

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Code EC	IGENI-EC0955
Code UE	IGENI-UE0905
Coefficient interne à l'EC	0,8

Coordinateur ENIT de l'EC	MAHER BAILI
---------------------------	-------------

Présentation de l'EC

Nom de l'EC	Evaluation et prévention des risques socio-professionnels
Nom(s) du/des enseignant(s)	MOREAU BALZER RUBINRAUT GUYOT

Volume Horaire/Format	Format	Heures
	CM	H
	TD	12 H
	TP	H
	Projet encadré	H
	Projet en autonomie	H
	Total	12 heures

Acquis d'apprentissage visés

Compétence(s)	<p>Santé et la Sécurité au Travail sera dénommé « S&ST » dans la suite du document</p> <p>L'apprenant est en mesure :</p> <ul style="list-style-type: none">. de repérer dans l'entreprise les enjeux humains, sociaux, économiques et juridiques de la S&ST. d'intégrer la S&ST dans la gestion de ses activités et la conduite de projets. de contribuer au management de la S&ST <p>Le tout avec un niveau correspondant à la durée des enseignements c'est-à-dire « initiation ».</p>
	<p><i>Occupational Health and Safety will be referred to as "OH&S" in the remainder of this document.</i></p> <p><i>The learner is able to :</i></p> <ul style="list-style-type: none">. <i>identify the human, social, economic and legal issues involved in S&ST within the company</i>. <i>integrate S&ST into the management of their activities and projects</i>. <i>contribute to S&ST management</i> <p><i>All at a level corresponding to the duration of the course, i.e. "initiation".</i></p>

Modalités d'évaluation

Formule d'évaluation	Exercices individuels et en exercices en sous-groupe au fil du TD
----------------------	---

Langue d'enseignement

Langue	Français/French
--------	-----------------

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Objectifs de la formation visés

Objectifs généraux

BASE ESSENTIELLES

Connaître la définition des accidents du travail et des maladies professionnelles
Connaître les droits et les obligations du salarié et de l'employeur en matière d'hygiène, santé et sécurité
Identifier les principaux acteurs en S&ST internes et externes à l'entreprise ainsi que leurs missions
Distinguer les principales situations dangereuses d'un secteur d'activité (en termes de dangers, risques et dommages)
Distinguer leurs conséquences sur la santé physique et mentale
Analyser pour déterminer les éléments d'une situation dangereuse
Evaluer ces risques en tenant compte de l'organisation du travail et des conditions d'exposition aux dangers
Evaluer les conséquences des situations dangereuses sur la santé physique et mentale
Comprendre la hiérarchie des principes généraux de prévention
Appliquer ces principes généraux à une situation dangereuse ou accidentelle
Etre force de proposition vis-à-vis d'une politique en santé sécurité au travail
Adopter des pratiques et des attitudes managériales respectant la santé physique et mentale des collaborateurs
Mettre en œuvre des programmes d'action et les évaluer en faisant émerger les bonnes pratiques
Intégrer les aspects santé-sécurité au sein de la stratégie globale de l'organisation
Savoir relier les aspects santé-sécurité à la performance globale
Prendre en compte les avis des différentes parties prenantes dans l'élaboration des actions de prévention
Identifier les impacts potentiels des changements sur la santé au travail
Relier compétences des collaborateurs et amélioration de leur situation de travail

SUIVANT L'APPETENCE ET LA RAPIDITE DU GROUPE DE TD

Connaître les indicateurs financiers liés à la santé au travail : tarification, réparation, coûts directs et indirects
Connaître et analyser les statistiques AT/MP et maladie par secteur d'activité
Comparer les indicateurs de santé au travail d'une entreprise donnée par rapport à son secteur d'activité
Identifier les différentes sources formelles et informelles et les informations disponibles en entreprise (Document Unique, bilan social, compte employeur, comptes rendus DP, CHSCT, CE, ...)
Repérer la hiérarchie des sources du droit et des textes normatifs
Comprendre les mécanismes de mise en cause de la responsabilité civile et pénale dans le contexte d'une activité professionnelle
Adopter une approche pluridisciplinaire des situations de travail en lien avec ces acteurs
Partager les compétences de ces acteurs dans une approche pluridisciplinaire appliquée à une situation de travail
Décrire les composantes d'une situation de travail
Animer des groupes pluridisciplinaires et susciter l'implication des participants sur la santé-sécurité au travail

ESSENTIAL BASICS

Definitions of occupational accidents and illnesses
Understand the rights and obligations of employees and employers in terms of hygiene, health and safety.
Identify the main S&ST players inside and outside the company, and their missions
Distinguish between the main hazardous situations in a sector of activity (in terms of hazards, risks and damage)
Distinguish their consequences on physical and mental health
Analyze to determine the elements of a hazardous situation
Evaluate these risks, taking into account work organization and conditions of exposure to hazards
Evaluate the consequences of hazardous situations on physical and mental health
Understand the hierarchy of general prevention principles
Apply these general principles to a hazardous or accidental situation
Be a driving force behind workplace health and safety policies
Adopt managerial practices and attitudes that respect employees' physical and mental health
Implement and evaluate action programs, highlighting best practices
Integrate health and safety aspects into the organization's overall strategy
Linking health and safety aspects to overall performance
Take into account the opinions of the various stakeholders when developing preventive actions
Identify the potential impact of changes on occupational health
Link employee skills to improvements in their work situation

DEPENDING ON THE APPETENCE AND SPEED OF THE TD GROUP

Know the financial indicators linked to occupational health: pricing, compensation, direct and indirect costs.
Know and analyze occupational injury and illness statistics by sector of activity.

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

	<p>Compare occupational health indicators for a given company with those for its sector of activity</p> <p>Identify the various formal and informal sources of information available within the company (Document Unique, social balance sheet, employer's account, minutes of meetings of the works council, CHSCT, CE, etc.).</p> <p>Identify the hierarchy of legal sources and normative texts</p> <p>Understand the mechanisms of civil and criminal liability in the context of a professional activity</p> <p>Adopt a multidisciplinary approach to work situations in conjunction with these players</p> <p>Share the skills of these players in a multidisciplinary approach applied to a work situation</p> <p>Describe the components of a work situation</p> <p>Lead multi-disciplinary groups and get participants involved in occupational health and safety issues.</p>
Contenus	<p>6h</p> <p>Démarches d'évaluation des risques</p> <p>Méthode analytique de résolution de problèmes S&ST</p> <p>Approche systémique de résolution de problèmes S&ST</p> <p>6h</p> <p>Regard Scientifique, Technique et Technologique sur les barrières de prévention</p> <p>Manager et être managé en S&ST pour diminuer les risques psycho sociaux</p> <p>Facteurs Humains et Organisationnels de la performance en S&ST</p> <p>Faire-Faire à ses collaborateurs et collègues pour améliorer ka S&ST</p> <p>6h</p> <p>Risk assessment approaches</p> <p>Analytical method for solving S&ST problems</p> <p>Systemic approach to S&ST problem-solving</p> <p>6h</p> <p>A scientific, technical and technological look at prevention barriers</p> <p>Managing and being managed in S&ST to reduce psycho-social risks</p> <p>Human and organizational factors in S&ST performance</p> <p>Doing the right thing for employees and colleagues to improve ka S&ST</p>
Méthodes et/ou moyens pédagogiques	<p>Suivant la dynamique de chaque groupe TD nous réalisons de 25 à 35 :</p> <ul style="list-style-type: none"> . Mises en situation lors d'exercices en binôme, trinôme et équipes de 4-5 apprenants. . Débats en utilisant des analogies (vie à l'ENIT, vie familiale, associations, sports...) . Pitch en sous-groupe avec les paperboards et les équipements partagés de la salle de pédagogie active . Ice breaking de type team building en entreprises . Tests de compétences par le biais de Quizz ou animations collectives <p>Depending on the dynamics of each TD group, we produce 25 to 35 :</p> <ul style="list-style-type: none"> . Exercises in pairs, trios and teams of 4-5 learners. . Debates using analogies (life at ENIT, family life, associations, sports, etc.). . Pitch in sub-groups using flip charts and shared equipment in the active learning room. . Ice breaking team-building activities . Skills testing through quizzes or group activities

Prérequis pour l'EC

Prérequis	aucun
------------------	-------

Travail personnel hors présentiel

Volume horaire	0 Heures
Type de travail	Pas concernés

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Ressources bibliographiques

L'ensemble des documents et travaux de recherche librement accessibles sur les sites de :

- . INRS (Institut National de Recherche en Sécurité)
- . ICSI (Institut pour une Culture de Sécurité Industrielle)
- . ANACT (Agence Nationale pour l'Amélioration des Conditions de Travail)

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Code UE	IGENI-UE0906
Crédits ECTS	3
Coefficient interne à l'UE	2,6

Présentation de l'UE

Nom de l'UE	ENVIRONNEMENT ECONOMIQUE ET SOCIAL DE L'ENTREPRISE THE COMPANY'S ECONOMIC AND SOCIAL ENVIRONMENT
Nom(s) du/des enseignant(s)	Jérôme Colombani, Alain Bordas et Marie-Andrée Liet

Volume Horaire/Format	Format	Heures
	CM	4 H
	TD	36 H
	TP	0 H
	Projet encadré	0 H
	Projet en autonomie	0 H
	Total	40 heures

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Thèmes et Objectifs de la formation visés

Principaux thèmes abordés

Sensibiliser et apprendre à connaître les divers enjeux économiques, de propriété industrielle, commerciaux et juridiques au sein d'une entreprise à travers différents thèmes :

1/ Achats :

Connaître et appliquer un processus achats, de déterminer les risques liés à un achat, de gérer un panel fournisseurs, d'établir une stratégie achats en lien avec celle de l'entreprise.

2/ Enjeux propriété industrielle :

Connaître les particularités des brevets, marques, dessins et modèles et droit d'auteur en tant qu'outils de protection des innovations et créations.

Avoir les bases suivantes : recherche d'antériorité, confidentialité, preuve de création, position du salarié face à son invention, conditions préalables à remplir et coût de la protection, périmètre géographique, démarche à suivre, valorisation.

3/ Enjeux juridiques :

Connaître les règles de base pour construire un contrat pour gérer les risques juridiques

Connaître les sources du droit du travail pour construire un contrat de travail et comprendre les principales clauses du contrat

Raising awareness and learning about the various economic, industrial property, commercial and legal issues at stake within a company through different themes:

1/ Purchasing :

Understand and apply a purchasing process, identify purchasing risks, manage a supplier panel, establish a purchasing strategy in line with the company's strategy.

2/ Industrial property issues :

Know the particularities of patents, trademarks, designs and copyright as tools for protecting innovations and creations.

Learn the following basics: prior art search, confidentiality, proof of creation, the employee's position with regard to his invention, prerequisites and costs of protection, geographical scope, steps to be taken, valuation.

3/ Legal issues :

Know the basic rules for drawing up a contract to manage legal risks.

Know the sources of labor law to build an employment contract and understand the main clauses of the contract.

Principaux objectifs généraux visés

Cette UE vise à fournir aux futurs ingénieurs une compréhension complète de l'environnement économique, juridique et social dans lequel évoluent les entreprises.

Les étudiants seront sensibilisés aux enjeux contemporains liés aux achats, à la propriété intellectuelle, au droit des affaires, au droit du travail, ainsi qu'à la manière dont ces aspects influencent la stratégie et les opérations des entreprises dans un monde globalisé.

This course aims to provide future engineers with a comprehensive understanding of the economic, legal and social environment in which companies operate.

Students will be made aware of contemporary issues relating to purchasing, intellectual property, business law and labor law, and how these aspects influence corporate strategy and operations in a globalized world.

Acquis d'apprentissage visés

Compétence(s)

A l'issue de l'UE, les élèves seront en mesure de :

- Comprendre l'impact des facteurs économiques et sociaux sur la gestion des entreprises.
- Appréhender les principes fondamentaux des achats dans un environnement global.
- Maîtriser les bases du droit des affaires, du droit du travail, et de la propriété intellectuelle.
- Savoir appliquer la réglementation juridique aux pratiques commerciales et industrielles.
- Analyser l'interaction entre l'entreprise, ses partenaires et ses employés dans un cadre juridique et économique.

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

At the end of the course, students will be able to:

- Understand the impact of economic and social factors on business management.
- Understand the fundamental principles of purchasing in a global environment.
- Master the basics of business law, labor law, and intellectual property.
- Know how to apply legal regulations to commercial and industrial practices.
- Analyze the interaction between the company, its partners and its employees within a legal and economic framework.

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Code EC	IGENI-EC0961
Code UE	IGENI-UE0906
Coefficient interne à l'EC	0,8

Coordinateur ENIT de l'EC	RANSAN Hélène
---------------------------	---------------

Présentation de l'EC

Nom de l'EC	Achats - Management des Ressources Externes Purchasing - Management of External Resources
Nom(s) du/des enseignant(s)	BORDAS Alain

Volume Horaire/Format	Format	Heures
	CM	H
	TD	12 H
	TP	H
	Projet encadré	H
	Projet en autonomie	H
	Total	12 heures

Acquis d'apprentissage visés

Compétence(s)	A l'issue de l'EC les élèves seront en mesure de connaître la fonction achats ainsi que ses enjeux économiques et stratégiques au sein de leur entreprise. Ils seront à même d'appliquer un processus achats, de déterminer les risques liés à un achat, de gérer un panel fournisseurs, d'établir une stratégie achats en lien avec celle de l'entreprise.
	<i>At the end of the CE, students will be able to understand the purchasing function and the economic and strategic issues at stake within their company. They will be able to apply a purchasing process, determine the risks associated with a purchase, manage a supplier panel and establish a purchasing strategy in line with that of the company.</i>

Modalités d'évaluation

Formule d'évaluation	(1*CC1)/1
----------------------	-----------

Langue d'enseignement

Langue	Français/French
--------	-----------------

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Objectifs de la formation visés

Objectifs généraux

À l'issue de ces Travaux Dirigés, les élèves ingénieurs seront capables de :

1. Comprendre les principes stratégiques et opérationnels des achats dans un contexte industriel.
2. Appliquer des méthodes de gestion des achats pour optimiser les coûts, les délais, la qualité et la RSE.
3. Expérimenter la gestion d'un portefeuille d'achats via le Business Game COMPIT, en prenant des décisions éclairées et stratégiques.
4. Appréhender la préparation et le déroulé d'une négociation.
5. Comprendre les fondamentaux d'un contrat commercial et de ses bases légales.
6. Appliquer les concepts théoriques relatifs à la gestion des achats et à la gestion des risques.

At the end of these tutorials, engineering students will be able to :

1. *Understand the strategic and operational principles of purchasing in an industrial context.*
2. *Apply purchasing management methods to optimise costs, lead times, quality and CSR.*
3. *Experiment with managing a purchasing portfolio using the COMPIT Business Game, making informed, strategic decisions.*
4. *Understand how to prepare for and conduct a negotiation.*
5. *Understand the fundamentals of a commercial contract and its legal bases.*
6. *Apply theoretical concepts relating to purchasing and risk management.*

Contenus

TD 1 : 2 heures

Présentation générale des achats, évolution du rôle et du poids économique des achats dans l'entreprise, levier achats, différents types d'achats, différents types d'acheteurs. Présentation du Business Game COMPIT, objectifs, règles du jeu (15mn).

TD 2 : 2 heures

Présentation du Business Game COMPIT, formation des équipes (15 mn) et lancement du jeu. Interventions en cours de jeu pour répondre aux questions, apporter des explications, préciser des définitions et donner des exemples.

TD 3 : 2 heures

Jeu par équipes, interventions en cours de jeu pour répondre aux questions, apporter des explications, préciser des définitions donner des exemples.

TD 4 : 2 heures

Jeu par équipes, interventions en cours de jeu pour répondre aux questions, apporter des explications, préciser des définitions et donner des exemples. Fin du jeu avec échanges sur le déroulé de chaque équipe. Affichage des résultats et notation.

TD 5 : Processus Achats (1ere partie) Définition du besoin, Sourcing, Marketing Achats, Consultation, Analyse des Offres, Négociation.

TD 6 : Processus Achats (2eme partie) Comité d'attribution, Contractualisation, Passation de Commande, Suivi Fournisseur, Stratégie Achats. Contrôle Continu (30 mn).

TD 1: 2 hours

General presentation of purchasing, changes in the role and economic weight of purchasing in companies, purchasing leverage, different types of purchasing, different types of buyers. Presentation of the COMPIT Business Game, objectives, rules of the game (15mn).

TD 2: 2 hours

Presentation of the COMPIT Business Game, formation of teams (15 mins) and launch of the game. Interventions during the game to answer questions, provide explanations, clarify definitions and give examples.

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

	<p>TD 3: 2 hours Team game, interventions during the game to answer questions, provide explanations, clarify definitions and give examples.</p> <p>TD 4: 2 hours Game played by teams, with interventions during the game to answer questions, provide explanations, clarify definitions and give examples. End of the game with discussions on the progress of each team. Display of results and marking.</p> <p>TD 5: Purchasing process (1st part) Definition of the need, Sourcing, Purchasing Marketing, Consultation, Analysis of Offers, Negotiation.</p> <p>Task 6: Purchasing process (part 2) Award committee, Contractualisation, Order placement, Supplier follow-up, Purchasing strategy. Continuous assessment (30 mins).</p>
Méthodes et/ou moyens pédagogiques	<p>Travaux Dirigés interactifs afin de s'appuyer sur l'expérience en entreprise des élèves qui ont presque tous déjà réalisé 2 stages en entreprise et dont certains ont eu à travailler avec les achats. Business Game COMPIT par équipes de 2 ou 3 élèves pour apprendre à analyser un panel fournisseurs, déterminer une stratégie, étudier les différents leviers d'action et leur impact : Leviers de sécurisation (Qualité, Cout, Délai, RSE, Confidentialité, Logistique, ...) et leviers de réduction des coûts (Négociation, Co-conception, Standardisation, Analyse de la Valeur,). Gérer un budget de fonctionnement et de temps alloués.</p> <p>Interactive tutorials to draw on the experience of the students, almost all of whom have already completed 2 work placements and some of whom have worked in purchasing. COMPIT Business Game in teams of 2 or 3 students to learn how to analyse a supplier panel, determine a strategy, study the various levers for action and their impact: levers for securing (Quality, Cost, Lead Time, CSR, Confidentiality, Logistics, etc.) and levers for reducing costs (Negotiation, Co-design, Standardisation, Value Analysis,). Manage an operating budget and allocated time.</p>

Prérequis pour l'EC

Prérequis	<p>Savoir analyser une base de données Travailler en équipe Fixer des objectifs Etablir une stratégie Prendre des décisions</p> <p>Ability to analyse a database Working in a team Setting objectives Drawing up a strategy making decisions</p>
-----------	--

Travail personnel hors présentiel

Volume horaire	4 Heures
Type de travail	<p>Préparation de la stratégie et des actions entre chaque cession de jeu Compit Révision</p> <p>Preparation of strategy and actions between each Compit game session Review</p>

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Ressources bibliographiques

Le manuel des achats par Roger PERROTIN et François SOULET de BRUGIÈRE	Eyrolles 2007
Toute la fonction achats par Philippe PETIT	Dunod 2016
Maturité des services achats et relation client-fournisseurs par Jean POTAGE	Maxima 2016

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Code EC	IGENI-EC0962
Code UE	IGENI-UE0906
Coefficient interne à l'EC	0,8

Coordinateur ENIT de l'EC	Marie-Andrée LIET
---------------------------	-------------------

Présentation de l'EC

Nom de l'EC	Droit du travail Employment law
Nom(s) du/des enseignant(s)	Marie-Andrée LIET et Maître Gilles Lefebvre

Volume Horaire/Format	Format	Heures
	CM	4 H
	TD	8 H
	TP	H
	Projet encadré	H
	Projet en autonomie	H
	Total	12 heures

Acquis d'apprentissage visés

Compétence(s)	<p>A l'issue de cet EC, les étudiants seront en mesure de construire un contrat de travail et de comprendre les principales clauses que l'employeur peut rajouter pour en apprécier les enjeux.</p> <p>At the end of this EC, students will be able to draw up an employment contract and understand the main clauses that employers can add, in order to appreciate what is at stake.</p>
---------------	--

Modalités d'évaluation

Formule d'évaluation	(1*CC1)/1
----------------------	-----------

Langue d'enseignement

Langue	Français/French
--------	-----------------

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Objectifs de la formation visés

Objectifs généraux

Connaître les différentes sources du droit du travail et comprendre la hiérarchie de ces normes et leurs complémentarités.

Savoir retrouver les règles de droit pour résoudre un problème juridique

Construire un contrat de travail : CDI et CDD

Sensibilisation aux risques juridiques.

Know the different sources of labor law and understand the hierarchy of these standards and their complementarity.

Know how to find the right legal rules to solve a legal problem.

Draw up an employment contract: permanent and fixed-term contracts.

Awareness of legal risks.

Contenus

Marie Andrée LIET

Cours 1 : Découvrir le droit du travail 2H

A partir d'articles et de mises en situation recherche des obligations de l'employeur et du salarié dans un contrat de travail, découvrir les différentes sources du droit du travail et les situations respectant ces règles.

Cours 2 : Les contrats de travail 2H

Chapitre 1 : présentation des différents contrats : CDI et CDD

Exercices d'application avec mise en pratique des règles et sensibilisations aux risques juridiques

Cours 3 : Les contrats particuliers 2H

Chapitre 2 : le contrat de chantier

Chapitre 3 : Le règlement intérieur

Exercice avec application du principe de hiérarchie de différentes sources du droit et justification de son choix

Cours 4 : Application 2H

Cas pratique avec mise en situation des notions abordée dans des situations nouvelles

Maître Gilles Lefebvre

Conférence 4H

Présentation de différentes situations mettant en jeu la responsabilité de l'ingénieur dans le cadre de son activité professionnelle

Marie Andrée LIET

Lesson 1: Discovering labor law 2H

Using articles and case studies to research the obligations of the employer and employee in an employment contract, discover the different sources of labor law and the situations that comply with these rules.

Lesson 2: Employment contracts 2H

Chapter 1: presentation of the different contracts: permanent and fixed-term contracts

Application exercises with practical application of the rules and awareness of legal risks.

Course 3: Special contracts 2H

Chapter 2: site contracts

Chapter 3: Internal regulations

Exercise with application of the principle of hierarchy of different sources of law and justification of choice.

Course 4: Application 2H

Practical case study of the concepts covered in new situations

Maître Gilles Lefebvre

Lecture 4H

Presentation of different situations involving the engineer's liability in the context of his professional activity.

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Méthodes et/ou moyens pédagogiques

Présentation des règles de base puis à travers des exercices savoir les appliquer et les compléter en fonction de l'objectif recherché.

Rechercher les sources du droit applicables dans une situation professionnelle et savoir choisir la règle en respectant le principe de hiérarchie des normes.

Presentation of the basic rules, followed by exercises to apply and complete them according to the objective sought.

Identify the sources of law applicable in a professional situation, and know how to choose the right rule while respecting the principle of hierarchy of norms.

Prérequis pour l'EC

Prérequis

Pas de prérequis

No prerequisites

Travail personnel hors présentiel

Volume horaire

4 Heures

Type de travail

Révision pour appliquer les notions en cours sur exercices puis dans un cas pratique avec utilisations de documents pour découvrir seuls de nouvelles situations

Revision to apply course concepts to exercises and then to a practical case, using documents to discover new situations on your own.

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Ressources bibliographiques

Cliquez ici et entrez les ressources bibliographiques

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

• Code EC	IGENI-EC0963
Code UE	IGENI-UE0906
Coefficient interne à l'EC	0,5

Coordinateur ENIT de l'EC	Marie-Andrée LIET
---------------------------	-------------------

Présentation de l'EC

Nom de l'EC	Droit des affaires <i>Business law</i>
Nom(s) du/des enseignant(s)	Marie-Andrée Liet

Volume Horaire/Format	Format	Heures
	CM	H
	TD	8 H
	TP	H
	Projet encadré	H
	Projet en autonomie	H
	Total	8 heures

Acquis d'apprentissage visés

Compétence(s)	<p>A l'issue de ce cours, les étudiants seront en mesure de construire un contrat de vente en tenant compte des règles de bases pour limiter les risques juridiques dans leur pratique professionnelle</p> <p><i>At the end of this course, students will be able to draw up a sales contract taking into account the basic rules to limit legal risks in their professional practice.</i></p>
---------------	--

Modalités d'évaluation

Formule d'évaluation	(1*CC1)/1
----------------------	-----------

Langue d'enseignement

Langue	Français/French
--------	-----------------

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Objectifs de la formation visés

Objectifs généraux

Comprendre les risques et enjeux par rapport à l'activité de l'entreprise notamment en termes de responsabilité
Savoir construire un contrat de vente et le modifier
Savoir rechercher les règles applicables par rapport aux objectifs d'une entreprise

*Understand the risks and stakes associated with the company's activity, particularly in terms of liability.
How to draw up and modify a sales contract
Identify the rules applicable to a company's objectives*

Contenus

Cours 1 : Présentation des notions
Chapitre 1 : le contrat : 2H
A/ A partir d'un exemple de contrat découvrir les enjeux du contrat
B/ La théorie générale des contrats
C/ Les différentes actions en responsabilité
Chapitre 2 : Le contrat de vente : 4H
A/ Le contrat de vente entre professionnels : clauses obligatoires et clause pour sécuriser la vente
B/ Le contrat de vente professionnels et consommateur : clauses obligatoires. Rappel des différentes techniques de vente en magasin ou à distance (internet)

Cours 2 : Application : 2H
Cas pratique avec application des notions abordées dans plusieurs situations :

*Lesson 1: Introduction to concepts
Chapter 1: Contracts: 2H
A/ Using an example of a contract, discover what is at stake in a contract
B/ General contract theory
C/ The various liability actions
Chapter 2: Sales contracts: 4H
A/ Sales contracts between professionals: mandatory clauses and clauses to secure the sale
B/ Sales contracts between professionals and consumers: mandatory clauses. Reminder of the different sales techniques, both in-store and online.
Lesson 2: Application: 2H
Case study with application of the concepts covered in several situations:*

Méthodes et/ou moyens pédagogiques

Présentation des règles de base puis à travers des exercices savoir les appliquer et les compléter en fonction de l'objectif recherché comme la sécurisation du paiement

Presentation of the basic rules, then, through exercises, learn how to apply and complete them according to the desired objective, such as securing payment.

Prérequis pour l'EC

Prérequis

Pas de prérequis
No prerequisites

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Travail personnel hors présentiel

Volume horaire	4 Heures
Type de travail	<p>Révision pour appliquer les notions en cours sur exercices puis dans un cas pratique avec utilisations de documents pour découvrir seuls de nouvelles situations</p> <p><i>Revision to apply course concepts to exercises and then to a practical case, using documents to discover new situations on your own.</i></p>

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Ressources bibliographiques

Cliquez ici et entrez les ressources bibliographiques

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Code EC	IGENI-EC0964
Code UE	IGENI-UE0906
Coefficient interne à l'EC	0,5

Coordinateur ENIT de l'EC	Jérôme COLOMBANI
---------------------------	------------------

Présentation de l'EC

Nom de l'EC	Propriété industrielle <i>Industrial property</i>
Nom(s) du/des enseignant(s)	Jérôme COLOMBANI

Volume Horaire/Format	Format	Heures
	CM	H
	TD	8 H
	TP	H
	Projet encadré	H
	Projet en autonomie	H
	Total	8 heures

Acquis d'apprentissage visés

Compétence(s)	A l'issue de cet EC, les étudiants seront sensibilisés aux outils de la Propriété Industrielle (Brevet, marque, dessin, modèle et droit d'auteur) et seront capables de mettre en place la démarche leur permettant de protéger leurs travaux : Recherche d'antériorité, confidentialité, preuve de création, position du salarié face à son invention, conditions préalables à remplir et coût de la protection, périmètre géographique, démarche à suivre, valorisation.
	<i>At the end of this course, students will be familiar with the tools of Industrial Property (patent, trademark, design, model and copyright) and will be able to put in place an approach that will enable them to protect their work: prior art search, confidentiality, proof of creation, the employee's position with regard to his invention, prerequisites and cost of protection, geographical scope, approach to follow, valorization.</i>

Modalités d'évaluation

Formule d'évaluation	(1*DS1)/1
----------------------	-----------

Langue d'enseignement

Langue	Français/French
--------	-----------------

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Objectifs de la formation visés

Objectifs généraux	<p>L'étudiant ingénieur doit savoir utiliser la propriété industrielle comme moyen de protection et de valorisation de l'innovation. Les brevets, marques, dessins et modèles constituent des avantages concurrentiels mais pour assurer cette protection, il est important qu'il connaisse les particularités de ces outils.</p> <p>L'étudiant doit comprendre les principaux points qui permettent de procurer une certaine autonomie dans la mise en œuvre de ces outils.</p> <p><i>Student engineers need to know how to use industrial property as a means of protecting and promoting innovation.</i></p> <p><i>Patents, trademarks, designs and models are competitive advantages, but to ensure this protection, it is important to understand the specific features of these tools.</i></p> <p><i>Students need to understand the main points that enable them to gain a degree of autonomy in the use of these tools.</i></p>
Contenus	<p>2 parties composées de 4 TD permettant d'être formé sur les outils de la PI. Partie 1 : Le brevet. Partie 2 : La marque, les dessins et modèles, les droits d'auteur.</p> <p><i>2 parts made up of 4 tutorials providing training in IP tools.</i></p> <p><i>Part 1: Patents.</i></p> <p><i>Part 2: Trademarks, designs and copyright.</i></p>
Méthodes et/ou moyens pédagogiques	<p>Dans chacune des parties sont exposées des notions théoriques et juridiques étayées par des exemples concrets et des exercices.</p> <p><i>Each section presents theoretical and legal concepts, supported by practical examples and exercises.</i></p>

Prérequis pour l'EC

Prérequis	<p>Pas de prérequis</p> <p><i>No prerequisites</i></p>
------------------	--

Travail personnel hors présentiel

Volume horaire	<p>3 Heures</p>
Type de travail	<p>Révision entre les séances</p> <p><i>Review between sessions</i></p>

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Ressources bibliographiques

Sur Moodle,

Plusieurs séquences audios de l'INPI portant sur les différents points vus en cours.

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Code UE	IGENI-UE0907GI
Crédits ECTS	6
Coefficient interne à l'UE	7

Présentation de l'UE

Nom de l'UE	OPTION GENIE INDUSTRIEL
Nom(s) du/des enseignant(s)	Philippe Clermont Bernard Kamsu-Foguem Kamal Medjaher François Pérès

Volume Horaire/Format	Format	Heures
	CM	32 H
	TD	59 H
	TP	11 H
	Projet encadré	0 H
	Projet en autonomie	0 H
	Total	102 heures

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Thèmes et Objectifs de la formation visés

Principaux thèmes abordés

- **Modélisation, analyse et évaluation de la sûreté de fonctionnement des Systèmes industriels** : ce thème englobe l'ensemble des méthodes et outils permettant d'identifier, d'évaluer et d'améliorer la sûreté de fonctionnement des systèmes complexes. Il vise l'aide à la prise de décision pour optimiser les performances des systèmes, notamment en termes de fiabilité, de disponibilité, de sécurité et de planification intelligente et proactive de la maintenance.
- **Créativité et Prise de Décision en Ingénierie** : ce thème vise à développer les compétences en innovation et en résolution de problèmes dans un cadre structuré. Les étudiants apprendront à animer des séances de créativité, à utiliser des outils d'idéation et à identifier les solutions optimales pour relever des défis techniques et organisationnels, tout en adoptant une posture proactive et créative.
- **Maîtrise de la Gestion de la Chaîne Logistique et des Systèmes ERP** : ce thème vise à doter les étudiants des compétences essentielles en gestion de la chaîne logistique et en utilisation des logiciels ERP. Les étudiants apprendront à optimiser divers processus commerciaux, notamment la maintenance, la gestion des clients, la sélection des fournisseurs et le processus de vente, afin d'améliorer la performance et la coordination des activités industrielles.
- **Modeling, analysis and assessment of industrial system dependability**: this theme covers all methods and tools for identifying, assessing and improving the dependability of complex systems. It aims to support decision-making to optimize system performance, particularly in terms of reliability, availability, safety, intelligent and proactive maintenance planning.
- **Creativity and Decision-Making in Engineering**: this theme aims to develop skills in innovation and problem-solving within a structured framework. Students will learn to lead creativity sessions, use ideation tools and identify optimal solutions to technical and organizational challenges, while adopting a proactive and creative posture.
- **Mastering Supply Chain Management and ERP Systems**: this theme aims to equip students with essential skills in supply chain management and the use of ERP software. Students will learn how to optimize various business processes, including maintenance, customer management, supplier selection and the sales process, in order to improve the performance and coordination of industrial activities.

Principaux objectifs généraux visés

- **Domaine cognitif** :
 - Connaître les concepts fondamentaux de la sûreté de fonctionnement (fiabilité, disponibilité, sécurité, maintenabilité) et acquérir des notions sur les approches qualitatives (AMDEC, APR, etc.) et quantitatives (diagramme de fiabilité, chaînes de Markov, etc.).
 - Comprendre les méthodes d'évaluation des risques des systèmes complexes.
 - Connaître les principales approches et outils de créativité et d'aide à la décision en ingénierie.
 - Comprendre les mécanismes de résolution de problèmes dans un contexte technique et organisationnel.
 - Connaître les concepts fondamentaux de la gestion de la chaîne logistique et des systèmes ERP.
 - Comprendre les enjeux de la gestion des ressources et de l'optimisation des flux industriels.
- **Domaine pragmatique** :
 - Savoir appliquer les méthodes d'analyse des défaillances (AMDEC, arbre de défaillance, diagramme de fiabilité).
 - Réaliser des études de fiabilité et de disponibilité d'un système technique.
 - Savoir animer des séances de créativité et utiliser des outils d'idéation pour concevoir des solutions innovantes.
 - Effectuer des analyses multicritères pour sélectionner des solutions optimales adaptées aux contraintes techniques et économiques.
 - Savoir utiliser un logiciel ERP pour gérer la maintenance, la gestion des clients et la sélection des fournisseurs.
 - Réaliser des simulations et des optimisations de processus commerciaux grâce aux outils ERP.

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

- **Domaine affectif :**
 - o Être conscient de l'importance de la sûreté de fonctionnement pour la sécurité des systèmes industriels et la prise de décision.
 - o Avoir conscience des impacts économiques, environnementaux et humains des défaillances techniques.
 - o Être conscient de l'importance d'une approche créative et proactive pour résoudre des problématiques industrielles complexes.
 - o Développer une posture d'initiative et d'innovation dans la prise de décision technique.
 - o Être conscient de l'importance d'une gestion efficace des ressources et de l'intégration des systèmes d'information pour la performance industrielle.

- **Cognitive Domain:**
 - o *Understand the fundamental concepts of dependability (reliability, availability, safety, maintainability) and acquire knowledge of qualitative approaches (FMEA, PHA, etc.) and quantitative approaches (reliability block diagram, Markov chains, etc.).*
 - o *Understand the methods for risk assessment of complex systems.*
 - o *Know the main approaches and tools for creativity and decision support in engineering.*
 - o *Understand the problem-solving mechanisms in a technical and organizational context.*
 - o *Know the fundamental concepts of supply chain management and ERP systems.*
 - o *Understand the challenges of resource management and the optimization of industrial flows.*

- **Pragmatic Domain:**
 - o *Know how to apply failure analysis methods (FMEA, fault tree analysis, reliability block diagram).*
 - o *Carry out reliability and availability studies of a technical system.*
 - o *Know how to facilitate creativity sessions and use ideation tools to design innovative solutions.*
 - o *Perform multi-criteria analyses to select optimal solutions adapted to technical and economic constraints.*
 - o *Know how to use ERP software to manage maintenance, customer relationship management and supplier selection.*
 - o *Perform simulations and optimizations of business processes using ERP tools.*

- **Affective Domain:**
 - o *Be aware of the importance of dependability for the safety of industrial systems and decision-making.*
 - o *Be aware of the economic, environmental and human impacts of technical failures.*
 - o *Be aware of the importance of a creative and proactive approach to solving complex industrial problems.*
 - o *Develop a posture of initiative and innovation in technical decision-making.*
 - o *Be aware of the importance of effective resource management and the integration of information systems for industrial performance.*

Acquis d'apprentissage visés

Compétence(s)

A l'issue de cette UE, les étudiants seront capables :

- D'identifier, d'analyser et d'évaluer les risques liés à la sûreté de fonctionnement d'un système industriel.
- De proposer des solutions pour améliorer les performances du système en termes de fiabilité, de disponibilité, de maintenabilité et de sécurité.
- D'adopter une démarche structurée de créativité et de prise de décision pour optimiser les performances industrielles.
- D'exploiter un système ERP pour améliorer la gestion des opérations et la prise de décision en entreprise.

At the completion of this course unit, students will be able to:

- *Identify, analyze, and evaluate the risks related to the dependability of an industrial system.*
- *Propose solutions to improve system performance in terms of reliability, availability, maintainability, and safety.*
- *Adopt a structured approach to creativity and decision-making to optimize industrial performance.*
- *Utilize an ERP system to improve operations management and decision-making within a company.*

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Code EC	IGENI-EC0971GI
Code UE	IGENI-UE0907GI
Coefficient interne à l'EC	2,3

Coordinateur ENIT de l'EC	Pr. Kamal Medjaher
---------------------------	--------------------

Présentation de l'EC

Nom de l'EC	Sûreté de fonctionnement
Nom(s) du/des enseignant(s)	Pr. François Pérès Pr. Kamal Medjaher

Volume Horaire/Format	Format	Heures
	CM	12 H
	TD	11 H
	TP	11 H
	Projet encadré	H
	Projet en autonomie	H
	Total	34 heures

Acquis d'apprentissage visés

Compétence(s)	À l'issue de cet enseignement, les étudiants seront capables :
	<ul style="list-style-type: none"> D'identifier et analyser les défaillances potentielles d'un système technique complexe en utilisant des méthodes comme l'AMDEC, les diagrammes de fiabilité, ou les réseaux bayésiens De modéliser les systèmes et évaluer leur sûreté de fonctionnement en intégrant les incertitudes et les interactions entre composants De proposer des mesures d'amélioration pour accroître la fiabilité des systèmes, telles que la redondance, la maintenance préventive ou l'amélioration des composants critiques De réaliser des études de sensibilité pour évaluer l'impact des variations des paramètres sur les performances du système De synthétiser les résultats d'analyse de sûreté sous forme de rapports structurés adaptés à différents publics techniques ou décisionnels. De collecter et traiter des données issues de systèmes techniques pour évaluer leur état de santé, en appliquant des techniques de prétraitement telles que le filtrage, la suppression des valeurs aberrantes, ou l'imputation des données manquantes D'identifier des indicateurs pertinents de dégradation à partir des données collectées et construire des indicateurs de santé pour surveiller l'état des composants critiques.... De diagnostiquer les défauts présents dans un système en interprétant les signaux issus des analyses temporelles, fréquentielles et temps-fréquence.... D'estimer la durée de vie restante (Remaining Useful Life) des composants pour anticiper les pannes et proposer des plans d'intervention... De concevoir des modèles de prise de décision adaptés pour la gestion proactive des défaillances, notamment à travers des méthodes de reconfiguration ou de contrôle tolérant aux pannes

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

On completion of this course, students will be able to:

- Identify and analyse potential failures in a complex technical system using methods such as FMECA, reliability diagrams or Bayesian networks
- Modelling systems and assessing their operational safety, taking into account uncertainties and interactions between components
- Suggesting measures to improve system reliability, such as redundancy, preventive maintenance or improvements to critical components
- Carry out sensitivity studies to assess the impact of parameter variations on system performance
- Summarise the results of safety analyses in the form of structured reports tailored to different technical or decision-making audiences.
- Collect and process data from technical systems to assess their state of health, applying pre-processing techniques such as filtering, removal of outliers, or imputation of missing data
- Identify relevant degradation indicators from the data collected and build health indicators to monitor the condition of critical components....
- Diagnose faults in a system by interpreting signals from time, frequency and time-frequency analyses....
- Estimate the Remaining Useful Life of components to anticipate breakdowns and propose intervention plans....
- Design appropriate decision-making models for proactive fault management, in particular using reconfiguration or fault-tolerant control methods.

Modalités d'évaluation

Formule d'évaluation

$(1*CC1+1*CC2+1*TP1+1*TP2)/4$

Langue d'enseignement

Langue

English friendly

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Objectifs de la formation visés

Objectifs généraux

L'objectif principal de cet enseignement est de fournir aux étudiants les compétences nécessaires pour **évaluer et améliorer la sûreté de fonctionnement des systèmes techniques**, en intégrant des outils analytiques et des méthodologies spécifiques. À l'issue de cet EC, les étudiants :

- **En termes de Connaissances** (Domaine cognitif) :
 - Comprendront les principes fondamentaux de la sûreté de fonctionnement, incluant la fiabilité, la disponibilité, la maintenabilité, et la sécurité (RAMS).
 - Connaîtront les bases théoriques des méthodes analytiques comme l'AMDEC, les arbres de défaillance, les réseaux de Petri, et les chaînes de Markov
 - Comprendront les étapes du workflow PHM (Prognostics and Health Management), depuis la collecte de données jusqu'à la prise de décision.
 - Connaîtront les bases théoriques des techniques d'analyse des signaux (analyse temporelle, fréquentielle et temps-fréquence) ainsi que des méthodes de diagnostic et de pronostic.
 - Seront familiarisés avec les concepts de fiabilité et de robustesse des systèmes, et les approches permettant d'améliorer leur disponibilité opérationnelle.
- **Sur le plan du Savoir-faire** (Domaine pragmatique) :
 - Seront capables de modéliser des systèmes en utilisant des outils numériques et d'interpréter les résultats pour identifier les faiblesses d'un système.
 - Pourront appliquer des approches quantitatives pour analyser les risques et proposer des solutions adaptées.
 - Auront la capacité de mettre en œuvre des méthodologies collaboratives pour évaluer les systèmes en phase de conception ou en exploitation.
 - Seront capables de prétraiter les données en supprimant les doublons, en corrigeant les valeurs aberrantes, et en comblant les données manquantes pour garantir la qualité des analyses.
 - Pourront extraire des caractéristiques pertinentes des signaux pour construire des indicateurs de santé.
 - Maîtriseront les techniques de diagnostic pour isoler les défauts et évaluer leur gravité.
 - Appliqueront des méthodes de pronostic pour estimer la durée de vie restante et prendre des décisions en conséquence.
- **Au niveau du Savoir-être** (Domaine affectif) :
 - Développeront une conscience critique sur l'importance de la sûreté de fonctionnement dans les projets industriels et ses implications sociétales.
 - Seront sensibilisés à l'importance de la communication claire des résultats d'analyse pour faciliter la prise de décision.
 - Développeront une conscience critique de l'importance des systèmes de surveillance dans les industries modernes.
 - Seront sensibilisés à la responsabilité éthique de prévoir les défaillances pour limiter les impacts humains, environnementaux, et économiques.

*The main objective of this course is to provide students with the skills needed to **assess and improve the dependability of technical systems**, by integrating analytical tools and specific methodologies. At the end of this course, students will be able to:*

- **In terms of Knowledge** (Cognitive domain):
 - *Understand the fundamental principles of dependability, including reliability, availability, maintainability and safety (RAMS).*
 - *Know the theoretical basis of analytical methods such as FMECA, fault trees, Petri nets and Markov chains*
 - *Understand the steps in the PHM (Prognostics and Health Management) workflow, from data collection to decision-making.*
 - *Know the theoretical bases of signal analysis techniques (time, frequency and time-frequency analysis) as well as diagnostic and prognostic methods.*
 - *They will be familiar with the concepts of system reliability and robustness, and the approaches that can be used to improve their operational availability.*
- **In terms of know-how** (pragmatic area) :
 - *Be able to model systems using numerical tools and interpret the results to identify weaknesses in a system.*

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

- Be able to apply quantitative approaches to analyse risks and propose appropriate solutions.
- Have the ability to implement collaborative methodologies to evaluate systems in the design phase or in operation.
- Will be able to pre-process data, removing duplicates, correcting outliers and filling in missing data to guarantee the quality of analyses.
- Be able to extract relevant characteristics from signals to construct health indicators.
- Master diagnostic techniques to isolate faults and assess their severity.
- Apply prognostic methods to estimate remaining lifespan and make decisions accordingly.
- **In Terms of Personal skills (affective domain) :**
 - Develop a critical awareness of the importance of operational safety in industrial projects and its implications for society.
 - Be made aware of the importance of clearly communicating analysis results to facilitate decision-making.
 - Develop a critical awareness of the importance of surveillance systems in modern industries.
 - Will be made aware of the ethical responsibility to anticipate failures in order to limit the human, environmental and economic impact

Cours 1 : Fondements théoriques et méthodologiques de la Sûreté de Fonctionnement 18h

1. **Introduction à la sûreté de fonctionnement**
 - Définition et composantes (Fiabilité, Disponibilité, Maintenabilité, Sécurité - RAMS).
 - Importance de la sûreté de fonctionnement dans les systèmes complexes.
2. **Méthodes d'analyse des défaillances**
 - **AMDEC (Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leur Criticité) :** Méthodologie, étapes et exemples d'application.
 - **Arbres de défaillance :** Construction et exploitation pour identifier les causes racines des pannes.
3. **Modélisation probabiliste des systèmes**
 - **Chaînes de Markov :** Modélisation des transitions d'état dans un système.
 - **Réseaux Bayésiens :** Utilisation pour la prise en compte des incertitudes.
 - **Réseaux de Petri :** Simulation de la dynamique des systèmes techniques.
4. **Outils de diagnostic et d'analyse**
 - Études de fiabilité : MTBF (Mean Time Between Failures), MTTR (Mean Time To Repair).
 - Modélisation des taux de défaillance.
 - Analyse de sensibilité des paramètres influents sur la sûreté de fonctionnement.

Cours 2 : Prognostics and Health Management (PHM) 14h

1. **Acquisition et traitement des données**
 - Prétraitement des données issues des systèmes industriels : Filtrage, gestion des valeurs aberrantes, interpolation.
 - Extraction d'indicateurs de santé à partir des données de capteurs (analyse temporelle, fréquentielle, et temps-fréquence).
2. **Diagnostic des systèmes**
 - Techniques de localisation et d'identification des défaillances à partir de signaux physiques.
 - Études de cas : Analyse des vibrations et des courants électriques pour détecter des anomalies.
3. **Pronostic et estimation de la durée de vie restante (RUL)**
 - Méthodes statistiques et basées sur les modèles pour anticiper les pannes.
 - Mise en œuvre de techniques de machine learning pour le pronostic.
4. **Outils logiciels et implémentation**
 - Utilisation de logiciels spécialisés (MATLAB, Python) pour le traitement des données.
 - Études de cas sur des données réelles pour évaluer l'efficacité des modèles.
5. **Prise de décision et gestion des systèmes**
 - Approches de maintenance proactive et contrôles tolérants aux pannes.
 - Optimisation des ressources et des coûts liés à la maintenance préventive et corrective.

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Course 1: Theoretical and methodological foundations of Dependability 18h

1. **Introduction to dependability**
 - Definition and components (Reliability, Availability, Maintainability, Safety - RAMS).
 - The importance of dependability in complex systems.
2. **Failure analysis methods**
 - **FMEA (Failure Modes, Effects and Criticality Analysis)** : Methodology, stages and examples of application.
 - **Fault trees**: Construction and operation to identify the root causes of faults.
3. **Probabilistic systems modelling**
 - **Markov chains**: Modelling state transitions in a system.
 - **Bayesian networks**: Using them to take account of uncertainties.
 - **Petri nets**: Simulating the dynamics of technical systems.
4. **Diagnostic and analysis tools**
 - Reliability studies: MTBF (Mean Time Between Failures), MTTR (Mean Time To Repair).
 - Failure rate modelling.
 - Sensitivity analysis of parameters influencing operating safety.

Course 2: Prognostics and Health Management (PHM) 14h

6. **Data acquisition and processing**
 - Pre-processing of data from industrial systems: filtering, management of outliers, interpolation.
 - Extraction of health indicators from sensor data (temporal, frequency and time-frequency analysis).
7. **Systems diagnostics**
 - Techniques for locating and identifying faults based on physical signals.
 - Case studies : Analysis of vibrations and electrical currents to detect anomalies.
8. **Prognostics and estimation of remaining useful life (RUL)**
 - Statistical and model-based methods for anticipating breakdowns.
 - Implementation of machine learning techniques for prognosis.
9. **Software tools and implementation**
 - Use of specialised software (MATLAB, Python) for data processing.
 - Case studies using real data to assess the effectiveness of the models.
10. **Decision-making and systems management**
 - Proactive maintenance approaches and fault-tolerant controls.
 - Optimisation of resources and costs linked to preventive and corrective maintenance.

Méthodes et/ou moyens pédagogiques

Le cours adopte une approche pédagogique mixte qui combine des **notions théoriques**, des **exercices pratiques**, et des **études de cas appliquées**, pour maximiser l'apprentissage des concepts clés et leur mise en pratique. Les moyens pédagogiques innovants suivants sont mis en place :

1. **Cours magistraux interactifs**

Les notions théoriques sont présentées sous forme de cours magistraux, enrichis par des supports visuels dynamiques et des échanges interactifs avec les étudiants pour stimuler la réflexion et assurer une compréhension approfondie des concepts.
2. **Exercices pratiques et études de cas**

Des exercices pratiques sont proposés pour appliquer immédiatement les concepts théoriques. Ces exercices s'appuient sur des **données de terrain** réelles, permettant aux étudiants de se confronter à des scénarios industriels concrets. Les études de cas incluent l'analyse de signaux issus de systèmes techniques et la mise en œuvre de modèles de pronostic.
3. **Utilisation de logiciels spécialisés**

Les séances de travaux dirigés et pratiques intègrent l'utilisation de divers outils numériques et logiciels spécialisés (tels que NETICA, MATLAB, Python, ou d'autres plateformes d'analyse de données) pour l'aide à la décision, le traitement de données, le diagnostic et le pronostic. Cela permet aux étudiants de se familiariser avec des outils standards utilisés dans l'industrie.
4. **Apprentissage par la pratique**

Les étudiants sont encouragés à résoudre des problèmes concrets, à manipuler des données brutes et à

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

proposer des solutions aux défis liés à la maintenance prédictive et au diagnostic.

5. **Collaboration en groupe**

Les travaux pratiques et les études de cas sont réalisés en équipe pour développer les compétences collaboratives, essentielles dans les environnements industriels. Cette méthode favorise les échanges d'idées et la résolution collective de problèmes complexes.

6. **Approche basée sur des projets**

Une partie des sessions est dédiée à des projets courts où les étudiants doivent analyser des données, modéliser des systèmes, et présenter leurs résultats sous forme de rapports ou de présentations orales.

Méthodes pédagogiques :

- **Approche progressive** : Les notions théoriques sont introduites en début de session, suivies d'applications pratiques et d'études de cas pour renforcer les acquis.
- **Apprentissage autonome** : Les étudiants sont invités à approfondir certains sujets en dehors des cours grâce à des ressources supplémentaires mises à leur disposition, notamment via la plateforme Moodle...
- **Feedback continu** : Les enseignants fournissent un retour personnalisé sur les travaux des étudiants pour les aider à progresser.

Ces méthodes permettent de développer à la fois des compétences techniques, analytiques et collaboratives, tout en rapprochant les étudiants des réalités du monde professionnel.

*The course adopts a blended learning approach that combines **theoretical concepts, practical exercises and applied case studies** to maximise the learning of key concepts and their practical application. The following innovative teaching methods are used:*

1. **Interactive lectures**

Theoretical concepts are presented in the form of lectures, enhanced by dynamic visual aids and interactive exchanges with students to stimulate reflection and ensure a thorough understanding of the concepts.

2. **Practical exercises and case studies**

*Practical exercises are proposed to immediately apply the theoretical concepts. These exercises are based on real **field data**, allowing students to confront concrete industrial scenarios. Case studies include the analysis of signals from technical systems and the implementation of prognostic models.*

3. **Use of specialised software**

Tutorial and practical sessions incorporate the use of various digital tools and specialised software (such as NETICA, MATLAB, Python, or other data analysis platforms) for decision support, data processing, diagnosis and prognosis. This enables students to familiarise themselves with standard tools used in industry.

4. **Learning by Doing**

Students are encouraged to solve real-world problems, manipulate raw data and propose solutions to predictive maintenance and diagnostic challenges.

5. **Group collaboration**

Practical work and case studies are carried out in teams to develop the collaborative skills that are essential in industrial environments. This method encourages the exchange of ideas and the collective resolution of complex problems.

6. **Project-based approach**

Part of the sessions is dedicated to short projects where students have to analyse data, model systems and present their results in the form of reports or oral presentations.

Teaching methods :

- **Gradual approach:** *Theoretical concepts are introduced at the beginning of the session, followed by practical applications and case studies to reinforce what has been learnt.*
- **Independent learning:** *Students are encouraged to explore certain subjects in greater depth outside the classroom, using additional resources made available to them, in particular via the Moodle platform...*
- **Continuous feedback:** *Teachers provide personalised feedback on students' work to help them make progress.*

These methods help to develop technical, analytical and collaborative skills, while bringing students closer to the

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

realities of the professional world.

Prérequis pour l'EC

Prérequis

Les étudiants doivent disposer de compétences transversales en **mathématiques, modélisation, programmation, et analyse des systèmes industriels**, ainsi que d'une capacité à manipuler des outils logiciels. Une familiarité avec les concepts de base en fiabilité et maintenance est également recommandée pour maximiser l'apprentissage.

*Students should have cross-disciplinary skills in **mathematics, modelling, programming and the analysis of industrial systems**, as well as the ability to manipulate software tools. Familiarity with basic reliability and maintenance concepts is also recommended to maximise learning.*

Travail personnel hors présentiel

Volume horaire

8 Heures

Type de travail

Pour intégrer les concepts et se préparer à l'examen, les étudiants devront relire les supports de cours, compléter leurs notes, et résoudre des exercices pratiques, notamment des calculs de fiabilité, des modèles de diagnostic (AMDEC, arbres de défaillance) et des analyses de données avec des logiciels comme MATLAB ou Python. Ils devront également reprendre les études de cas, réanalyser les jeux de données, et synthétiser les notions clés à l'aide de fiches de révision. Enfin, des recherches complémentaires et des sessions de travail en groupe sont recommandées pour approfondir les méthodes vues en cours. Environ 1 heure par semaine semble nécessaire pour cela, avec une intensification de l'effort avant l'examen

To integrate the concepts and prepare for the exam, students will have to reread the course materials, complete their notes, and solve practical exercises, including reliability calculations, diagnostic models (FMECA, fault trees) and data analysis using software such as MATLAB or Python. They will also have to revisit the case studies, re-analyse the data sets and summarise the key concepts using revision sheets. Finally, additional research and group work sessions are recommended to deepen the methods seen in class. Approximately 1 hour per week seems necessary for this, with an intensification of the effort before the exam.

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Ressources bibliographiques

- Elsayed, A. E. Reliability Engineering. Wiley.
- Laprie, J.-C. Dependability: Basic Concepts and Terminology. Springer.
- Dhillon, B. S. Engineering Maintainability: How to Design for Reliability and Easy Maintenance. Gulf Professional Publishing.
- Gagniuc, P. A. Markov Chains: From Theory to Implementation and Experimentation. Wiley.
- Jensen, F. V. Bayesian Networks and Decision Graphs. Springer.
- Murata, T. Petri Nets: Properties, Analysis and Applications. IEEE Proceedings.
- Higgins, L. R., & Mobley, K. Maintenance Engineering Handbook. McGraw-Hill.
- R. Gouriveau, K. Medjaher, N. Zerhouni. From Prognostics and Health Systems Management to Predictive Maintenance 1: Monitoring and Prognostics. ISTE - Wiley, 2016.
- Pecht, M. Prognostics and Health Management of Electronics: Fundamentals, Machine Learning, and the Internet of Things. Wiley.
- Abbott, D. Applied Predictive Analytics: Principles and Techniques for the Professional Data Analyst. Wiley.
- Narayan, V., & Dhillon, B. S. Case Studies in Maintenance and Reliability: A Wealth of Best Practices. Industrial Press.
- Faber, M. H. Diagnostic Techniques in Industrial Engineering. Springer.
- Linge, S., & Langtangen, H. P. Programming for Computations – MATLAB/Octave. Springer.
- Provost, F., & Fawcett, T. Data Science for Business: What You Need to Know About Data Mining and Data-Analytic Thinking. O'Reilly Media.

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Code EC	IGENI-EC0972GI
Code UE	IGENI-UE0907GI
Coefficient interne à l'EC	2,4

Coordinateur ENIT de l'EC	Philippe CLERMONT
---------------------------	-------------------

Présentation de l'EC

Nom de l'EC	Fondamentaux de la Créativité <i>Fundamentals of Creativity</i>
Nom(s) du/des enseignant(s)	Philippe CLERMONT

Volume Horaire/Format	Format	Heures
	CM	8 H
	TD	26 H
	TP	H
	Projet encadré	H
	Projet en autonomie	H
	Total	34 heures

Acquis d'apprentissage visés

Compétence(s)	<p>A la fin de la formation, les étudiants seront capables dans le cadre de leur métier d'ingénieur ou de cadre, d'animer des séances de créativité suivant une démarche structurée et supportée par plusieurs outils d'idéation, et de choisir les solutions optimales tout en ayant une posture créative.</p> <p><i>At the end of the training, students will be able to animate creative sessions in their engineering or management profession following a structured process supported by several ideation tools, and to choose the optimal solutions while having a creative posture.</i></p>
---------------	---

Modalités d'évaluation

Formule d'évaluation	(1*DS1)/1
----------------------	-----------

Langue d'enseignement

Langue	Français/French
--------	-----------------

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Objectifs de la formation visés

Objectifs généraux

Les objectifs généraux de cet enseignement sont les suivants :

- ~ domaine cognitif : connaître la démarche créative et ses outils support, connaître les gouvernances du cerveau et les modes mentaux automatiques et adaptatifs
- ~ domaine pragmatique : savoir définir un défi motivant, imaginer de nouvelles idées en utilisant différents outils d'idéation, savoir sélectionner des solutions motivantes, savoir mettre en mouvement le groupe pour les déployer sur le terrain, être capable de créer un cadre de travail sécurisant et propice à la créativité
- ~ domaine affectif : être familiarisé avec une démarche de créativité, être conscient de son propre mode de réflexion (focus / diffus), savoir sortir de son cadre de référence et de ses croyances pour redevenir créatif.

The general objectives of this course are:

- ~ *cognitive domain: to know the creative process and its support tools, to know the brain's governances and automatic and adaptive mental modes*
- ~ *pragmatic domain: know how to define a motivating challenge, imagine new ideas using different ideation tools, know how to select motivating solutions, know how to set the group in motion to deploy them on the ground, be able to create a safe and creative working environment*
- ~ *emotional domain: being familiar with a creative approach, be aware of his own reflexion mode (focus/diffuse), know how to get out of his frame of reference and beliefs to become creative again.*

Contenus

Cours n°1 - Cadre de travail et état des lieux (4h)

- ~ Présentation du contenu de l'enseignement, des objectifs attendus et du mode d'évaluation
- ~ Inclusion (rituels et météo intérieure)
- ~ Recueil des attentes et aspects souhaités / rejetés pour ce cours
- ~ Constitution d'équipes hétérogènes
- ~ Etat des lieux sur les connaissances initiales et les enjeux industriels de la créativité (travail d'équipe).
- ~ Présentation d'une partie des résultats par chaque équipe
- ~ Feedback positif par rapport aux présentations et travail de groupe
- ~ Apports de notions théoriques et de termes propres à la créativité
- ~ Synthèse de la séance et déclusion (icebreaker)

TD n°1 - Expérience créative (4h)

- ~ Inclusion avec la météo intérieure
- ~ Complément d'apports théoriques sur le fonctionnement du cerveau
- ~ Réalisation d'un challenge créatif (travail d'équipe)
- ~ Débriefing sur le fonctionnement des équipes et les conclusions à tirer de cette expérience
- ~ Apport théorique sur la démarche DIP (Défi, Idéation, Protocept) et ses conditions d'emploi
- ~ Synthèse de la séance et déclusion (icebreaker)

TD n°2 - Flux créatif (2h)

- ~ Inclusion avec la météo intérieure
- ~ Partage ludique sur les connaissances acquises par chacun
- ~ Expérimentation sur sa capacité à être créatif (jeu d'improvisation) et débriefing
- ~ Expérimentation sur sa capacité à accepter et rebondir sur les idées des autres (jeu d'improvisation) et débriefing
- ~ Synthèse de la séance et déclusion (icebreaker)

TD n°3 - Emploi de la démarche DIP (4h)

- ~ Inclusion avec la météo intérieure
- ~ Présentation de l'atelier expérimental (travail en équipe)
- ~ Présentation de la phase Défi et de ses outils support (5C, CFP..., échelle d'abstraction, rêve éveillé) et réalisation en équipe de la phase
- ~ Présentation de la phase Idéation et de ses outils support (Nuage de mots, carte systémique, Brainstorming, Analogie, Océan bleu, Photolangage, Inversion, Liste de Kent & Rosanoff)
- ~ Réalisation de la phase Idéation (début)
- ~ Synthèse de la séance et déclusion (icebreaker)

Cours n°2 (4h) - Synthèse et apports théoriques

- ~ Inclusion avec la météo intérieure
- ~ Fin de la phase Idéation dans le cadre de l'atelier expérimental
- ~ Présentation de la phase Protocept et de ses outils support (PPCO, Hit parade des idées, A la Une, Fiche idée)

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

- ~ Réalisation de la phase Protocept avec la présentation des 2 meilleures solutions de chaque équipe.
- ~ Débriefing sur l'étude de cas
- ~ Apports théoriques sur la créativité pour soi-même
- ~ Synthèse de l'enseignement et déclusion

Mise en œuvre (2 x 8h)

Participation au challenge créatif « Expédition Créative » organisé par l'Agence Régionale de Développement Economique de l'Occitanie (semestre d'automne) ou par l'ENIT (semestre de printemps).

L'objectif est, pendant 2 jours de participer par équipe à plusieurs challenges créatifs issus de problématiques industriels et de partager les résultats avec les entreprises. Lors de ces 2 journées, la démarche DIP et les outils support seront alors employés pour répondre à des défis réels.

Course 1 - Framework and Inventory (4 hours)

- ~ *Presentation of the content of the course, the expected objectives and the method of evaluation*
- ~ *Inclusion (rituals and indoor weather)*
- ~ *Collection of expectations and aspects desired / rejected for this course*
- ~ *Inventory of initial knowledge and industrial issues of creativity (teamwork)*
- ~ *Presentation of a part of the results by each team*
- ~ *Positive feedback on presentations and group work*
- ~ *Contributions of theoretical concepts and terms specific to creativity*
- ~ *Session summary and closure (icebreaker)*

Tutorial n°1 - Creative Experience (4h)

- ~ *Inclusion with indoor weather*
- ~ *Supplementation of theoretical contributions on the functioning of the brain*
- ~ *Realization of a creative challenge (teamwork)*
- ~ *Debriefing on the team functioning and conclusions to be drawn from this experience*
- ~ *Theoretical contribution on the CIP process (challenge, Ideation, Protocept) and its employment conditions*
- ~ *Session summary and closure (icebreaker)*

Tutorial n°2 - Creative flow (2h)

- ~ *Inclusion with indoor weather*
- ~ *Fun sharing of knowledge acquired by each*
- ~ *Experimentation on his ability to be creative (improvisation game) and debriefing*
- ~ *Experimentation on his ability to accept and bounce off other people's ideas (improvisation game) and debriefing*
- ~ *Session summary and closure (icebreaker)*

Tutorial n°3 - Use of the CIP approach (4h)

- ~ *Inclusion with indoor weather*
- ~ *Presentation of the experimental workshop (teamwork)*
- ~ *Presentation of the Challenge phase and its support tools (5C, CFP..., abstraction scale, daydream) and team-based implementation of this phase*
- ~ *Presentation of the Ideation phase and its supporting tools (Word cloud, systemic map, brainstorming, analogy, blue ocean, photolanguage, inversion, Kent & Rosanoff list)*
- ~ *Realization of the Ideation phase (beginning)*
- ~ *Session summary and closure (icebreaker)*

Course 2 (4h) - Synthesis and theoretical contributions

- ~ *Inclusion with indoor weather*
- ~ *End of the Ideation phase in the experimental workshop*
- ~ *Presentation of the Protocept phase and its support tools (PPCO, Hit parade of ideas, Top of the page, Idea sheet)*
- ~ *Implementation of the Protocept phase with presentation by each team, of the 2 best solutions*
- ~ *Experimental workshop debriefing*
- ~ *Theoretical contributions on oneself creativity*
- ~ *Summary of education and closure*

Implementation (2 x 8h)

Participation of the creative challenge «Expédition Créative» organized by the Regional Agency for Economic Development of Occitanie (autumn semester) or by ENIT (spring semester). The objective is, for 2 days to participate in several creative challenges arising from industrial issues and share the results with companies. During these two days, the CIP approach and support tools will be used to respond to real challenges.

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Méthodes et/ou moyens pédagogiques

Les mises en situation sont réalisées sur des cas concrets durant lesquels les étudiant(e)s doivent répondre, en équipe, à un défi ou proposer des idées nouvelles.

Le travail est réalisé en équipe pour créer une émulation, un partage de points de vue, une acceptation des idées différentes des autres et une entraide, dans le but de répondre collectivement aux défis.

De plus des icebreakers sont utilisés en inclusion / déclusion, et en préparation de certaines séances de la formation.

The situations are carried out on concrete cases during which students must respond, as a team, to a challenge or propose new ideas.

Work is done as a team to create an emulation, sharing of points of view, acceptance of different ideas from others and mutual support, with the aim of responding collectively to challenges.

In addition, icebreakers are used for inclusion/exclusion and in preparation of some training sessions.

Prérequis pour l'EC

Prérequis

Avoir la capacité de respecter et d'écouter le point de vue des autres.

Have the ability to respect and listen to other people's views.

Travail personnel hors présentiel

Volume horaire

2 Heures

Type de travail

S'appropriier les notions du cours propres au domaine : termes, démarche et outils avec leur logique d'emploi

Refaire les exercices réalisés en séance

S'entraîner pour le devoir en réalisant les exercices types disponibles à la fin du support de cours.

Integrate the course concepts specific to the field: terms, approach and tools with their employment logic

Repeat exercises performed in courses

Train for the assignment by performing the typical exercises available at the end of the course document.

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Ressources bibliographiques

"La boîte à outils de la créativité"

F. Debois, A. Groff, E. Chenevier, Dunod, 2011 ; ouvrage court, simple et pratique directement opérationnel

"La boîte à outils de l'innovation"

Géraldine Benoît-Cervantes, éditeur Dunod, 2008. Ouvrage simple et pratique

"Management de l'innovation"

Sandrine Fernez-Walch et François Romon, éditeur Vuibert 2006. Ouvrage didactique plus global et chargé d'exemples

"Management de l'innovation"

Joe Tidd, John Bessant, Keith Pavitt, éditeur De Boeck, collection Business School, 2006 ; ouvrage anglo-saxon très riche de recherche académique

"Idées, 100 techniques de créativité pour les produire et les gérer"

Guy Aznar, Eyrolles, Editions d'Organisation, 2005 ; ouvrage détaillé sur les méthodes de production et d'évaluation d'idées, et sur l'organisation de la créativité

"Résoudre les problèmes par la créativité"

S. Isaksen, K. B. Dorval, D. Treffinger, Editions d'organisation, 2003 ; ouvrage riche et vivant abordant la créativité sous de nombreux aspects notamment psychologiques

"Méthodes de créativité"

F. Vidal, Edition Techniques de l'ingénieur, 1998 ; ouvrage scientifique intégrant la créativité dans les processus de création de produit

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Code EC	IGENI-EC0973GI
Code UE	IGENI-UE0907GI
Coefficient interne à l'EC	2,3

Coordinateur ENIT de l'EC	KAMSU FOGUEM Bernard
---------------------------	----------------------

Présentation de l'EC

Nom de l'EC	Chaines logistiques et ERP - mise en pratique
Nom(s) du/des enseignant(s)	KAMSU FOGUEM Bernard

Volume Horaire/Format	Format	Heures
	CM	12 H
	TD	22 H
	TP	H
	Projet encadré	H
	Projet en autonomie	H
	Total	34 heures

Acquis d'apprentissage visés

Compétence(s)	<p>A l'issue de l'EC, les étudiants seront capables dans leur futur métier d'avoir la compréhension et à la maîtrise de gestion de la chaîne logistique et l'utilisation d'un logiciel d'ERP pour divers processus commerciaux tels que la maintenance, la gestion des clients, la sélection de fournisseurs, et le Processus de Vente.</p> <p><i>At the end of the EC, students will be able in their future profession to have the understanding and mastery of supply chain management and the use of ERP software for various commercial processes such as maintenance, customer management, supplier selection, and the Sales Process..</i></p>
---------------	--

Modalités d'évaluation

Formule d'évaluation	(1*TP1) + (1*DS1/2)
----------------------	---------------------

Langue d'enseignement

Langue	English friendly
--------	------------------

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Objectifs de la formation visés

Objectifs généraux

Au terme de cet enseignement, un étudiant sera capable de participer à l'amélioration d'une chaîne logistique (analyse, diagnostic, actions, conduite du projet d'amélioration) ainsi qu'à un projet d'installation ou d'optimisation d'un Progiciel de gestion intégré (Enterprise Resource Planning (ERP)).

Un logiciel ERP comprend des programmes qui couvrent tous les domaines de gestion clés : achats, production, gestion des articles, ventes, marketing, finance et ressources humaines (RH).

At the end of this course, a student will be able to participate in the improvement of a logistics chain (analysis, diagnosis, actions, management of the improvement project) as well as in an installation or optimization project of an integrated management software package (Enterprise Resource Planning (ERP)).

ERP software includes programs that cover all key management areas: purchasing, production, materials management, sales, marketing, finance, and human resources (HR).

Contenus

Cours n° 1-3 : 6 heures

Chapitre 1 : Gestion et amélioration des chaînes logistiques

- 1.1 Analyse, diagnostic, actions, conduite du changement
- 1.2 Développement fournisseurs
- 1.3 Collaboration : les portails d'entreprises

Cours ° 4-6 : 6 heures

Chapitre 2 : ERP

- 2.1 Conduite d'un projet d'implantation d'un ERP
- 2.2 Niveaux de paramétrage
- 2.3 Optimisation de l'utilisation d'un ERP

Contents

Course no. 1-3: 6 hours

Chapter 1: Managing and improving supply chains

- 1.1 Analysis, diagnosis, actions, change management*
- 1.2 Supplier development*
- 1.3 Collaboration: business portals*

Course #4-6: 6 hours

Chapter 2: ERP

- 2.1 Conducting an ERP implementation project*
- 2.2 Setting levels*
- 2.3 Optimization of the use of an ERP*

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Méthodes et/ou moyens pédagogiques

Travaux pratiques sur l'ERP System Analysis Program Development (SAP) qui se traduit en français par développement de programmes d'analyse de système.
Intégration des fonctions : production d'un produit configurable avec Module Project System (PS) pour Gestion de projet et Production Planning (PP) pour planification de la production
Gestion des partenariats logistiques : réponse à appel d'offre, processus de traitement de commande
"Gestion de la maintenance"
"Sélection de Fournisseurs"
"Processus de Vente"

*Practical work on ERP System Analysis Program Development (SAP) which translates into French as development of system analysis programs.
Integration of functions: production of a configurable product with Module Project System (PS) for Project Management and Production Planning (PP) for production planning
Management of logistics partnerships: response to calls for tender, order processing process
"Maintenance management"
"Selection of Suppliers"
"Sales Process"*

Prérequis pour l'EC

Prérequis

EC0707SI0303 - GESTION DE PRODUCTION PAR LA METHODE MRP
EC0907SI0303 - CHAINES LOGISTIQUES ET ERP - BASES

Travail personnel hors présentiel

Volume horaire

25 Heures

Type de travail

Révision, rédaction de rapport, exercices supplémentaires

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Ressources bibliographiques

Petri Helo, Bening Mayanti, Ronal Bejarano, Christian Sundman, Sustainable supply chains – Managing environmental impact data on product platforms, *International Journal of Production Economics*, Volume 270, 2024, 109160, ISSN 0925-5273, <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2024.109160>. (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925527324000173>)

Kendrik Yan Hong Lim, Le Van Dang, Chun-Hsien Chen, Incorporating supply and production digital twins to mitigate demand disruptions in multi-echelon networks, *International Journal of Production Economics*, Volume 273, 2024, 109258, ISSN 0925-5273, <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2024.109258>. (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925527324001154>)

Dmitry Ivanov, Intelligent digital twin (iDT) for supply chain stress-testing, resilience, and viability, *International Journal of Production Economics*, Volume 263, 2023, 108938, ISSN 0925-5273, <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2023.108938>. (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925527323001706>)

Dmitry Ivanov, Cash flow dynamics in the supply chain during and after disruptions, *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, Volume 185, 2024, 103526, ISSN 1366-5545, <https://doi.org/10.1016/j.tre.2024.103526>. (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1366554524001170>)

Ana Gessa, Amor Jiménez, Pilar Sancha, Exploring ERP systems adoption in challenging times. Insights of SMEs stories, *Technological Forecasting and Social Change*, Volume 195, 2023, 122795, ISSN 0040-1625, <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2023.122795>. (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0040162523004808>)

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Code UE	IGENI-UE0907GM
Crédits ECTS	6
Coefficient interne à l'UE	7

Présentation de l'UE

Nom de l'UE	OPTION GENIE MECANIQUE
Nom(s) du/des enseignant(s)	L. Arnaud, M. Baili, O. Dalverny, C. De Castelbajac, M. Fazzini, C. Garnier, O. Pantale, A Tongne, V. Wagner, H. Weleman

Volume Horaire/Format	Format	Heures
	CM	44 H
	TD	20 H
	TP	36 H
	Projet encadré	0 H
	Projet en autonomie	0 H
	Total	100 heures

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Thèmes et Objectifs de la formation visés

Principaux thèmes abordés

L'un des thèmes de l'unité d'enseignement (UE) concerne les bases et les principales caractéristiques des méthodes optiques pour la mesure sans contact des champs cinématiques et thermiques. Ces méthodes sont utilisées pour étudier le comportement des matériaux et des structures, et pour identifier leur comportement mécanique.

L'UE vise également à donner aux étudiants des connaissances sur la modélisation numérique non linéaire dynamique des milieux continus et des structures, afin qu'ils puissent traiter et modéliser des structures sous charge dynamique.

De plus, l'UE vise à présenter les outils mécaniques utilisés pour rendre compte des différents processus d'endommagement et de démontrer leur intérêt pour la conception optimale des structures, notamment pour modéliser la fatigue des matériaux composites.

Enfin, l'UE permet aux étudiants d'approfondir la conception de pièces réalisées par fabrication additive, en particulier par l'introduction de structures lattices.

The general objectives of the teaching unit (UE) are to provide the basics and main features of optical methods for non-contact measurement of kinematic and thermal fields.

These methods are used to study the behavior of materials and structures, and to identify their mechanical behavior.

The course also aims to equip students with knowledge of nonlinear dynamic numerical modeling of continuous media and structures, so that they can process and model structures under dynamic loading.

In addition, the UE aims to introduce the mechanical tools used to account for the various damage processes and to demonstrate their relevance to the optimal design of structures, particularly for modeling fatigue in composite materials.

Last but not least, the course will enable students to take a closer look at the design of parts produced by additive manufacturing, in particular through the introduction of lattice structures.

Principaux objectifs généraux visés

Les principaux objectifs de l'UE visent à modéliser et dimensionner des composants ou des structures, étudier et choisir des procédés. Les points particuliers sont :

- Connaître des méthodes optiques pour la mesure sans contact des champs cinématiques et thermiques, et leurs applications à l'étude du comportement des matériaux et des structures
- Savoir utiliser des méthodes optiques pour l'identification du comportement mécanique des matériaux
- Être capable de traiter et de modéliser certaines structures et milieux continus sous charge dynamique
- Être capable de valider les résultats d'un code FEM non linéaire et à sélectionner les paramètres appropriés
- Connaître les principes de la conception de pièces par fabrication additive, en particulier avec des structures lattices
- Comprendre les phénomènes thermomécaniques lors de la formation du copeau dans les procédés d'usinage
- Connaître les différentes assistances à la coupe (JEHP, cryogénie...)
- Être conscient des différents processus d'endommagement et de leur impact sur la conception des structures

The main objectives of this course are to model and dimension components and structures, and to study and select processes. Particular points are :

- *Knowledge of optical methods for non-contact measurement of kinematic and thermal fields, and their application to the study of the behavior of materials and structures.*
- *Know how to use optical methods to identify the mechanical behavior of materials.*
- *be able to process and model certain structures and continuous media under dynamic loading*
- *Be able to validate the results of a nonlinear FEM code and select the appropriate parameters*
- *Be familiar with the principles of part design using additive manufacturing, in particular with lattice structures*
- *Understand the thermomechanical phenomena involved in chip formation in machining processes*
- *Be familiar with the various cutting aids (JEHP, cryogenics, etc.)*
- *Be aware of the various damage processes and their impact on structural design*

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Acquis d'apprentissage visés

Compétence(s)

À l'issue de cette unité d'enseignement (UE), les étudiants seront en mesure d'appliquer des outils et des méthodes avancées pour la conception, l'analyse et l'optimisation de structures mécaniques, en utilisant à la fois des approches expérimentales et numériques. Les étudiants seront capables de traiter des problèmes complexes en ingénierie mécanique grâce à une compréhension approfondie des phénomènes physiques, et l'utilisation de logiciels de modélisation et de simulation.

On completion of this teaching unit (UE), students will be able to apply advanced tools and methods for the design, analysis and optimization of mechanical structures, using both experimental and numerical approaches. Students will be able to tackle complex mechanical engineering problems thanks to an in-depth understanding of physical phenomena, and the use of modeling and simulation software.

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Code EC	IGENI-EC0971GM
Code UE	IGENI-UE0907GM
Coefficient interne à l'EC	1,7

Coordinateur ENIT de l'EC	Olivier DALVERNY
---------------------------	------------------

Présentation de l'EC

Nom de l'EC	Techniques expérimentales et identification
Nom(s) du/des enseignant(s)	Olivier DALVERNY, Marina FAZZINI, Hélène WELEMANE, Christian GARNIER

Volume Horaire/Format	Format	Heures
	CM	12 H
	TD	H
	TP	12 H
	Projet encadré	H
	Projet en autonomie	H
	Total	24 heures

Acquis d'apprentissage visés

Compétence(s)	<p>À l'issue de cet enseignement, les étudiants seront en mesure de choisir et mettre en œuvre, parmi un panel de techniques innovantes et performantes, les moyens de mesures de champs cinématiques, thermiques ou CND les plus adaptés à des cas industriels et de laboratoire. Ils seront également capables d'utiliser et d'analyser les résultats obtenus afin d'identifier le comportement mécanique des matériaux et des structures.</p> <p><i>Upon completion of this course, students will be able to select and implement the most appropriate kinematic, thermal and NDT field measurement techniques for industrial and laboratory applications, from various innovative, high-performance techniques. They will also be able to use and analyse the results obtained to identify the mechanical behaviour of materials and structures.</i></p>
---------------	--

Modalités d'évaluation

Formule d'évaluation	$(1*DS1+1*TP1)/2$
----------------------	-------------------

Langue d'enseignement

Langue	Français/French
--------	-----------------

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Objectifs de la formation visés

Objectifs généraux

- Maîtriser les bases et les caractéristiques principales des méthodes optiques permettant :
 - la mesure sans contact des champs cinématiques et thermiques pour l'analyse du comportement des matériaux et des structures.
 - la détection des défauts et la santé matière des matériaux et des structures.
- Connaître les principales méthodes d'identification inverse des modèles de comportement mécanique.
- Appliquer les nouvelles méthodes expérimentales pour identifier le comportement mécanique des matériaux et des structures ou leur santé matière.
- *Master the fundamentals and key features of optical methods for:*
 - *Non-contact measurement of kinematic and thermal fields to analyse the behaviour of materials and structures.*
 - *Defect detection and material health of materials and structures.*
- *Understand the main methods for inverse identification of mechanical behaviour models.*
- *Apply new experimental methods to identify the mechanical behaviour or material health of materials and structures.*

Contenus

- Cours 1 : 5 h de cours + 2 TP de 3 h
Intérêt des nouvelles méthodes optiques pour l'étude du comportement des matériaux et des structures
- Rappels de métrologie
 - Méthodes de mesures de déplacements et déformations **surfaciques**
 - Corrélacion images (DIC)/Méthode des grilles/Moiré/Holographie/ESPI
 - Méthodes de mesures de relief, volume, déplacements et déformations **hors plan**
 - Stéréo-corrélacion d'images/Moiré/Holographie/ESPI/Tomographie RX/Scan 3D
 - Méthodes de mesures de **Contraintes**
 - Photoélasticimétrie
 - Cas concrets d'applications industrielles
- Cours 2 : 3 h de cours + 1 TP de 3 h
Mesure de champs thermiques par Thermographie IR
- Rappels des concepts de base sur les transferts thermiques,
 - Rayonnement thermique : description du phénomène, lois thermiques, corps noirs et réels,
 - Principes de la mesure thermique : dispositifs existants, principes et procédure d'acquisition de la TIR, facteurs influençant la mesure
 - Champs d'applications illustrés au travers d'activités du laboratoire : CND, suivi d'endommagement, suivi de procédés de fabrication.
- Cours 3 : 4 h de cours + 1 TP de 3 h
Utilisation des mesures de champ pour l'identification des lois de comportements
- Lois de comportement mécanique : rappels et définition du besoin
 - Problèmes directs / inverses
 - Identification paramétrique et recalage de modèles numériques éléments finis (FEMU)
 - Méthode des Champs Virtuels
- Course 1: 5 h lecture + 2 x 3 h practical sessions*
New optical methods for studying the behaviour of materials and structures
- *A reminder of metrology*
 - *Methods for measuring surface displacements and deformations*
 - *Image correlation (DIC)/Grid method/Moiré/Holography/ESPI*
 - *Methods for measuring relief, volume, out-of-plane displacements and deformations*
 - *Image stereo-correlation/Moiré/Holography/ESPI/RX tomography/3D scanning*
 - *Stress measurement methods*
 - *Photoelasticimetry*
 - *Concrete examples of industrial applications*
- Course 2: 3 h lecture + 1 TP of 3 h*
Measurement of thermal fields by IR thermography
- *Review of basic heat transfer concepts,*
 - *Thermal radiation: description of the phenomenon, thermal laws, black and real bodies,*
 - *Principles of thermal measurement: existing devices, IRT acquisition principles and procedures, factors influencing measurement.*
 - *Applications illustrated through laboratory activities: NDT, damage monitoring, manufacturing process monitoring.*

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

	<p>Course 3: 4 h lecture + 1 TP of 3 h Using field measurements to identify behaviour laws</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mechanical behaviour laws: reminders and definition of requirements • Direct/inverse problems • Parametric identification and recalibration of finite element numerical models (FEMU) • Virtual field method
Méthodes et/ou moyens pédagogiques	<p>Les étudiants disposent d'une copie des supports de cours de type powerpoint (imprimée et en accès libre sur moodle). Certains supports sont rédigés en langue anglaise afin de faciliter l'accueil d'étudiants étrangers et de contribuer à l'amélioration du niveau de langue dans le domaine technique des étudiants français. Des exercices illustratifs des différentes notions sont réalisés en interaction avec les étudiants et corrigés en séance.</p> <p>Des fascicules de TP sont fournis pour les diverses activités pratiques.</p> <p>Les TP sont réalisés avec les moyens expérimentaux présents au LGP et utilisés dans le cadre de nombreux travaux de recherche (DIC, Scan 3D, Thermographie IR, Photoélasticimétrie).</p> <p>Une visite de la plateforme PRIMES est également prévue durant les séances de cours avec une démonstration d'un μtomographe RX.</p> <p><i>Students are provided with a copy of the PowerPoint-type course materials (printed and freely accessible on Moodle). Some materials are written in English to facilitate the welcome of foreign students and help improve the technical language skills of French students. Exercises illustrating the various concepts are carried out in interaction with the students and corrected in class.</i></p> <p><i>Practical work booklets are provided for the various practical activities.</i></p> <p><i>Practical work is carried out using the experimental resources available at LGP, which are used in a wide range of research projects (DIC, 3D Scan, IR Thermography, Photoelasticimetry).</i></p> <p><i>The course also includes a visit to the PRIMES platform, with a demonstration of an X-ray μtomograph.</i></p>

Prérequis pour l'EC

Prérequis	<ul style="list-style-type: none"> - Les différentes notions d'analyse du comportement mécanique des matériaux et des structures (RDM, mécanique des solides) (IGENI-EC0222, IGENI-EC0321, IGENI-EC0521). - Cours de modélisation numérique par éléments finis (IGENI-EC 0721). - Cours de thermique (IGENI-EC0422) - Cours de métrologie (IGENI-EC0778GM) <ul style="list-style-type: none"> - Analysis of the mechanical behavior of materials and structures (RDM, solid mechanics) (IGENI-EC0222, IGENI-EC0321, IGENI-EC0521). - Finite element numerical modeling course (IGENI-EC 0721). - Thermal engineering course (IGENI-EC0422). - Metrology course (IGENI-EC0778GM)
------------------	---

Travail personnel hors présentiel

Volume horaire	16 Heures
Type de travail	<p>Apprentissage du cours Rédaction des comptes rendus de TP</p> <p>Learning the course Writing practical works reports</p>

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Ressources bibliographiques

- Grediac, M. et Hild, F. (2011). Mesures de champs et identification en mécanique des solides. Lavoisier.
- Crouzeix, L. (2008). Identification de champs de propriétés mécaniques de structure composites à partir de mesures de champs de déplacement (Doctoral dissertation, Université de Toulouse, Université Toulouse III-Paul Sabatier).
- Avril, S., & Pierron, F. (2007). General framework for the identification of constitutive parameters from full-field measurements in linear elasticity. *International Journal of Solids and Structures*, 44(14), 4978-5002.
- Kleinermann J.-P. (2000). Identification paramétrique et optimisation des procédés de mise à forme par problèmes inverses, Thèse de doctorat de l'Université de Liège.
- Ranc, N. (2003). Couplage thermomécanique. Ed. Techniques Ingénieur.

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Code EC	IGENI-EC0972GM
Code UE	IGENI-UE0907GM
Coefficient interne à l'EC	1,7

Coordinateur ENIT de l'EC	Olivier PANTALE
---------------------------	-----------------

Présentation de l'EC

Nom de l'EC	Modélisation numérique non linéaire dynamique <i>Dynamic non-linear numerical modelling</i>
Nom(s) du/des enseignant(s)	Olivier PANTALE / Olivier DALVERNY

Volume Horaire/Format	Format	Heures
	CM	14 H
	TD	H
	TP	10 H
	Projet encadré	H
	Projet en autonomie	H
	Total	24 heures

Acquis d'apprentissage visés

Compétence(s)	<p>À l'issue du cours, les étudiants de M2 seront en mesure, lorsqu'ils sont confrontés à des problématiques complexes en mécanique des solides, de modéliser et résoudre des problèmes non linéaires en utilisant des outils numériques avancés, en montrant leur capacité à identifier les sources de non-linéarité (géométrique, matérielle et conditions aux limites) et à développer des modèles adaptés pour analyser le comportement mécanique sous grandes déformations ou conditions extrêmes. Ils démontreront également des notions concernant les méthodes incrémentales de résolution des problèmes non linéaires, les schémas d'intégration temporelle explicites et implicites pour traiter des problèmes quasi-statiques et dynamiques. Ils seront capables de réaliser des analyses numériques complexes correspondant au comportement élasto-plastique, au flambement post-critique d'une structure mince ou aux problèmes de perforation, et d'interpréter les résultats issus de ces simulations pour évaluer la fiabilité structurelle ou optimiser une conception. Enfin, ils développeront une compréhension critique des outils de simulation numérique, en expliquant le fonctionnement interne des codes FEM (comme Abaqus), démontrant ainsi une maîtrise approfondie qui dépasse l'utilisation basique d'un logiciel, leur permettant d'aborder avec assurance des problématiques industrielles ou académiques nécessitant la modélisation numérique avancée en mécanique des solides.</p> <p><i>On completion of the course, M2 students will be able, when faced with complex problems in solid mechanics, to model and solve non-linear problems using advanced numerical tools, demonstrating their ability to identify the sources of non-linearity (geometric, material and boundary conditions) and to develop suitable models for analysing mechanical behaviour under large deformations or extreme conditions. They will also demonstrate notions of incremental methods for solving non-linear problems, explicit and implicit time integration schemes for dealing with quasi-static and dynamic problems. They will be able to carry out complex numerical analyses corresponding to elasto-plastic behaviour, post-critical buckling of a thin structure or perforation problems, and to interpret the results of these simulations to assess structural reliability or optimise a design. Finally, they will develop a critical</i></p>
----------------------	--

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

understanding of numerical simulation tools, explaining the inner workings of FEM codes (such as Abaqus), demonstrating an in-depth mastery that goes beyond the basic use of software, enabling them to tackle with confidence industrial or academic problems requiring advanced numerical modelling in solid mechanics.

Modalités d'évaluation

Formule d'évaluation

$(1,2*DS1+0,8*TP1)/2$

Langue d'enseignement

Langue

English friendly

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Objectifs de la formation visés

Objectifs généraux

Comprendre les concepts fondamentaux, des formulations mathématiques et des applications pratiques des méthodes numériques avancées en mécanique des solides
Modéliser et résoudre des problèmes non linéaires complexes impliquant des phénomènes tels que la plasticité, les grandes déformations, le flambement post-critique ou encore les impacts à haute vitesse.
Intégrer des modèles constitutifs avancés et à utiliser des schémas d'intégration temporelle adaptés pour analyser des systèmes mécaniques soumis à des conditions extrêmes
Comprendre les mécanismes internes des logiciels de simulation numérique
Appliquer les méthodes numériques et interpréter les résultats obtenus
Rédiger des rapports techniques détaillés en justifiant les choix méthodologiques et en proposant des améliorations dans un contexte de conception ou d'analyse mécanique avancée

Understand the fundamental concepts, mathematical formulations and practical applications of advanced numerical methods in solid mechanics

Model and solve complex non-linear problems involving phenomena such as plasticity, large deformations, post-critical buckling and high-speed impacts.

Integrate advanced constitutive models and use appropriate time integration schemes to analyse mechanical systems subjected to extreme conditions.

Understand the internal mechanisms of numerical simulation software

Apply numerical methods and interpret the results obtained

Write detailed technical reports, justifying methodological choices and suggesting improvements in the context of design or advanced mechanical analysis.

Contenus

Cours : (14 heures)

- Introduction à la méthode des éléments finis non linéaires
 - Origines, évolution et tendances futures de la méthode des éléments finis.
 - Sources de non-linéarité : géométrique, matérielle, conditions aux limites.
 - Conventions mathématiques et tenseurs en mécanique.
- Méthodes numériques pour les problèmes non linéaires
 - Méthodes incrémentales-itératives (Newton-Raphson).
 - Intégration temporelle : Schémas implicites et explicites
- Modèles constitutifs dans la FEM non linéaire
 - Lois constitutives en mécanique.
 - Plasticité J2 pour grandes déformations.
 - Modèles élasto-viscoplastiques et algorithmes de retour radial.
- Implémentation numérique pour grandes déformations
 - Techniques d'intégration de Gauss.
 - Modes Hourglass et intégration réduite.
 - Propriétés matérielles, conditions aux limites, convergence du maillage

Travaux pratiques (10 heures)

- Non-linéarité matérielle et plasticité
- Analyse de flambement et post-flambement
- Impact à haute vitesse

Course: (14 hours)

- *Introduction to the non-linear finite element method*
 - *Origins, evolution and future trends of the finite element method.*
 - *Sources of non-linearity: geometric, material, boundary conditions.*
 - *Mathematical conventions and tensors in mechanics.*
- *Numerical methods for non-linear problems*
 - *Incremental-iterative methods (Newton-Raphson).*
 - *Time integration: implicit and explicit schemes*
- *Constitutive models in non-linear FEM*
 - *Constitutive laws in mechanics.*
 - *J2 plasticity for large deformations.*
 - *Elasto-viscoplastic models and radial return algorithms.*

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

- Numerical implementation for large deformations
 - Gauss integration techniques.
 - Hourglass modes and reduced integration.
 - Material properties, boundary conditions, mesh convergence.

Practical work (10 hours)

- Material non-linearity and plasticity
- Buckling and post-buckling analysis
- High speed impact

Méthodes et/ou moyens pédagogiques

Les cours magistraux présentent les bases théoriques de manière détaillée, enrichies par des exemples pratiques illustrant des cas réels. Cette méthode permet aux étudiants de relier les concepts abstraits à des applications concrètes, facilitant ainsi leur assimilation. En complément, les travaux pratiques supervisés jouent un rôle central dans l'apprentissage en offrant aux étudiants l'opportunité d'utiliser le logiciel Abaqus pour résoudre des problèmes complexes. Ces séances pratiques permettent d'appliquer directement les notions théoriques, tout en développant des compétences techniques essentielles pour la modélisation numérique.

Les ressources complémentaires fournies, telles que des articles scientifiques et une bibliographie détaillée, encouragent les étudiants à approfondir leurs connaissances au-delà du contenu du cours, stimulant ainsi leur curiosité intellectuelle et leur capacité à apprendre de manière autonome.

The lectures present the theoretical foundations in detail, enriched by practical examples illustrating real cases. This method enables students to relate abstract concepts to concrete applications, thus facilitating their assimilation. In addition, supervised practical work plays a central role in learning by giving students the opportunity to use Abaqus software to solve complex problems. These practical sessions enable students to apply theoretical concepts directly, while developing the technical skills essential for numerical modelling.

The additional resources provided, such as scientific articles and a detailed bibliography, encourage students to extend their knowledge beyond the course content, stimulating their intellectual curiosity and their ability to learn independently.

Prérequis pour l'EC

Prérequis

Les prérequis pour suivre le cours de Modélisation Numérique Non-linéaire Dynamique incluent la mécanique des solides, ainsi que la maîtrise des bases de la méthode des éléments finis. Les étudiants doivent comprendre les concepts fondamentaux tels que les lois de conservation (masse, énergie, quantité de mouvement), les équations constitutives des matériaux, et les principes de formulation variationnelle.

La connaissance des logiciels de simulation, comme Abaqus, est fortement recommandée. Cela inclut la capacité à définir des géométries, appliquer des conditions aux limites, et interpréter les résultats d'une simulation.

The prerequisites for the Nonlinear Dynamic Numerical Modelling course include solid mechanics, as well as mastery of the basics of the finite element method. Students must understand fundamental concepts such as conservation laws (mass, energy, momentum), constitutive equations of materials, and the principles of variational formulation.

Knowledge of simulation software, such as Abaqus, is strongly recommended. This includes the ability to define geometries, apply boundary conditions, and interpret simulation results.

Travail personnel hors présentiel

Volume horaire

24 Heures

Type de travail

Lecture, participation et assimilation du cours.
Investissement personnel dans la réalisation des 3 séances de travaux pratiques.

*Reading, participation and assimilation of the course.
Personal investment in 3 practical sessions.*

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Ressources bibliographiques

Belytschko, T., Liu, W. K., Moran, B., and Elkhodary, K. I. (2014). Nonlinear finite elements for continua and structures. Wiley, Chichester, West Sussex, United Kingdom

Bonet, J., Gil, A. J., and Wood, R. D. (2016). Nonlinear Solid Mechanics for Finite Element Analysis: Statics. Cambridge University Press

Dunne, F. and Petrinic, N. (2005). Introduction to computational plasticity. Oxford University Press, Oxford ; New York.

Holzapfel, G. A. (2010). Nonlinear solid mechanics: a continuum approach for engineering. Wiley, Chichester Weinheim

Simo, J. C. and Hughes, T. J. R. (1998). Computational inelasticity. Number v. 7 in Interdisciplinary applied mathematics. Springer, New York

Zienkiewicz, O. C., Taylor, R. L., and Fox, D. D. (2014). The finite element method for solid and structural mechanics. Elsevier/Butterworth-Heinemann, Amsterdam Boston

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Code EC	IGENI-EC0973GM
Code UE	IGENI-UE0907GM
Coefficient interne à l'EC	0,8

Coordinateur ENIT de l'EC	Christian GARNIER
---------------------------	-------------------

Présentation de l'EC

Nom de l'EC	Endommagement et fatigue des structures
Nom(s) du/des enseignant(s)	Christian GARNIER

Volume Horaire/Format	Format	Heures
	CM	6 H
	TD	2 H
	TP	4 H
	Projet encadré	H
	Projet en autonomie	H
	Total	12 heures

Acquis d'apprentissage visés

Compétence(s)	<p>A l'issue de l'EC, les étudiants seront capables dans leur futur métier de comprendre et analyser les différents modes d'endommagement ainsi que les implémenter dans des codes de calculs éléments finis.</p> <p><i>At the end of the course, students will be able to understand and analyze various damage mechanisms in their future profession and implement them in finite element analysis software.</i></p>
---------------	--

Modalités d'évaluation

Formule d'évaluation	$(1*PJ1+1*PJ2)/2$
----------------------	-------------------

Langue d'enseignement

Langue	Français/French
--------	-----------------

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Objectifs de la formation visés

Objectifs généraux

- Comprendre les mécanismes d'endommagement et leurs conséquences,
 - Savoir modéliser l'endommagement en mécanique non linéaire,
 - Etre capable d'intégrer numériquement des modèles d'endommagement dans des codes de calcul de structures.
- *To understand damage mechanisms and their consequences,*
 - *To acquire the ability to model damage in nonlinear mechanics,*
 - *To develop proficiency in numerically integrating damage models into structural analysis software*

Contenus

Cours N°1 : 2h

Chapitre 1. Processus de détérioration : phénomènes microscopiques et manifestations macroscopiques mécanique (dégradation des propriétés, anisotropie induite, effet unilatéral)

Chapitre 2. Mécanique de l'endommagement : objectifs, échelle d'étude, principes généraux

Cours N°2 : 2h

Chapitre 3. Description de l'endommagement : approches microscopiques (comptage, fonction de densité de défauts) et macroscopique (propriétés physiques, propriétés mécaniques, notion de contrainte effective)

Chapitre 4. Démarche de modélisation : Thermodynamique des processus irréversibles, variables d'état

Cours N°3 : 2h

Chapitre 4. Démarche de modélisation : potentiel thermodynamique, loi d'évolution, aspects numériques

Chapitre 5. Exemple : un modèle d'endommagement isotrope

TD 1 : 2h

Développement d'un modèle analytique en endommagement fragile

TP1 : 2h

Etude d'une application en endommagement fragile à l'aide d'un logiciel éléments finis

TP2 : 2h

Etude d'une application en endommagement ductile à l'aide d'un logiciel éléments finis

Lesson 1: 2h

Chapter 1: Damage processes: microscopic phenomena and macroscopic mechanical manifestations (property degradation, induced anisotropy, unilateral effect)

Chapter 2: Mechanics of damage: objectives, scale of study, general principles

Lesson 2: 2h

Chapter 3. Description of damage: microscopic (counting, defect density function) and macroscopic approaches (physical properties, mechanical properties, notion of effective stress)

Chapter 4. Modeling approach: thermodynamics of irreversible processes, state variables

Lesson N°3 : 2h

Chapter 4. Modeling approach: thermodynamic potential, evolution law, numerical aspects

Chapter 5: Example of an isotropic damage model

TD 1: 2h

Development of an analytical model of brittle damage

TP1 : 2h

Study of a brittle damage application using finite element software

TP2 : 2h

Study of a ductile damage application using finite element software

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Méthodes et/ou moyens pédagogiques

L'EC se déroule selon une approche mixte (cours magistral et apprentissage actif) selon un cheminement de type Cours, TD, TP :

- **Cours (C)** : A la fin du cours, un modèle d'endommagement fragile est présenté et ce dernier est développé lors de la séance de TD.
- **Travaux dirigés (TD)** : Cette séance est consacrée au développement du modèle d'endommagement introduit pendant le cours.
- **Travaux Pratiques (TP)** : Les 2 séances de TP servent à la réalisation de 2 projets par une approche plus appliquée et tournée vers l'industrie. Ces 2 projets sont débutés en séance et à finaliser hors séance en s'appuyant sur les publications scientifiques liées à chaque projet.

Ressources et outils :

- **Supports de cours** : Des documents ressources pour le cours et les TPs sont à disposition sur la plateforme Moodle, qui sert aussi déjà à la remise des travaux
- **Logiciel utilisé** : Abaqus

The course follows a blended approach (lectures and active learning), structured into a sequence of Lectures (C), Tutorials (TD), and Practical Sessions (TP):

- **Lectures (C)**: *At the end of the lecture, a brittle damage model is introduced, which is then further developed during the tutorial session.*
- **Tutorials (TD)**: *This session focuses on developing the damage model introduced during the lecture.*
- **Practical Sessions (TP)**: *Two practical sessions are dedicated to carrying out two projects using a more applied and industry-oriented approach. These projects are initiated during the sessions and must be completed outside class, relying on scientific publications related to each project.*

Resources and Tools:

- **Course Materials**: *Resource documents for lectures and practical sessions are available on the Moodle platform, which is also used for assignment submission.*
- **Software Used**: *Abaqus.*

Prérequis pour l'EC

Prérequis

Mécanique des Milieux Continus Solides
Introduction à la Méthode aux éléments finis
*Solid Continuum Mechanics
Introduction to the Finite Element Method*

Travail personnel hors présentiel

Volume horaire

30 Heures

Type de travail

Recherche bibliographique avec données expérimentales, rédaction des 2 comptes rendus de projet

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Ressources bibliographiques

- Mécanique des matériaux solides – J. Lemaitre & J.-L. Chaboche – Dunod, 1988.
- Phénoménologie, modélisation et évaluation de l'endommagement anisotrope – S. Baste – Rapport interne LMP Bordeaux I.
- La mécanique de l'endommagement et son application aux prévisions de durée de vie des structures – J.-L. Chaboche – La recherche aérospatiale, n°4, 1987.
- Physique et mécanique de l'endommagement – F. Montheillet & F. Moussy – Les éditions de physique, 1986.
- Propriétés et comportements des matériaux – A. Cornet & F. Hlawka – Ellipses, 2003.
- Comportement mécanique des matériaux – Viscoplasticité, endommagement, mécanique de la rupture, mécanique du contact – D. François, A. Pineau, A. Zaoui – Hermès, 1993.
- Mécanique de la rupture fragile et ductile – J.-B. Leblond – Hermès, 2003.
- Etude expérimentale des couplages viscoélasticité – croissance des fissures dans les bétons de ciment – E. Denarié – Thèse de Doctorat – Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, 2000.
- Comportement mécanique et rupture dans les roches argileuses par tomographie à rayons X – N. Lenoir – Thèse de doctorat - Université Joseph-Fourier de Grenoble, 2006.
- Evaluation de l'endommagement et de la rupture de matériaux hétérogènes par ultrasons et émission acoustique : estimation de la durée de vie – H. NECHAD - Thèse de doctorat – INSA Lyon, 2004.

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Code EC	IGENI-EC0974GM
Code UE	IGENI-UE0907GM
Coefficient interne à l'EC	1,1

Coordinateur ENIT de l'EC	Cliquez ici et entrez le nom du coordinateur
---------------------------	--

Présentation de l'EC

Nom de l'EC	Conception en ALM
Nom(s) du/des enseignant(s)	Lionel ARNAUD, Maher BAILI

Volume Horaire/Format	Format	Heures
	CM	H
	TD	12 H
	TP	4 H
	Projet encadré	H
	Projet en autonomie	H
	Total	16 heures

Acquis d'apprentissage visés

Compétence(s)	<p>Cet enseignement de spécialité mécanique permet aux étudiants d'approfondir la conception de pièces réalisées par fabrication additive, polymère ou métallique, par l'introduction optimale de structures lattices.</p> <p>En pratique les étudiants choisissent un sujet d'étude, réalisent un design de pièce optimisé topologiquement, déterminent des zones lattices, réalisent un modèle CAO complet et le simulent par éléments finis.</p>
	<p><i>This specialised mechanics course enables students to develop the design of parts produced by additive manufacturing, whether polymer or metal, through the optimal introduction of lattice structures.</i></p> <p><i>In practice, students choose a subject for study, produce a topologically optimised part design, determine lattice zones, produce a complete CAD model and simulate it using finite elements.</i></p>

Modalités d'évaluation

Formule d'évaluation	(1*RAP1)/1
----------------------	------------

Langue d'enseignement

Langue	Français/French
--------	-----------------

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Objectifs de la formation visés

Objectifs généraux	<ul style="list-style-type: none"> – Design optimal par optimisation topologique à l'aide du logiciel Inspire®, avec détermination des zones pleines et des zones lattices – Analyse des contraintes de fabrication, selon le type de technologie considérée. – Méthode de dessin de pièce avec structures lattices, à l'aide du logiciel Catia® – Analyse des performances mécaniques (et éventuellement thermiques) des motifs lattices à l'aide du logiciel Abaqus®. – Analyse complète de la pièce (éventuellement par homogénéisation des zones lattices). – Éventuellement, réalisation de la pièce par impression polymère. – <i>Optimal design by topological optimisation using Inspire® software, with determination of solid zones and lattice zones</i> – <i>Analysis of manufacturing constraints, depending on the type of technology considered.</i> – <i>Design method for parts with lattice structures, using Catia® software</i> – <i>Analysis of the mechanical (and possibly thermal) performance of lattice patterns using Abaqus® software.</i> – <i>Complete analysis of the part (possibly by homogenising the lattice zones).</i> – <i>Possibly, production of the part using polymer printing.</i>
Contenus	
Méthodes et/ou moyens pédagogiques	

Prérequis pour l'EC

Prérequis	
------------------	--

Travail personnel hors présentiel

Volume horaire	Cliquez ici et entrez le nombre d'heures de travail personnel Heures
Type de travail	

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Ressources bibliographiques

Cliquez ici et entrez les ressources bibliographiques

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Code EC	IGENI-EC0975GM
Code UE	IGENI-UE0907GM
Coefficient interne à l'EC	1,7

Coordinateur ENIT de l'EC	Vincent Wagner
---------------------------	----------------

Présentation de l'EC

Nom de l'EC	Optimisation des procédés de coupe
Nom(s) du/des enseignant(s)	Vincent Wagner / Amévi Tongne

Volume Horaire/Format	Format	Heures
	CM	12 H
	TD	6 H
	TP	6 H
	Projet encadré	H
	Projet en autonomie	H
	Total	24 heures

Acquis d'apprentissage visés

Compétence(s)	<p>A l'issue de cet enseignement, les élèves seront capables de :</p> <ul style="list-style-type: none"> Analyser et modéliser les procédés de fabrication : Capacité à utiliser des outils de simulation numérique (ex. : Abaqus, logiciels de FAO/CAO) pour modéliser les phénomènes thermomécaniques et la coupe des matériaux, et à valider ces modèles par des approches analytiques. Optimiser les conditions de coupe : Savoir choisir et ajuster les paramètres d'usinage (vitesse, avance, profondeur, type d'outil) pour améliorer la productivité, la qualité et la durée de vie des outils, en tenant compte des contraintes machines et des matériaux à usiner. Mettre en œuvre des démarches expérimentales : Être capable de concevoir et de conduire des plans d'expériences pour tester et optimiser les procédés, analyser les résultats et en tirer des recommandations concrètes pour l'atelier. Contrôler la qualité et l'intégrité des pièces usinées : Maîtriser les outils de mesure et de contrôle (CMM, profilomètre, analyse de surface) pour vérifier la conformité des pièces, analyser l'usure des outils et l'état de surface, et proposer des solutions d'amélioration. Intégrer les nouvelles technologies et assistances en usinage : Comprendre et appliquer les techniques innovantes (usinage assisté, cryogénie, lubrification haute pression, Industrie 4.0) pour optimiser les procédés et s'adapter aux évolutions du secteur.
	<p>At the end of this course, students will be able to:</p> <ul style="list-style-type: none"> Analyze and model manufacturing processes: Use numerical simulation tools (e.g., Abaqus, CAM/CAD software) to model thermomechanical phenomena and material cutting, and validate these models using analytical approaches. Optimize cutting conditions: Select and adjust machining parameters (speed, feed, depth of cut, tool type) to enhance productivity, quality, and tool life, while considering machine constraints and the properties of the materials being machined.

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

- **Implement experimental approaches:** Design and carry out experimental plans to test and optimize manufacturing processes, analyze the results, and derive practical recommendations for the workshop.
- **Control the quality and integrity of machined parts:** Master measurement and inspection tools (CMM, profilometer, surface analysis) to verify part conformity, analyze tool wear and surface condition, and propose improvement strategies.
- **Integrate new technologies and machining assistance systems:** Understand and apply innovative techniques (assisted machining, cryogenic cooling, high-pressure lubrication, Industry 4.0) to optimize processes and adapt to industry developments.

Modalités d'évaluation

Formule d'évaluation

$(1*DS1+1*TP1)/2$

Langue d'enseignement

Langue

Anglais/English

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Objectifs de la formation visés

Objectifs généraux

Cours 1 :

L'objectif de cet enseignement est de permettre aux étudiants d'acquérir une maîtrise approfondie des méthodes de simulation et d'optimisation des procédés d'usinage par coupe. Le cours aborde les différentes techniques de modélisation, qu'elles soient analytiques ou numériques, afin de comprendre les phénomènes thermomécaniques intervenant lors de la formation du copeau ainsi que la stabilité dynamique du processus de coupe. Les étudiants seront amenés à étudier et à mettre en œuvre des démarches expérimentales d'optimisation des conditions de coupe, notamment à travers l'utilisation de plans d'expérience normalisés (tels que le COM) et d'outils de simulation avancés. Une attention particulière sera portée aux assistances en usinage, telles que le jet d'eau haute pression ou la cryogénie, qui seront présentées en fonction de leurs domaines d'application spécifiques. Par ailleurs, les problématiques d'usure de l'outil et d'intégrité de la surface usinée seront analysées à travers des méthodes de métrologie avancée et des modèles prédictifs. À l'issue de cet enseignement, l'étudiant sera ainsi capable d'identifier et de mettre en œuvre les méthodes d'optimisation les plus pertinentes en fonction des objectifs d'amélioration du procédé d'usinage, tout en tenant compte des contraintes industrielles et des exigences de qualité.

Cours 2

Cet enseignement vise à maîtriser la modélisation des procédés de fabrication grâce au logiciel Abaqus (simulation thermomécanique par éléments finis) et à valider ces modèles par des méthodes analytiques, comme la théorie de Merchant. Les étudiants apprendront à construire des simulations numériques réalistes (loi de comportement Johnson-Cook, maillage adaptatif) tout en appliquant les équations simplifiées de la coupe orthogonale (angle de cisaillement, pression spécifique). Une comparaison critique des deux approches sera menée : le modèle numérique, précis mais coûteux en temps de calcul, sera opposé à l'approche analytique, rapide mais moins fidèle aux conditions réelles (négligence des effets thermiques). Un cas concret d'usinage d'acier XC38 illustrera les écarts entre prédictions (>25% à haute vitesse) et les corrections possibles. À l'issue du module, l'étudiant saura choisir la méthode adaptée à un contexte industriel (précision vs rapidité) et valider ses résultats par une analyse croisée.

Course

1:

The objective of this course is to provide students with an in-depth understanding of simulation and optimization methods for machining processes. The course covers various modeling techniques, both analytical and numerical, to understand the thermomechanical phenomena involved in chip formation as well as the dynamic stability of the cutting process. Students will be expected to study and implement experimental approaches for optimizing cutting conditions, notably through the use of standardized design of experiments (such as Taguchi or Central Composite Design) and advanced simulation tools. Special focus will be given to machining assistance technologies, such as high-pressure coolant jets and cryogenic machining, introduced according to their specific fields of application. Additionally, tool wear and machined surface integrity will be analyzed using advanced metrology methods and predictive models.

By the end of the course, students will be able to identify and apply the most relevant optimization methods to improve machining processes, while taking into account industrial constraints and quality requirements.

Course

2:

This course aims to develop proficiency in modeling manufacturing processes using Abaqus (finite element thermomechanical simulation) and in validating these models through analytical methods such as Merchant's theory. Students will learn to build realistic numerical simulations (e.g., using Johnson-Cook material law, adaptive meshing) while applying simplified equations for orthogonal cutting (shear angle, specific cutting pressure). A critical comparison between the two approaches will be carried out: numerical modeling, accurate but time-consuming, versus analytical modeling, faster but less representative of real conditions (e.g., thermal effects neglected). A concrete case study on XC38 steel machining will illustrate the discrepancies between predictions (over 25% at high cutting speeds) and possible corrections.

By the end of the module, students will be able to select the most appropriate method for a given industrial context (accuracy vs. speed) and validate their results through cross-analysis.

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Contenus

1. Introduction à l'optimisation en fabrication

- Définition et enjeux de l'optimisation
- Objectifs du cours et compétences visées
- Rappels sur les procédés d'usinage

2. Phénomènes physiques de la coupe

- Zones de cisaillement (primaire, secondaire, tertiaire)
- Contraintes, déformations, températures
- Types de copeaux et mécanismes de formation
- Théories sur la formation et la segmentation des copeaux

3. Usure des outils et intégrité de surface

- Mécanismes d'usure (adhésion, abrasion, diffusion, fluage, oxydation, fatigue)
- Types d'usure (usure en dépouille, en cratère, entaille, déformation plastique, écaillage)
- Contraintes résiduelles et méthodes de mesure
- Effets thermomécaniques sur l'état de surface

4. Méthodes d'optimisation des conditions de coupe

- Méthode du Couple Outil-Matière (COM)
- Choix des conditions de coupe (vitesse, avance, profondeur)
- Plans d'expérience et modélisation analytique/numérique
- Influence des paramètres sur la performance et la qualité

5. Assistanes à la coupe et nouvelles technologies

- Assistance par chauffage (laser, plasma)
- Lubrification haute pression
- Assistance cryogénique
- Impact des assistances sur l'usinabilité, la durée de vie des outils et l'intégrité de surface

1. Introduction to Optimization in Manufacturing

- *Definition and challenges of optimization*
- *Course objectives and targeted competencies*
- *Overview of machining processes*

2. Physics of Cutting

- *Shear zones (primary, secondary, tertiary)*
- *Stresses, deformations, temperatures*
- *Chip types and formation mechanisms*
- *Theories on chip formation and segmentation*

3. Tool Wear and Surface Integrity

- *Wear mechanisms (adhesion, abrasion, diffusion, creep, oxidation, fatigue)*
- *Wear types (flank wear, crater wear, notch wear, plastic deformation, chipping)*
- *Residual stresses and measurement methods*
- *Thermomechanical effects on surface finish*

4. Methods for Optimizing Cutting Conditions

- *Tool-Material Pair (TMP) method*
- *Selection of cutting parameters (speed, feed, depth)*
- *Design of experiments and analytical/numerical modeling*
- *Parameter impact on performance and quality*

5. Cutting Assistanes and New Technologies

- *Heating-assisted machining (laser, plasma)*
- *High-pressure lubrication*
- *Cryogenic cooling*
- *Impact of assistances on machinability, tool life, and surface integrity*

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Méthodes et/ou moyens pédagogiques

Cet enseignement permet de faire le lien entre les travaux de recherche menées en fabrication mécanique et la formation des élèves ingénieurs. Le cours se base principalement sur les travaux de recherche et les TP sur les moyens de recherche.

This course bridges research advancements in mechanical manufacturing with engineering education. It draws heavily on cutting-edge research and hands-on lab sessions using research-grade equipment (e.g., CNC machines, Abaqus for thermomechanical simulations). Students engage with real-world case studies and experimental protocols to contextualize theoretical concepts like tool wear modeling or high-speed machining dynamics.

Prérequis pour l'EC

Prérequis

Méthodes de fabrication (tournage, fraisage, perçage... Outils coupants, paramètres de coupe, outillage), Mécanique, Science des matériaux

Manufacturing Methods (turning, milling, drilling...), Cutting Tools, Cutting Parameters (speed, feed, depth), Tooling Mechanics, Materials Science

Travail personnel hors présentiel

Volume horaire

4 Heures

Type de travail

Rédaction du rapport du TP

Write the report and finalize to analyse

Ressources bibliographiques

- Manufacturing automation : metal cutting mechanics, machine tool vibrations and CNC design, Y. ALTINTAS, Cambridge University Press, Bibliothèque ENIT 621.9 ALT.
- Fraisage à Grande Vitesse, H. SCHULZ, Technologie d'aujourd'hui, Bibliothèque ENIT 671.35 SCH.- Norme AFNOR NF E 66-520, Couple Outil-Matière, Vol. 1 à 6, 1999.
- Matériaux pour outils de coupe, F. BAGUR, Techniques de l'Ingénieur, BM 7 080.
- Fundamentals of machining and machine tools, Winston A. KINGHT & Geoffrey BOOTHROYD, Taylor and Francis, Bibliothèque ENIT 671.35 BOO
- Cryogenic manufacturing processes, I.S. Jawahir, H. Attia, Biermann, J. Duflou, F. Klocke, D. Meyer. S.T. Newman, F. Pusavec, M. Putz, J. Rech, V. Schulze, D. Umbrello, CIRP Annals - Manufacturing Technology, Volume 65, Issue 2, 2016, Pages 713-736

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Code UE	IGENI-UE0907MP
Crédits ECTS	6
Coefficient interne à l'UE	7

Présentation de l'UE

Nom de l'UE	OPTION GENIE DES MATERIAUX DE STRUCTURE & PROCEDES
Nom(s) du/des enseignant(s)	

Volume Horaire/Format	Format	Heures
	CM	62 H
	TD	14 H
	TP	16 H
	Projet encadré	1 H
	Projet en autonomie	7 H
	Total	100 heures

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Thèmes et Objectifs de la formation visés

Principaux thèmes abordés	<ul style="list-style-type: none">• Techniques de caractérisation des matériaux : principes et applications des principales techniques spectroscopiques (EDX, XPS, Raman, IR, fluorescence X, spectrométrie de masse), interprétation des résultats et rédaction de rapports techniques.• Tribologie et science du frottement : phénomènes de frottement, usure, lubrification, diagnostic tribologique, expertise et solutions adaptées en conception mécanique.• Endommagement et ruptures des matériaux : mécanismes d'endommagement (corrosion, fatigue, fluage), expertise des pièces métalliques, méthodes de prévention et protection.• Durabilité des multi-matériaux : mécanique de la rupture, analyse des fissures, endommagement des composites, dimensionnement sous sollicitations cycliques.• Matériaux métalliques avancés : présentation et analyse critique de recherches sur matériaux innovants (alliages, traitements, fabrication additive).• Choix des matériaux et procédés : méthodes de sélection des matériaux et procédés (méthode d'Ashby, logiciels spécialisés), intégration des contraintes techniques, économiques et environnementales dans la conception.
Principaux objectifs généraux visés	<ul style="list-style-type: none">• Maîtriser les outils et techniques d'analyse et de caractérisation des matériaux pour appuyer la recherche et l'industrie.• Comprendre les phénomènes tribologiques et leurs impacts sur la performance et la durabilité des systèmes mécaniques.• Acquérir une connaissance approfondie des mécanismes d'endommagement et de rupture des matériaux métalliques et composites.• Savoir appliquer les méthodologies d'expertise pour diagnostiquer des avaries et proposer des solutions adaptées.• Développer la capacité à analyser, synthétiser et communiquer des résultats scientifiques et techniques à l'écrit comme à l'oral.• Intégrer les contraintes multidisciplinaires dans le choix des matériaux et procédés, en tenant compte des critères de durabilité, coûts et environnement

Acquis d'apprentissage visés

Compétence(s)	<p>À l'issue de cette UE, les étudiants ingénieurs seront en mesure, dans un contexte professionnel lié à la conception, l'analyse et la recherche en matériaux, lorsque confrontés à des problématiques complexes de matériaux et structures, de :</p> <ul style="list-style-type: none">• Caractériser et analyser les matériaux en choisissant et en justifiant les techniques spectroscopiques adaptées, en interprétant les résultats obtenus, et en rédigeant des rapports techniques précis.• Diagnostiquer les phénomènes tribologiques et d'endommagement, proposer des solutions techniques optimisées en intégrant les contraintes environnementales, et communiquer clairement leurs conclusions à des interlocuteurs techniques.• Concevoir et dimensionner des pièces et structures en prenant en compte les mécanismes de rupture et d'endommagement, notamment pour les matériaux composites et métalliques, en mettant en œuvre une méthodologie rigoureuse d'analyse.• Effectuer une veille scientifique critique et synthétiser des connaissances avancées sur les matériaux métalliques innovants, en respectant les principes d'éthique scientifique.• Sélectionner et intégrer matériaux et procédés selon une démarche structurée prenant en compte les performances techniques, contraintes économiques et environnementales, à l'aide d'outils numériques spécialisés.• Communiquer efficacement à l'écrit et à l'oral, en adaptant le discours et les supports aux différents publics (scientifiques, industriels, experts techniques).
----------------------	--

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Code EC	IGENI-EC0971MP
Code UE	IGENI-UE0907MP
Coefficient interne à l'EC	1

Coordinateur ENIT de l'EC	Karl DELBÉ
---------------------------	------------

Présentation de l'EC

Nom de l'EC	Techniques de caractérisation des matériaux
Nom(s) du/des enseignant(s)	Karl Delbé, Jean-Yves Paris

Volume Horaire/Format	Format	Heures
	CM	10 H
	TD	4 H
	TP	H
	Projet encadré	H
	Projet en autonomie	H
	Total	14 heures

Acquis d'apprentissage visés

Compétence(s)	<p>À l'issue de l'EC, les étudiants seront en mesure, lorsqu'ils seront amenés à caractériser des matériaux dans un contexte de recherche ou industriel, d'identifier et de sélectionner les techniques spectroscopiques appropriées (EDX, XPS, Raman, IR, Fluorescence X, Spectrométrie de masse) en fonction des propriétés du matériau et des objectifs d'analyse, d'interpréter les spectres obtenus en montrant une compréhension approfondie des phénomènes physiques et chimiques sous-jacents, et de rédiger des rapports techniques argumentés justifiant le choix des méthodes et les conclusions tirées des analyses.</p> <p><i>At the end of the EC, students will be able, when required to characterize materials in a research or industrial setting, to identify and select appropriate spectroscopic techniques (EDX, XPS, Raman, IR, X-ray Fluorescence, Mass Spectrometry) based on material properties and analysis objectives, to interpret the obtained spectra by demonstrating a deep understanding of the underlying physical and chemical phenomena, and to write well-structured technical reports that justify their methodological choices and the conclusions drawn from their analyses.</i></p>
----------------------	--

Modalités d'évaluation

Formule d'évaluation	$(1 \cdot CC1 + 3 \cdot DS1) / 4$
----------------------	-----------------------------------

Langue d'enseignement

Langue	English friendly
--------	------------------

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Objectifs de la formation visés

Objectifs généraux

Connaissances :

- **Connaître** les principes fondamentaux des principales techniques spectroscopiques utilisées en caractérisation des matériaux (EDX, XPS, Raman, IR, Fluorescence X, Spectrométrie de masse).
- **Comprendre** les interactions matière-rayonnement et leurs implications dans l'acquisition des spectres.
- **Connaître** les avantages, limites et domaines d'application de chaque technique de caractérisation.
- **Avoir des notions** sur la préparation des échantillons et l'influence des conditions expérimentales sur les résultats.

Savoir-faire :

- **Sélectionner** la technique la plus adaptée en fonction du type de matériau et de l'information recherchée.
- **Réaliser** une analyse spectroscopique en appliquant les protocoles expérimentaux adaptés.
- **Interpréter** les spectres obtenus pour identifier les éléments, les structures chimiques et les défauts des matériaux.
- **Utiliser** les logiciels d'analyse et de traitement des données spectroscopiques.
- **Rédiger** un rapport technique argumenté présentant les résultats, leur interprétation et les conclusions de l'analyse.

Savoir-être :

- **Être rigoureux** dans l'approche expérimentale et l'analyse des résultats.
- **Avoir conscience** des limites et des sources d'erreur des différentes techniques.
- **Être curieux** et ouvert aux évolutions technologiques dans le domaine de la caractérisation des matériaux.
- **Travailler en équipe** en collaboration avec des experts de différentes spécialités.

Compétences :

- **Être capable de** mener une analyse complète de caractérisation d'un matériau, du choix de la technique jusqu'à l'interprétation des résultats.
- **Être capable de** justifier ses choix analytiques et d'adapter sa méthodologie en fonction des contraintes expérimentales.
- **Être capable de** communiquer ses résultats à l'oral et à l'écrit, en s'adaptant au public cible (scientifiques, ingénieurs, industriels).

Knowledge:

- **Understand** the fundamental principles of major spectroscopic techniques used in material characterization (EDX, XPS, Raman, IR, X-ray Fluorescence, Mass Spectrometry).
- **Know** how matter interacts with radiation and how this affects spectrum acquisition.
- **Recognize** the advantages, limitations, and application fields of each characterization technique.
- **Have basic knowledge** of sample preparation and the influence of experimental conditions on results.

Skills:

- **Select** the most appropriate technique based on the type of material and the required information.
- **Perform** spectroscopic analysis following proper experimental protocols.
- **Interpret** obtained spectra to identify elements, chemical structures, and material defects.
- **Use** software for spectroscopic data analysis and processing.
- **Write** a structured technical report presenting results, their interpretation, and conclusions.

Professional Attitudes:

- **Be rigorous** in experimental procedures and data analysis.
- **Be aware** of the limitations and sources of error in different techniques.
- **Be curious** and open to technological advancements in material characterization.
- **Collaborate effectively** with experts from different disciplines.

Competencies:

- **Be able to** conduct a complete material characterization analysis, from technique selection to result interpretation.
- **Be able to** justify analytical choices and adapt methodologies based on experimental constraints.
- **Be able to** communicate results effectively, both orally and in writing, to various audiences (scientists, engineers, industry professionals).

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Cours n°1 : 2 heures

Chapitre 1 : Nature de la lumière et principes de la spectroscopie

- 1.1 Nature de la lumière : approche onde-corpuscule et théorie quantique
- 1.2 Rappels d'atomistique et du tableau périodique des éléments
- 1.3 Interaction rayonnement-matière : absorption, émission, diffusion
- 1.4 Principes fondamentaux de la spectroscopie

Cours n°2 : 2 heures

Chapitre 2 : Spectrométrie de fluorescence X (XRF)

- 2.1 Principes fondamentaux et interaction matière-rayonnement
- 2.2 Applications industrielles et interprétation des spectres

Cours n°3 : 2 heures

Chapitre 3 : Spectroscopie infrarouge (IR)

- 3.1 Absorption IR et vibrations moléculaires : interactions lumière-matière
- 3.2 Utilisation de l'IR pour l'identification des groupes fonctionnels
- 3.3 Exploitation des spectres IR pour l'analyse des polymères et des matériaux organiques
- 3.4 Applications industrielles et limites de la technique

Cours n°4 : 2 heures

Chapitre 4 : Spectrométrie de masse

- 4.1 Principe fondamental : ionisation et séparation des ions
- 4.2 Types d'ionisation : ESI, MALDI, CI, EI
- 4.3 Interprétation des spectres de masse : identification moléculaire
- 4.4 Applications en chimie analytique, environnement et biologie

Cours n°5 : 2 heures

Chapitre 5 : Spectroscopie de rayons X à dispersion d'énergie (EDX/EDS) et spectroscopie photoélectronique X (XPS)

- 5.1 Principes de l'EDX : interaction électrons-matière et acquisition des spectres élémentaires
- 5.2 Applications de l'EDX pour l'analyse de composition chimique
- 5.3 Principes de l'XPS : émission photoélectronique et énergie de liaison
- 5.4 Applications de l'XPS : analyse des surfaces et couches minces

Cours n°6 : 2 heures

Chapitre 6 : Spectroscopie Raman

- 6.1 Effet Raman et interaction lumière-matière
- 6.2 Différence entre diffusion Rayleigh et diffusion Raman
- 6.3 Utilisation de la spectroscopie Raman pour la caractérisation chimique et structurale
- 6.4 Applications industrielles en analyse des polymères et matériaux complexes

Cours n°7 : 2 heures

Chapitre 7 : Comparaison et complémentarité des techniques

- 7.1 Choix de la technique en fonction du matériau et de l'objectif d'analyse
- 7.2 Comparaison des performances des différentes méthodes spectroscopiques
- 7.3 Cas pratiques et interprétation croisée des résultats
- 7.4 Utilisation combinée des techniques pour des analyses approfondies

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Lesson 1: 2 hours

Chapter 1: Nature of light and principles of spectroscopy

- 1.1 Nature of light: wave-corpuscule approach and quantum theory
- 1.2 Review of atomistics and the periodic table of elements
- 1.3 Radiation-matter interaction: absorption, emission, scattering
- 1.4 Fundamental principles of spectroscopy

Lesson 2: 2 hours

Chapter 2: X-ray fluorescence spectrometry (XRF)

- 2.1 Fundamental principles and matter-radiation interaction
- 2.2 Industrial applications and interpretation of spectra

Lesson 3: 2 hours

Chapter 3: Infrared spectroscopy (IR)

- 3.1 IR absorption and molecular vibrations: light-matter interactions
- 3.2 Using IR to identify functional groups
- 3.3 Using IR spectra to analyse polymers and organic materials
- 3.4 Industrial applications and limits of the technique

Lesson 4: 2 hours

Chapter 4: Mass spectrometry

- 4.1 Basic principle: ionisation and ion separation
- 4.2 Types of ionisation: ESI, MALDI, CI, EI
- 4.3 Interpretation of mass spectra: molecular identification
- 4.4 Applications in analytical chemistry, environment and biology

Lesson 5: 2 hours

Chapter 5: Energy dispersive X-ray spectroscopy (EDX/EDS) and X-ray photoelectron spectroscopy (XPS)

- 5.1 Principles of EDX: electron-matter interaction and acquisition of elementary spectra
- 5.2 Applications of EDX for chemical composition analysis
- 5.3 Principles of XPS: photoelectron emission and binding energy
- 5.4 XPS applications: analysis of surfaces and thin films

Lesson 6: 2 hours

Chapter 6: Raman spectroscopy

- 6.1 The Raman effect and light-matter interaction
- 6.2 Difference between Rayleigh scattering and Raman scattering
- 6.3 Use of Raman spectroscopy for chemical and structural characterisation
- 6.4 Industrial applications in the analysis of polymers and complex materials

Lesson 7: 2 hours

Chapter 7: Comparison and complementarity of techniques

- 7.1 Choice of technique depending on the material and the analysis objective
- 7.2 Comparison of the performance of different spectroscopic methods
- 7.3 Case studies and cross-interpretation of results
- 7.4 Combined use of techniques for in-depth analysis

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

L'enseignement "Techniques de caractérisation des matériaux" repose sur une approche pédagogique combinant cours, travaux dirigés, apprentissage par problème, et évaluations formatives afin d'impliquer activement les étudiants et de favoriser une acquisition progressive des compétences.

1. Cours interactifs

Les cours magistraux sont conçus pour introduire les notions fondamentales et fournir un cadre théorique aux différentes techniques de caractérisation des matériaux. L'approche adoptée favorise l'interaction avec les étudiants, notamment par :

- Des échanges et débats autour de cas d'application industriels et académiques.
- Des questions interactives sous forme de questionnaires à choix multiples (QCM) et quiz intégrés dans les séances pour remobiliser les connaissances.
- L'analyse d'articles scientifiques issus de bases de données académiques pour explorer des applications réelles des techniques étudiées.

2. Apprentissage par problème (APP)

L'approche par problème est intégrée sous forme de scénarios concrets où les étudiants doivent analyser une problématique réelle et proposer une stratégie expérimentale pour y répondre.

- Présentation d'un cas industriel ou académique nécessitant une caractérisation de matériaux.
- Travail en groupe pour identifier les techniques adaptées, justifier les choix analytiques et proposer un protocole expérimental.
- Synthèse et restitution orale où chaque groupe présente ses conclusions devant la classe.

3. Travaux dirigés (TD) et études de cas

Les TD permettent d'approfondir les notions vues en cours et de développer la capacité des étudiants à appliquer les techniques de caractérisation à des situations concrètes.

- Résolution d'exercices sur l'interprétation de spectres et de résultats analytiques.
- Études de cas pour analyser et comparer les performances des différentes techniques de caractérisation.
- Mise en situation : choix de la meilleure technique en fonction du matériau et des objectifs d'analyse.

4. Recherche documentaire et synthèses bibliographiques

Les étudiants seront amenés à utiliser des bases de données bibliographiques et des moteurs de recherche académiques pour récupérer des publications et en extraire des informations sur les techniques de caractérisation.

- Travail individuel ou en groupe pour produire une synthèse sur une technique donnée.
- Présentation orale des résultats avec support visuel (diaporama, poster, vidéo).

5. Évaluations formatives et contrôle continu

L'évaluation repose sur un suivi continu des apprentissages, combinant plusieurs modalités :

- Présentations orales évaluées sur la clarté, la structuration et la rigueur scientifique.
- Quiz/QCM et questionnaires à réponse courte pour vérifier régulièrement la compréhension et la mémorisation des concepts.
- Rapports techniques et études de cas permettant d'évaluer l'analyse critique et la capacité de synthèse des étudiants.

6. Débats et échanges sur les applications des techniques de caractérisation

L'enseignement inclut des discussions ouvertes sur les évolutions et tendances des techniques de caractérisation des matériaux, afin de sensibiliser les étudiants aux enjeux scientifiques et industriels.

- Comparaison des différentes approches analytiques en fonction des besoins industriels.
- Analyse critique d'articles scientifiques et identification des perspectives d'évolution.

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

The 'Materials Characterisation Techniques' course is based on a teaching approach that combines lectures, tutorials, problem-based learning and formative assessments to actively involve students and promote the gradual acquisition of skills.

1. Interactive lectures

The lectures are designed to introduce the fundamental concepts and provide a theoretical framework for the various materials characterisation techniques. The approach adopted encourages interaction with the students, in particular through :

- Discussions and debates based on industrial and academic case studies.
- Interactive questions in the form of multiple-choice questionnaires (MCQs) and quizzes integrated into the sessions to reactivate knowledge.
- Analysis of scientific articles from academic databases to explore real-life applications of the techniques studied.

2. Problem-based learning (PBL)

The problem-based approach is integrated in the form of concrete scenarios where students have to analyse a real problem and propose an experimental strategy to solve it.

- Presentation of an industrial or academic case requiring materials characterisation.
- Group work to identify suitable techniques, justify analytical choices and propose an experimental protocol.
- Synthesis and oral presentation in which each group presents its conclusions to the class.

3. Tutorial work and case studies

The tutorials provide an opportunity to expand on the concepts covered in the course and to develop students' ability to apply characterisation techniques to real-life situations.

- Solving exercises on the interpretation of spectra and analytical results.
- Case studies to analyse and compare the performance of different characterisation techniques.
- Case studies: choosing the best technique depending on the material and the analysis objectives.

4. Documentary research and bibliographical summaries

Students will use bibliographic databases and academic search engines to retrieve publications and extract information on characterisation techniques.

- Individual or group work to produce a summary on a given technique.
- Oral presentation of results with visual support (slide show, poster, video).

5. Formative assessment and continuous assessment

Assessment is based on continuous monitoring of learning, combining several methods:

- Oral presentations assessed for clarity, structure and scientific rigour.
- Quizzes/QCMs and short-answer questionnaires to regularly check understanding and retention of concepts.
- Technical reports and case studies to assess students' critical analysis and ability to summarise.

6. Discussions and exchanges on the applications of characterisation techniques

The teaching includes open discussions on developments and trends in materials characterisation techniques, in order to make students aware of the scientific and industrial issues involved.

- Comparison of different analytical approaches according to industrial needs.
- Critical analysis of scientific articles and identification of future developments.

Prérequis pour l'EC

Prérequis

Pour suivre efficacement l'EC « Techniques de caractérisation des matériaux », les étudiants doivent posséder des connaissances de base en physique et chimie des matériaux, ainsi qu'une certaine familiarité avec les principes fondamentaux des interactions matière-rayonnement. Les prérequis peuvent être catégorisés en trois grands domaines :

1. Connaissances scientifiques fondamentales

- Physique des ondes et électromagnétisme
- Propagation des ondes (onde-corpuscule, spectre électromagnétique).
- Interaction des ondes électromagnétiques avec la matière (absorption,

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

- émission, diffusion).
- Chimie des matériaux
- Structure atomique et liaisons chimiques (ioniques, covalentes, métalliques, Van der Waals).
- Notions de base sur la classification périodique et les propriétés des éléments.
- Réactivité des matériaux et phénomènes de surface.
- Cristallographie et structure des matériaux (utile pour les techniques XPS, EDX et Raman)
- Notions de maille cristalline et symétrie des matériaux.
- Défauts cristallins et leurs influences sur les propriétés analytiques.

2. Notions méthodologiques et analytiques

- Techniques de mesure et instrumentation
- Compréhension du fonctionnement des instruments de spectroscopie (sources, détecteurs, analyseurs).
- Influence des paramètres expérimentaux sur la qualité des mesures.
- Interprétation des spectres et analyse de données
- Capacité à lire et interpréter des spectres de fluorescence X, IR, Raman, XPS, et spectrométrie de masse.
- Connaissance des erreurs expérimentales et limites des techniques.

3. Compétences pratiques et transversales

- Recherche documentaire et utilisation de bases de données académiques
- Savoir exploiter des ressources scientifiques pour comprendre et comparer les techniques analytiques.
- Capacité à synthétiser et présenter des informations techniques.
- Rédaction scientifique et communication
- Présenter de manière structurée un rapport technique ou un résumé analytique.
- Communiquer les résultats d'analyse sous forme de présentation orale.

In order to follow the 'Materials characterisation techniques' CE effectively, students must have a basic knowledge of the physics and chemistry of materials, as well as some familiarity with the fundamental principles of matter-radiation interactions. The prerequisites can be categorised into three main areas:

1. Fundamental scientific knowledge

- Wave physics and electromagnetism
- Wave propagation (wave-corpuscle, electromagnetic spectrum).
- Interaction of electromagnetic waves with matter (absorption, emission, scattering).
- Chemistry of materials
- Atomic structure and chemical bonds (ionic, covalent, metallic, Van der Waals).
- Basic notions of the periodic table and the properties of the elements.
- Reactivity of materials and surface phenomena.
- Crystallography and structure of materials (useful for XPS, EDX and Raman techniques)
- Notions of crystal lattice and symmetry of materials.
- Crystal defects and their influence on analytical properties.

2. Methodological and analytical concepts

- Measurement techniques and instrumentation
- Understanding the operation of spectroscopy instruments (sources, detectors, analysers).
- Influence of experimental parameters on the quality of measurements.
- Interpretation of spectra and data analysis
- Ability to read and interpret X-ray fluorescence, IR, Raman, XPS and mass spectrometry spectra.
- Knowledge of experimental errors and limitations of techniques.

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

3. Practical and cross-disciplinary skills

- Documentary research and use of academic databases
- Ability to use scientific resources to understand and compare analytical techniques.
- Ability to summarise and present technical information.
- Scientific writing and communication
- Present a technical report or analytical summary in a structured manner.
- Communicate the results of analysis in the form of an oral presentation.

Travail personnel hors présentiel

Volume horaire

21 Heures

Type de travail

L'EC « Techniques de caractérisation des matériaux » implique un travail personnel régulier et varié afin d'assurer une assimilation progressive des connaissances et un développement des compétences analytiques. Le travail attendu des étudiants inclut plusieurs types d'activités :

1. Révisions et assimilation des concepts

- Lecture et prise de notes sur les supports de cours pour approfondir la compréhension des notions vues en séance.
- Révision des principes fondamentaux de chaque technique de spectroscopie (EDX, XPS, Raman, IR, Fluorescence X, Spectrométrie de masse).
- Consultation de ressources complémentaires (articles scientifiques, manuels spécialisés) pour approfondir certaines notions techniques.

2. Exercices et applications pratiques

- Travaux dirigés (TD) et exercices complémentaires :
- Analyse et interprétation de spectres issus de différentes techniques.
- Exercices de choix de techniques analytiques en fonction du matériau et de la problématique scientifique.
- Résolution de cas concrets mettant en jeu plusieurs méthodes spectroscopiques.

3. Rédaction de rapports et synthèses bibliographiques

- Rédaction de comptes rendus de travaux dirigés et d'exercices d'analyse spectroscopique.
- Réalisation d'une synthèse bibliographique sur une technique spécifique de caractérisation, en utilisant des bases de données académiques et scientifiques.
- Présentation de résultats sous forme de rapport technique structuré en intégrant les aspects théoriques et analytiques.

4. Préparation et réalisation de présentations orales

- Travail de recherche et de synthèse sur des cas d'étude académiques ou industriels où l'on utilise des techniques de caractérisation.
- Élaboration d'un diaporama pour structurer la présentation.
- Entraînement à la prise de parole en vue des soutenances devant la classe.
- Présentation orale individuelle ou en groupe, avec restitution et argumentation des choix analytiques.

5. Utilisation de bases de données et outils numériques

- Recherche et exploitation de publications scientifiques pour identifier des applications réelles des techniques étudiées.
- Utilisation de logiciels d'analyse de spectres et d'outils de traitement de données.

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

6. Travail collaboratif et échanges entre étudiants

- Travail en petits groupes pour résoudre des études de cas et comparer les différentes approches analytiques.
- Discussions et débats autour de cas concrets où plusieurs techniques de caractérisation sont utilisées conjointement.

The 'Materials Characterisation Techniques' CE involves regular and varied personal work in order to ensure the gradual assimilation of knowledge and the development of analytical skills. The work expected of students includes several types of activities:

1. Reviewing and assimilating concepts

- Reading and note-taking on the course material to deepen understanding of the concepts covered during the session.
- Revision of the fundamental principles of each spectroscopy technique (EDX, XPS, Raman, IR, X-ray fluorescence, mass spectrometry).
- Consultation of additional resources (scientific articles, specialised manuals) to deepen understanding of certain technical concepts.

2. Exercises and practical applications

- Tutorial and complementary exercises:
- Analysis and interpretation of spectra from different techniques.
- Exercises in choosing analytical techniques according to the material and the scientific problem.
- Solving specific cases involving several spectroscopic methods

3. Writing of reports and bibliographical summaries

- Writing of reports on tutorials and spectroscopic analysis exercises.
- Produce a bibliographical synthesis on a specific characterization technique, using academic and scientific databases.
- Presentation of results in the form of a structured technical report, integrating theoretical and analytical aspects.

4. Preparation and execution of oral presentations

- Research and synthesis work on academic or industrial case studies using characterization techniques.
- Preparation of a slide show to structure the presentation.
- Training for oral presentations in front of the class.
- Individual or group oral presentation, with restitution and argumentation of analytical choices.

5. Use of databases and digital tools

- Research and use of scientific publications to identify real-life applications of the techniques studied.
- Use of spectral analysis software and data processing tools.

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Ressources bibliographiques

1. Ouvrages de référence

- D. C. Harris, *Analyse chimique quantitative*, Pearson, 2010.
- S. S. Wilson, J. C. Black, *Techniques spectroscopiques analytiques*, Dunod, 2014.
- P. R. Griffiths, J. A. de Haseth, *Fourier Transform Infrared Spectrometry*, Wiley, 2007.
- J. J. Lakowicz, *Principles of Fluorescence Spectroscopy*, Springer, 2006.
- R. F. Egerton, *Physical Principles of Electron Microscopy: An Introduction to TEM, SEM, and AEM*, Springer, 2016.
- M. Thompson, J. N. Walsh, R. F. White, *Principles of Spectroscopy*, Wiley, 1999.

2. Articles scientifiques et revues spécialisées

- *Applied Spectroscopy* – Journal de l'American Society for Applied Spectroscopy.
- *Journal of Raman Spectroscopy* – Publications sur les avancées en spectroscopie Raman.
- *X-ray Spectrometry* – Revue dédiée aux techniques d'analyse par rayons X.
- *Analytical Chemistry* – Journal couvrant toutes les techniques analytiques, y compris la spectroscopie.
- *Materials Characterization* – Revue spécialisée dans la caractérisation des matériaux par différentes techniques.

3. Bases de données académiques

- ScienceDirect (Elsevier) : articles de recherche et revues sur les techniques spectroscopiques.
- SpringerLink : ressources académiques en chimie analytique et physique des matériaux.
- IEEE Xplore : articles sur les développements en instrumentation et spectroscopie appliquée.
- Google Scholar : moteur de recherche pour trouver des articles scientifiques en accès libre.
- HAL Archives Ouvertes : plateforme française pour les publications en libre accès.

4. Ressources en ligne et outils numériques

- Spectral Database for Organic Compounds (SDBS) : base de données en ligne de spectres (IR, RMN, MS).
- NIST Chemistry WebBook : spectres de référence pour diverses méthodes spectroscopiques.
- Open Spectroscopy Database : bibliothèque de spectres en libre accès.
- ChemSpider (Royal Society of Chemistry) : moteur de recherche de structures chimiques et spectres associés.

5. Supports pédagogiques et cours en ligne

- Cours en ligne du MIT (OpenCourseWare) : Introduction to Spectroscopy.
- Khan Academy : modules interactifs sur la spectroscopie et l'analyse des matériaux.
- YouTube (channels spécialisés) :
- Materials Science and Engineering (MIT) – Vidéos pédagogiques sur les techniques de caractérisation.
- Royal Society of Chemistry – Explications et démonstrations en spectroscopie.

1. Reference works

- D. C. Harris, *Quantitative Chemical Analysis*, Pearson, 2010.
- S. S. Wilson, J. C. Black, *Analytical spectroscopic techniques*, Dunod, 2014.
- P. R. Griffiths, J. A. de Haseth, *Fourier Transform Infrared Spectrometry*, Wiley, 2007.
- J. J. Lakowicz, *Principles of Fluorescence Spectroscopy*, Springer, 2006.
- R. F. Egerton, *Physical Principles of Electron Microscopy: An Introduction to TEM, SEM, and AEM*, Springer, 2016.
- M. Thompson, J. N. Walsh, R. F. White, *Principles of Spectroscopy*, Wiley, 1999.

2. Scientific articles and specialized journals

- *Applied Spectroscopy* - Journal of the American Society for Applied Spectroscopy.
- *Journal of Raman Spectroscopy* - Publications on advances in Raman spectroscopy.
- *X-ray Spectrometry* - Journal dedicated to X-ray analysis techniques.
- *Analytical Chemistry* - Journal covering all analytical techniques, including spectroscopy.
- *Materials Characterization* - Journal specializing in the characterization of materials using various techniques.

3. Academic databases

- ScienceDirect (Elsevier): research articles and reviews on spectroscopic techniques.
- SpringerLink: academic resources on analytical chemistry and materials physics.
- IEEE Xplore: articles on developments in instrumentation and applied spectroscopy.
- Google Scholar: search engine for open-access scientific articles.

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

- HAL Archives Ouvertes: French platform for open-access publications.

4. Online resources and digital tools

- Spectral Database for Organic Compounds (SDBS): online database of spectra (IR, NMR, MS).
- NIST Chemistry WebBook: reference spectra for various spectroscopic methods.
- Open Spectroscopy Database: open-access spectra library.
- ChemSpider (Royal Society of Chemistry): search engine for chemical structures and associated spectra.

5. Teaching aids and online courses

- MIT online course (OpenCourseWare): Introduction to Spectroscopy.
- Khan Academy: interactive modules on spectroscopy and materials analysis.
- YouTube (specialized channels):
- Materials Science and Engineering (MIT) - Instructional videos on characterization techniques.
- Royal Society of Chemistry - Spectroscopy explanations and demonstrations.

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Code EC	IGENI-EC0972MP
Code UE	IGENI-UE0907MP
Coefficient interne à l'EC	1,2

Coordinateur ENIT de l'EC	Karl DELBÉ
---------------------------	------------

Présentation de l'EC

Nom de l'EC	Science friction
Nom(s) du/des enseignant(s)	Karl Delbé, Jean-Yves Paris, Malik Yahiaoui

Volume Horaire/Format	Format	Heures
	CM	14 H
	TD	4 H
	TP	H
	Projet encadré	H
	Projet en autonomie	H
	Total	18 heures

Acquis d'apprentissage visés

Compétence(s)	À l'issue de cet enseignement, les étudiants seront en mesure, lorsqu'ils seront confrontés à la conception et à l'analyse de systèmes mécaniques en entreprise, d' identifier et d'évaluer les phénomènes tribologiques (frottement, usure, lubrification) en montrant qu'ils savent diagnostiquer les causes d'une défaillance tribologique, proposer des solutions adaptées et justifier leurs choix techniques en s'appuyant sur des connaissances scientifiques et des analyses expérimentales.
	Ils seront également capables, lors d'une expertise industrielle, de rédiger un rapport technique détaillant les observations, les résultats d'analyse et les recommandations et de présenter leurs conclusions devant un auditoire technique , en argumentant leurs choix avec rigueur et clarté.
	At the end of this course, students will be able, when facing the design and analysis of mechanical systems in an industrial context, to identify and assess tribological phenomena (friction, wear, lubrication) by demonstrating their ability to diagnose the causes of a tribological failure, propose appropriate solutions, and justify their technical choices based on scientific knowledge and experimental analysis.
	They will also be able, in the context of an industrial expertise, to write a detailed technical report outlining their observations, analysis results, and recommendations and to present their conclusions to a technical audience , supporting their arguments with precision and clarity.

Modalités d'évaluation

Formule d'évaluation	$(1 * CC1 + 3 * DS1) / 4$
----------------------	---------------------------

Langue d'enseignement

Langue	ENglish friendly
--------	------------------

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Objectifs de la formation visés

Objectifs généraux

Connaissances

- Connaître les principes fondamentaux de la tribologie : frottement, usure et lubrification.
- Comprendre les mécanismes d'interaction entre les surfaces en contact.
- Avoir des notions sur les différents régimes de lubrification et leurs implications sur les performances mécaniques.
- Identifier les principales méthodes d'analyse et de diagnostic des systèmes tribologiques.
- Connaître les propriétés des matériaux et lubrifiants utilisés dans les applications tribologiques.
- Comprendre les enjeux environnementaux liés aux choix des matériaux et lubrifiants.

Savoir-faire

- Analyser une situation tribologique et identifier les causes d'un dysfonctionnement.
- Sélectionner les matériaux et les lubrifiants adaptés à une application spécifique.
- Mettre en œuvre des essais tribologiques et interpréter les résultats obtenus.
- Réaliser une expertise tribologique et proposer des solutions adaptées aux contraintes industrielles.
- Rédiger un rapport technique structuré et argumenté sur une problématique tribologique.
- Présenter oralement une analyse tribologique en s'appuyant sur des supports visuels.

Savoir-être

- Être conscient de l'impact du frottement et de l'usure sur la durabilité et la performance des systèmes mécaniques.
- Développer un esprit critique pour analyser les causes et conséquences des phénomènes tribologiques.
- Être rigoureux et méthodique dans l'approche expérimentale et l'interprétation des résultats.
- Adopter une démarche responsable dans le choix des matériaux et lubrifiants en prenant en compte les aspects environnementaux.
- Être capable de travailler en équipe et d'échanger efficacement avec des experts de différents domaines.

Compétences

- Être capable d'identifier et d'évaluer les phénomènes tribologiques dans une application industrielle.
- Être capable de diagnostiquer une avarie tribologique et proposer des solutions adaptées.
- Être capable de communiquer efficacement à l'écrit et à l'oral sur des problématiques tribologiques.
- Être capable d'intégrer des considérations environnementales dans la conception et la maintenance des systèmes tribologiques.

Knowledge

- *Know the fundamental principles of tribology: friction, wear, and lubrication.*
- *Understand the interaction mechanisms between contacting surfaces.*
- *Have knowledge of the different lubrication regimes and their effects on mechanical performance.*
- *Identify the main methods for analyzing and diagnosing tribological systems.*
- *Know the properties of materials and lubricants used in tribological applications.*
- *Understand the environmental challenges related to material and lubricant choices.*

Skills

- *Analyze a tribological situation and identify the causes of a malfunction.*
- *Select appropriate materials and lubricants for a specific application.*
- *Conduct tribological tests and interpret the obtained results.*
- *Perform a tribological expertise and propose solutions adapted to industrial constraints.*
- *Write a structured and well-argued technical report on a tribological issue.*
- *Deliver an oral presentation on a tribological analysis using visual aids.*

Attitudes & Awareness

- *Be aware of the impact of friction and wear on the durability and performance of mechanical systems.*
- *Develop critical thinking skills to analyze the causes and consequences of tribological phenomena.*
- *Be rigorous and methodical in the experimental approach and data interpretation.*
- *Adopt a responsible approach in material and lubricant selection, considering environmental aspects.*
- *Be able to work in a team and collaborate effectively with experts from different fields.*

Competencies

- *Be able to identify and assess tribological phenomena in an industrial application.*

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

- *Be able to diagnose a tribological failure and propose appropriate solutions.*
- *Be able to communicate effectively in writing and orally on tribological issues.*
- *Be able to integrate environmental considerations into the design and maintenance of tribological systems.*

Contenus

Cours n°1 à 4 : Usure (8 h)

Chapitre 1 : Mécanique du frottement (approfondissement)

- 2.1 Action des forces de frottement
- 2.2 Mécanique du contact statique et dynamique
- 2.3 Thermique du frottement

Chapitre 2 : Bases physiques du frottement et de l'usure (approfondissement)

- 1.1 Premières approches du frottement
- 1.2 Surface réelle d'un matériau industriel
- 1.3 La tribologie à deux corps
- 1.4 Le concept de troisième corps
- 1.5 Outils conceptuels et structuration

Chapitre 3 : Les mécanismes d'usure

- 1.1 Les différentes manifestations de l'usure
- 1.2 Mécanismes d'endommagement des surfaces
- 1.3 Mécanismes élémentaires d'enlèvement de matière
- 1.4 Processus d'usure

Chapitre 4 : Démarche et paramètres influents

- 2.1 Analyse fonctionnelle d'un contact
- 2.2 Règles pratiques de conception
- 2.3 Règles de choix des matériaux en contact

Chapitre 5 : Démarche d'expertise et études de cas

- 3.1 Démarche d'expertise tribologique
- 3.2 Études de cas d'avaries tribologiques
- 3.3 Tribométrie : essais et simulations

Cours n°5 à 9 : Lubrification (10 h)

Chapitre 6 : Principes et formalisation de la lubrification

- 4.1 Enjeux et historique de la lubrification
- 4.2 Les régimes de lubrification
- 4.3 La viscosité et les mécanismes d'écoulement
- 4.4 Annexe : Formalisme mathématique de la lubrification

Chapitre 7 : Les lubrifiants et leurs propriétés

- 5.1 Histoire et fonctions des lubrifiants
- 5.2 Catégories et caractéristiques des lubrifiants
- 5.3 Additifs pour lubrifiants et leurs rôles

Lessons 1 to 4: Wear (8 h)

Chapter 1: Friction mechanics (in-depth)

- 2.1 Action of friction forces
- 2.2 Static and dynamic contact mechanics
- 2.3 Thermal friction

Chapter 2: Physical bases of friction and wear (in-depth)

- 1.1 First approaches to friction
- 1.2 Real surface of an industrial material
- 1.3 Two-body tribology
- 1.4 The concept of the third body
- 1.5 Conceptual tools and structuring

Chapter 3: Wear mechanisms

- 1.1 The different manifestations of wear

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

- 1.2 Surface damage mechanisms
- 1.3 Elementary material removal mechanisms
- 1.4 Wear processes

Chapter 4: Approach and influencing parameters

- 2.1 Functional analysis of a contact
- 2.2 Practical design rules
- 2.3 Rules for selecting contact materials

Chapter 5: Expertise and case studies

- 3.1 Tribological expertise approach
- 3.2 Case studies of tribological damage
- 3.3 Tribometry: tests and simulations

Lessons 5 to 9: Lubrication (10 h)

Chapter 6: Principles and formalization of lubrication

- 4.1 Issues and history of lubrication
- 4.2 Lubrication regimes
- 4.3 Viscosity and flow mechanisms
- 4.4 Appendix: Mathematical formalism of lubrication

Chapter 7: Lubricants and their properties

- 5.1 History and functions of lubricants
- 5.2 Lubricant categories and characteristics
- 5.3 Lubricant additives and their roles

Apprentissage actif et contextualisé

- Études de cas académiques basées sur l'analyse de publications scientifiques issues de bases de données académiques.
- Approche par problème où les étudiants doivent résoudre des problématiques spécifiques posées dans le domaine de la tribologie.

Pédagogie par l'expérimentation

- Utilisation d'outils numériques simples pour réaliser des calculs de mécanique du contact et de thermique du contact.
- Mise en place de travaux dirigés axés sur la résolution numérique de problèmes tribologiques.

Usage de supports numériques et interactifs

- Les étudiants devront réaliser des présentations pour exposer les résultats obtenus lors de leurs travaux dirigés ou des apprentissages par problème.

Approche collaborative et immersive

- Travail en équipe sur des projets tribologiques.
- Jeux de rôle où les étudiants endossent le rôle d'experts et doivent analyser une avarie industrielle.
- Interventions d'experts académiques ou industriels pour partager leur expérience, leurs cas concrets et leurs recherches.

Communication et restitution scientifique

- Présentations orales des résultats obtenus.
- Évaluation via questionnaires à choix multiples (QCM) et questionnaires à réponse courte.
- Mini-séminaires où les étudiants exposent leurs travaux devant les enseignants, et possibilité d'inviter des enseignants académiques pour présenter leurs recherches.

Active, contextualized learning

- *Academic case studies based on analysis of scientific publications from academic databases.*
- *Problem-based approach where students have to solve specific problems posed in the field of tribology.*

Experiment-based teaching

- *Use of simple numerical tools to perform contact mechanics and contact thermics calculations.*
- *Introduction of tutorials focusing on the numerical resolution of tribological problems.*

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Use of digital and interactive media

- Students will be required to give presentations on the results obtained from their tutorials or problem-based learning.

Collaborative and immersive approach

- Teamwork on tribological projects.
- Role-playing games where students take on the role of experts and have to analyze an industrial incident.
- Academic and industrial experts share their experience, case studies and research.

Communication and scientific feedback

- Oral presentations of the results obtained.
- Evaluation via multiple-choice and short-answer questionnaires.
- Mini seminars where students present their work to the teaching staff, and the possibility of inviting academic staff to present their research.

Prérequis pour l'EC

Prérequis

L'enseignement de Science Friction s'appuie sur des connaissances préalables en mécanique des solides, thermodynamique et science des matériaux. Les étudiants doivent avoir suivi certains enseignements fondamentaux avant d'aborder ce cours.

- Mécanique des solides : notions de résistance des matériaux, contraintes et déformations.
- Thermodynamique des matériaux : compréhension des transferts thermiques et des changements d'état, application aux contacts mécaniques.
- Science des matériaux : propriétés des matériaux céramique, métalliques et polymères, influence des traitements de surface.

The Science Fiction course requires prior knowledge of solid mechanics, thermodynamics and materials science. Students are required to have taken certain fundamental courses before taking this course.

- *Solid mechanics: notions of strength of materials, stresses and strains.*
- *Thermodynamics of materials: understanding heat transfer and changes of state, application to mechanical contacts.*
- *Materials science: properties of ceramic, metallic and polymeric materials, influence of surface treatments.*

Travail personnel hors présentiel

Volume horaire

27 Heures

Type de travail

Le travail personnel demandé aux étudiants vise à approfondir les concepts abordés en cours et à les préparer aux évaluations et projets. Il se décline en plusieurs types d'activités :

Révision et appropriation des notions

- Lecture des supports de cours et des articles scientifiques utilisés pour les études de cas.
- Recherche documentaire dans les bases de données académiques pour approfondir certaines thématiques.
- Réalisation de synthèses personnelles sur les mécanismes tribologiques, l'usure et la lubrification.

Exercices d'application et analyse de données

- Résolution d'exercices supplémentaires sur la mécanique du contact et la thermique du frottement.
- Utilisation d'outils numériques pour réaliser des simulations simples et interpréter

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

les résultats.

- Analyse critique de résultats expérimentaux issus d'études de cas industriels ou académiques.

Rédaction de rapports bibliographiques

- Recherche et analyse d'articles scientifiques en tribologie issus de bases de données académiques.
- Production de synthèses bibliographiques sur des sujets spécifiques liés à la tribologie (usure, frottement, lubrification, expertise tribologique).
- Rédaction de rapports de synthèse mettant en perspective les différentes approches et résultats issus de la littérature scientifique.

Préparation et restitution orale

- Préparation de présentations pour exposer les résultats des travaux dirigés et des apprentissages par problème.
- Préparation de soutenances dans le cadre des mini-séminaires, où les étudiants défendent leurs conclusions devant les enseignants et leurs pairs.
- Jeux de rôle : préparation d'arguments pour justifier une expertise tribologique lors d'une simulation d'analyse d'avarie.

The personal work required of students is designed to deepen the concepts covered in class and prepare them for assessments and projects. It takes the form of several types of activities:

Revision and appropriation of concepts

- *Reading of course materials and scientific articles used for case studies.*
- *Documentary research in academic databases to explore certain themes in greater depth.*
- *Personal summaries on tribological mechanisms, wear and lubrication.*

Application exercises and data analysis

- *Solve additional exercises on contact mechanics and friction thermics.*
- *Use of numerical tools to carry out simple simulations and interpret results.*
- *Critical analysis of experimental results from industrial or academic case studies.*

Writing of bibliographic reports

- *Research and analysis of scientific articles on tribology from academic databases.*
- *Production of bibliographical summaries on specific subjects related to tribology (wear, friction, lubrication, tribological expertise).*
- *Drafting of summary reports putting into perspective the various approaches and results obtained from the scientific literature.*

Preparation and oral presentation

- *Preparation of presentations on the results of tutorials and problem-based learning.*
- *Preparation of presentations as part of mini-seminars, where students defend their findings in front of teachers and peers.*
- *Role-playing: preparing arguments to justify tribological expertise during a simulated damage analysis.*

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Ressources bibliographiques

1. Zambelli G., Vincent L. – Matériaux et contacts : une approche tribologique, PPUR, 1998.
2. Georges J.-M. – Frottement, usure et lubrification : la tribologie ou science des surfaces, Eyrolles, 2000.
3. Bhushan B. – Principles and Applications of Tribology, Wiley, 1999.
4. Stachowiak G.W., Batchelor A.W. – Engineering Tribology, Butterworth-Heinemann, 2001.
5. Denis J. et coll. – Physico-chimie des lubrifiants, analyses et essais, Technip, 2003.
6. Godet M. – Third-body approach: A mechanical view of wear, Wear, 1984.
7. Berthier Y. – The tribological triplet: A system approach to tribology, Tribology International, 1996.
8. Hutchings I.M. – Tribology: Friction and wear of engineering materials, Tribology International, 1992.
9. Lancaster J.K. – A review of the influence of environmental humidity and water on friction, lubrication and wear, Tribology International, 1990.
10. Bowden F.P., Tabor D. – The friction and lubrication of solids, Oxford University Press, 1950.

Bases de données académiques à consulter pour les études de cas

- ScienceDirect (Elsevier) : articles de recherche en tribologie et science des matériaux.
- SpringerLink : publications sur la tribologie appliquée aux systèmes mécaniques.
- HAL Archives ouvertes : articles en accès libre sur la tribologie et les surfaces.
- Google Scholar : recherche d'articles académiques et thèses en tribologie.

Documents et ressources complémentaires

- Supports de cours fournis aux étudiants.
- Données expérimentales issues des travaux pratiques et des publications référencées.
- Rapports d'expertise et études de cas partagés en classe.

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

<i>Code EC</i>	IGENI-EC0973MP
<i>Code UE</i>	IGENI-UE0907MP
<i>Coefficient interne à l'EC</i>	1,6
<i>Coordinateur ENIT de l'EC</i>	Joel ALEXIS

Présentation de l'EC

<i>Nom de l'EC</i>	Endommagement et rupture des matériaux
<i>Nom(s) du/des enseignant(s)</i>	Joel ALEXIS, Loic LACROIX, Pierre-Nicolas PARENT

<i>Volume Horaire/Format</i>	<i>Format</i>	<i>Heures</i>
	<i>CM</i>	14 H
	<i>TD</i>	2 H
	<i>TP</i>	6 H
	<i>Projet encadré</i>	H
	<i>Projet en autonomie</i>	H
	<i>Total</i>	<i>22 heures</i>

Acquis d'apprentissage visés

<i>Compétence(s)</i>	<p>A l'issue de l'EC, les étudiants seront capables dans leur futur métier de :</p> <ul style="list-style-type: none"> concevoir des pièces en tenant compte des principaux modes d'endommagement qui peuvent apparaître lors de leur élaboration et de leur utilisation. de réaliser l'expertise des pièces métalliques en cas d'avarie en mettant en place une méthodologie d'analyses appropriée. connaître les mécanismes fondamentaux de la corrosion (chimique et électrochimique), de comprendre les principes thermodynamiques et cinétiques qui régissent le phénomène, et d'avoir des notions sur les différents types de corrosion et les facteurs qui les influencent. savoir-faire l'interprétation de diagrammes de Pourbaix et de courbes de polarisation, de réaliser des mesures de vitesse de corrosion, et d'effectuer le choix et la mise en œuvre de méthodes de protection contre la corrosion (protections cathodique et anodique, revêtements, inhibiteurs, etc.).
	<p>At the end of the course, students will be able to:</p> <ul style="list-style-type: none"> design parts taking into account the main damage modes that can occur during their development and use. assess metal parts in the event of damage, using appropriate analysis methods. understand the thermodynamic and kinetic principles that govern the phenomenon of corrosion, and have an understanding of the different types of corrosion and the factors that influence them. know how to interpret Pourbaix diagrams and polarization curves, be able to carry out measurements of corrosion rate, and be able to choose and implement methods of corrosion protection (cathodic and anodic protection, coatings, inhibitors, etc.).

Modalités d'évaluation

<i>Formule d'évaluation</i>	(1*DS1)/1
-----------------------------	-----------

Langue d'enseignement

<i>Langue</i>	Français/French
---------------	-----------------

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Objectifs de la formation visés

Objectifs généraux

- Connaître les endommagements qui peuvent apparaître durant le cycle de vie du produit métallique (de son élaboration à son utilisation)
 - Connaître les principaux mécanismes d'endommagement et de rupture (fragile, ductile, calculs de criticité de défauts, endommagement des matériaux soumis à la fatigue, au fluage, à la corrosion...).
 - Savoir mettre en œuvre une méthodologie et des techniques d'analyses pour l'analyse d'avaries.
 - être conscients de l'impact économique, environnemental et sécuritaire de la corrosion dans divers domaines de l'ingénierie, et à avoir conscience de la nécessité d'intégrer les aspects de prévention de la corrosion dès la conception des ouvrages et des systèmes.
- Understand the damage that can occur during the lifecycle of a metal product (from production to use).
 - Understand the main damage and fracture mechanisms (brittle, ductile, defect criticality calculations, damage to materials subjected to fatigue, creep, corrosion, etc.).
 - Know how to implement a methodology and analysis techniques for damage analysis.
 - Be aware of the economic, environmental, and safety impact of corrosion in various engineering fields, and be conscious of the necessity to integrate corrosion prevention aspects from the design stage of structures and systems.

Contenus

Cours n°1 : 2 heures Chapitre 1 : Introduction & contexte : l'impact socio-économique de l'endommagement des pièces métalliques dans l'industrie
Cours n°2 : 2 heures Chapitre 2 : Mécanismes à l'origine des endommagements
Cours n°3 : 2 heures Chapitre 3 : Modes d'endommagement
Cours n°4 : 2 heures Chapitre 4 : Méthodologie d'expertises des avaries
Cours n°5, 2 heures Chapitre 5 : Tendances à la corrosion et cinétique de corrosion Nature électrochimique, thermodynamique électrochimique, diagramme de Pourbaix, Polarisation, mesure de vitesse de corrosion
Cours n°6 : 2 heures Chapitre 6 : Passivité, corrosion localisée et lutte contre la corrosion Courbes de polarisation des métaux passivables, effet de la polarisation cathodique, théorie de la passivité, corrosion pas piqûre, caverneuse, intergranulaire, protections cathodiques et anodiques
Cours n°7, 2 heures Chapitre 7 : Études de cas Cas des alliages d'aluminium et de pièces soudées
Cours n°8, 2 heures (TD) Exercices d'application
Course n°1 : 2 hours Chapter 1: Introduction & background: the socio-economic impact of damage to metal parts in industry

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

	<p>Course n°2: 2 hours Chapter 2: Mechanisms behind damage Lesson 3: 2 hours Chapter 3: Damage modes Lesson 4: 2 hours Chapter 4: Damage assessment methodology</p> <p>Course n°5 : 2 hours Chapter 5: Tendency to Corrosion and Corrosion Kinetics Electrochemical Nature, Electrochemical Thermodynamics, Pourbaix Diagram, Polarization, Measurement of Corrosion Rate</p> <p>Course n°6: 2 hours Chapter 6: Passivity, Localized Corrosion and Corrosion Control Pitting Corrosion, Crevice Corrosion, Intergranular Corrosion, Corrosion and Design, Cathodic and Anodic Protection Polarization Curves of Passivating Metals, Effect of Cathodic Polarization, Theory of Passivity, Optimization of Passivity</p> <p>Course n°7: 2 hours Chapter 7: Case studies of aluminum alloys and welded parts</p> <p>Course n°8: 2 hours (Problem-solving session) Application Exercises</p>
--	---

Méthodes et/ou moyens pédagogiques

Cet enseignement est réalisé sous la forme de cours, travaux dirigés et travaux pratiques. Au cours des travaux pratiques les étudiants travaillent sur des études de cas et analysent des pièces réelles en mettant en œuvre les moyens de la plateforme de recherche (CRC CIMMES). Ils ont accès notamment aux moyens de microscopie optique et de microscopie électronique à balayage.

The course comprises lectures, tutorials and practical work. During practical work, students work on case studies and analyze real parts, using the resources of the CRC CIMMES research platform. In particular, they have access to optical microscopy and scanning electron microscopy facilities.

Prérequis pour l'EC

Prérequis	<ul style="list-style-type: none"> • Chimie • Initiation aux matériaux • Science des matériaux • Relations structure & Propriétés mécaniques 1 • Relations structure & Propriétés mécaniques 2
------------------	---

Travail personnel hors présentiel

Volume horaire	7 Heures
Type de travail	Révision, rédaction des rapports et préparation de soutenance des résultats obtenus sur les études de cas étudiées en TP Reviewing, writing reports and preparing presentations on the results obtained from case studies studied in practical work.

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Ressources bibliographiques

- La corrosion des métaux, B. Baroux, L'usine nouvelle, Dunod, 2014
- Prévention et lutte contre la corrosion – Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, 2004

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Code EC	IGENI-EC0974MP
Code UE	IGENI-UE0907MP
Coefficient interne à l'EC	1,7

Coordinateur ENIT de l'EC	Olivier DALVERNY
---------------------------	------------------

Présentation de l'EC

Nom de l'EC	Durabilité des multimatériaux
Nom(s) du/des enseignant(s)	Olivier DALVERNY, Christian GARNIER

Volume Horaire/Format	Format	Heures
	CM	10 H
	TD	4 H
	TP	10 H
	Projet encadré	H
	Projet en autonomie	H
	Total	24 heures

Acquis d'apprentissage visés

Compétence(s)	<p>Cet enseignement porte sur la durabilité des multi-matériaux, en abordant d'une part les problématiques liées à la mécanique de la rupture, et d'autre part la mécanique de l'endommagement, notamment sous l'angle de la fatigue des matériaux composites.</p> <p>A l'issue de cet enseignement, l'étudiant dans un contexte de travail en bureau d'étude ou en département d'essais mécanique et matériaux, sera capable d'identifier et d'analyser les processus d'endommagement des matériaux et des structures composites. Il sera aussi capable de comprendre et d'analyser le comportement mécanique de pièces ou de structures en présence de fissures microscopiques et macroscopiques.</p> <p><i>This course focuses on the durability of multi-materials, addressing issues related to fracture mechanics on the one hand, and damage mechanics on the other, particularly from the point of view of fatigue in composite materials. Upon completion of this course, students will be able to identify and analyse damage processes in composite materials and structures, working in a design office or mechanical and materials testing department. They will also be able to understand and analyse the mechanical behaviour of parts and structures in the presence of microscopic and macroscopic cracks.</i></p>
---------------	--

Modalités d'évaluation

Formule d'évaluation	$(1,2*DS1+0,8*TP1)/2$
----------------------	-----------------------

Langue d'enseignement

Langue	Français/French
--------	-----------------

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Objectifs de la formation visés

Objectifs généraux

L'objectif de ce cours est double : d'une part donner à l'étudiant les outils de base d'analyse de la mécanique de la rupture et d'autre part d'analyser le comportement en endommagement mécanique des matériaux et structures.

Pour la mécanique de l'endommagement.

Les étudiants doivent connaître les différents mécanismes d'endommagement et savoir comment les mesurer expérimentalement. Ils doivent aussi connaître leurs conséquences et savoir mener une démarche couplée microscopique-macroscopique afin de dimensionner des structures composites sous sollicitations cycliques.

Pour la mécanique de la rupture :

Dans le cadre de la mécanique linéaire de la rupture, les étudiants doivent connaître les principaux résultats issus de l'analyse des contraintes au voisinage d'une fissure. Ils doivent maîtriser les notions de facteur d'intensité de contrainte et de taux de restitution d'énergie. Ils connaissent les règles élémentaires de dimensionnement des pièces fissurées découlant des notions précédentes. Ils connaissent la mise en œuvre d'un essai de caractérisation de la ténacité des matériaux.

The goal of this course is twofold: to provide the student with the basic tools for fracture mechanics analysis and to analyse the mechanical damage behaviour of materials and structures.

For damage mechanics.

Students need to know the different damage mechanisms and how to measure them experimentally. They should also be familiar with the consequences of damage and learn how to use a coupled microscopic-macroscopic approach to design composite structures under cyclic loading.

For fracture mechanics:

In the context of linear fracture mechanics, students should be familiar with the main stress analysis results in the vicinity of a crack. They should be familiar with the concepts of stress intensity factor and energy restitution rate. Know the basic rules for dimensioning cracked parts based on the above concepts. Know how to perform a toughness characterisation test.

Contenus

Cours 1 : Mécanique de la rupture (cours 6 h, TD 4 h)

Analyse des fissures en élasticité linéaire bidimensionnelle

Champs de contraintes et de déplacements

Notion de Facteur d'intensité des contraintes

Notion de ténacité

Analyse plastique au voisinage d'une fissure

Approche d'Irwin

Correction de zone plastique et facteur d'intensité de contrainte effectif

Détermination expérimentale de la ténacité

Méthodes énergétiques

Taux de restitution d'énergie (G)

Intégrales de contours (J)

Propagation de fissures

Critères de bifurcation et lois de propagation de fissures

Cours 2 : Endommagement des matériaux composites (cours 4 h, TP 10 h)

Processus de détérioration : phénomènes microscopiques et manifestations macroscopiques mécanique (dégradation des propriétés, anisotropie induite, effet unilatéral)

Mécanique de l'endommagement : objectifs, échelle d'étude, principes généraux

Description de l'endommagement : approches microscopiques (comptage, fonction de densité de défauts) et macroscopique (propriétés physiques, propriétés mécaniques, notion de contrainte effective)

TP 1 : Création de protocoles expérimentaux basés sur les publications scientifiques et normes associées pour mettre en œuvre une démarche de dimensionnement de structures composites sous sollicitations cycliques mécaniques (traction, auto-échauffement, fatigue)

TP2 : Prise en main et mise en œuvre des protocoles expérimentaux afin de définir le comportement mécanique statique du matériau composite et déterminer ses propriétés élastiques.

Définition d'un cycle en fatigue et obtention des variables observables (Force, déplacement, température,

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

nombre de cycles)

TP3 : Post-traitement et analyse des variables observables obtenues afin de déterminer le comportement en fatigue de la structure composite sollicitée. Mise en avant de l'évolution des propriétés élastiques en fonction du temps et évolution des variables d'endommagement.

Course 1: Fracture mechanics (lecture 6 h, tutorial 4 h)

Analysis of cracks in two-dimensional linear elasticity

Stress and displacement fields

Notion of stress intensity factor

Notion of toughness

Plastic analysis in the vicinity of a crack

Irwin's approach

Plastic zone correction and effective stress intensity factor

Experimental determination of toughness

Energy methods

Energy restitution rate (G)

Contour integrals (J)

Crack propagation

Bifurcation criteria and crack propagation laws

Course 2: Damage to composite materials (lecture 4 h, practical 10 h)

Damage processes: microscopic phenomena and macroscopic mechanical manifestations (property degradation, induced anisotropy, unilateral effect)

Damage mechanics: objectives, scale of study, general principles

Description of damage: microscopic (counting, defect density function) and macroscopic (physical properties, mechanical properties, notion of effective stress) approaches.

Lab 1: Development of experimental protocols based on scientific publications and associated standards to implement an approach for the design of composite structures under cyclic mechanical loading (tension, self-heating, fatigue).

Lab 2: Familiarization with and implementation of the experimental protocols to define the static mechanical behavior of the composite material and determine its elastic properties.

Definition of a fatigue cycle and acquisition of observable variables (force, displacement, temperature, number of cycles).

Lab 3: Post-processing and analysis of the obtained observable variables to determine the fatigue behavior of the stressed composite structure.

Highlighting the evolution of elastic properties over time and the progression of damage variables.

Méthodes et/ou moyens pédagogiques

Pour le cours 1 :

Les étudiants disposent d'un fascicule de cours d'une quarantaine de pages qui présente une synthèse des notions traitées. Les trois séances de cours sont données en amphi. Un support de type powerpoint complète le fascicule cours. Il est disponible sur moodle. Un cahier de TD sert de support aux deux séances de travaux dirigés. Les exercices sont à préparer avant la séance de TD

Pour le cours 2 :

L'EC se déroule selon une approche mixte (cours magistral et apprentissage actif) selon un cheminement de type Cours, TP :

- Cours (C) : Présentation dispensée en amphithéâtre afin d'acquérir les bases de la mécanique de l'endommagement.
- Travaux Pratiques (TP) : TP semi-inversé du « TP dont vous êtes le héros ». Tous les protocoles expérimentaux sont définis par les étudiants en se basant sur des normes et des publications scientifiques. Ces protocoles sont ensuite utilisés en séance par les étudiants. Les TP permettent une approche globale allant de la définition des protocoles, aux port-traitement des données tout en faisant la production et l'enregistrement de ces dernières.

Ressources et outils :

- Supports de cours : Des documents ressources pour le cours et les TP sont à disposition sur la plateforme Moodle, qui sert aussi déjà à la remise des travaux
- Ressources documentaires : normes et 5 publications scientifiques pré-sélectionnées
- Moyens expérimentaux : machine d'essai statique uniaxiale, machine de fatigue servo-hydraulique,

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

caméra infrarouge

For Course 1:

Students are provided with a course booklet of about forty pages, which summarizes the topics covered. The three lecture sessions are delivered in a lecture hall. A PowerPoint presentation complements the course booklet and is available on Moodle. A tutorial booklet is used as support for the two tutorial sessions. Exercises must be prepared before attending the tutorial sessions.

For Course 2:

The course is conducted using a mixed approach (lectures and active learning) following a sequence of Lectures and Practical Work:

- **Lecture (C):** Delivered in a lecture hall to cover the basics of damage mechanics.
- **Practical Work (TP):** Semi-inverted practical sessions under the concept of "The Lab Where You Are the Hero." All experimental protocols are defined by students based on standards and scientific publications. These protocols are then implemented during the practical sessions by the students. The practical sessions adopt a comprehensive approach, from defining protocols to post-processing data, including data production and recording.

Resources and Tools:

- **Course materials:** Resource documents for lectures and practical work are available on the Moodle platform, which is also used for submitting assignments.
- **Documentary resources:** Standards and five pre-selected scientific publications.
- **Experimental equipment:** Uniaxial static testing machine, servo-hydraulic fatigue testing machine, and infrared camera.

Prérequis pour l'EC

Prérequis

Cours de résistance des matériaux et de mécanique des solides S5
Cours de durabilité des matériaux (IGENI-EC0923)

Strength of materials and solid mechanics course S5
Durability of materials course (IGENI-EC0923)

Travail personnel hors présentiel

Volume horaire

10 Heures

Type de travail

Relecture régulière du cours.
Lecture de documents ressources supplémentaires pour approfondissement des connaissances
Visualisation de vidéos recommandées en séance.
Préparation des TD.
Rédaction des comptes rendus des TP
Révision de l'examen.

Regularly review the course.
Reading additional resources to deepen knowledge.
Watch the videos recommended in the course.
Preparing practical exercises.
Writing practical reports.
Reviewing exams.

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Ressources bibliographiques

- [1] Rupture par fissuration des structures, N. Recho, Ed. Hermès, 1995.
- [2] Elementary engineering fracture mechanics, D. Broek, Kluwer Academic Publishers, 1996.
- [3] Mécanique de la rupture fragile et ductile, J. -B. Leblond, Ed. Hermès, 2003.
- [4] Mécanique des matériaux solides - J. Lemaitre, J.-L. Chaboche - Ed. Dunod, 1988.
- [5] Comportement mécanique des matériaux - D. François, A. Pineau et A. Zaoui - Ed. Hermès, 1983.
- [6] Délaminage de Matériaux Composites à fibres de carbone et à matrices organiques : étude numérique et expérimentale, suivi par émission acoustique – F. Lachaud - Thèse de doctorat - Université Paul Sabatier Toulouse, 1997
- [7] Phénoménologie, modélisation et évaluation de l'endommagement anisotrope – S. Baste – Rapport interne LMP Bordeaux I.
- [8] La mécanique de l'endommagement et son application aux prévisions de durée de vie des structures – J.-L. Chaboche – La recherche aérospatiale, n°4, 1987.
- [9] Physique et mécanique de l'endommagement – F. Montheillet & F. Moussy – Les éditions de physique, 1986.
- [10] Propriétés et comportements des matériaux – A. Cornet & F. Hlawka – Ellipses, 2003.
- [11] Comportement mécanique des matériaux – Viscoplasticité, endommagement, mécanique de la rupture, mécanique du contact – D. François, A. Pineau, A. Zaoui – Hermès, 1993.
- [12] Mécanique de la rupture fragile et ductile – J.-B. Leblond – Hermès, 2003.
- [13] Etude expérimentale des couplages viscoélasticité – croissance des fissures dans les bétons de ciment – E. Denarié – Thèse de Doctorat – Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, 2000.
- [14] Comportement mécanique et rupture dans les roches argileuses par tomographie à rayons X – N. Lenoir – Thèse de doctorat - Université Joseph-Fourier de Grenoble, 2006.
- [15] Evaluation de l'endommagement et de la rupture de matériaux hétérogènes par ultrasons et émission acoustique : estimation de la durée de vie – H. NECHAD - Thèse de doctorat – INSA Lyon, 2004.

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Code EC	IGENI-EC0975MP
Code UE	IGENI-UE0907MP
Coefficient interne à l'EC	0,8

Coordinateur ENIT de l'EC	Joel ALEXIS
---------------------------	-------------

Présentation de l'EC

Nom de l'EC	Matériaux métalliques avancés
Nom(s) du/des enseignant(s)	Joel ALEXIS, Yannick BALCAEN, Philippe BELAYGUE

Volume Horaire/Format	Format	Heures
	CM	12 H
	TD	H
	TP	H
	Projet encadré	H
	Projet en autonomie	H
	Total	12 heures

Acquis d'apprentissage visés

Compétence(s)	<p>À l'issue de cet enseignement, les étudiants seront capables de restituer de manière synthétique, à l'écrit comme à l'oral, les résultats de recherches présentés lors de séminaires scientifiques, et de conduire des recherches bibliographiques complémentaires en respectant les principes de rigueur scientifique et les règles éthiques.</p> <p><i>At the end of this course, students will be able to summarise, both orally and in writing, the results of research presented at scientific seminars, and to conduct additional bibliographical research in accordance with the principles of scientific rigour and ethical rules.</i></p>
---------------	---

Modalités d'évaluation

Formule d'évaluation	(1*CC1)/1
----------------------	-----------

Langue d'enseignement

Langue	Français/French
--------	-----------------

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Objectifs de la formation visés

Objectifs généraux	<p>Être capable de réaliser une analyse critique des travaux de recherche présentés par des experts, en identifiant les enjeux, les méthodes et les résultats. Savoir rechercher, sélectionner et exploiter des sources bibliographiques pertinentes et de qualité, en lien avec une thématique scientifique donnée. Avoir conscience des règles éthiques fondamentales dans la conduite de la recherche et dans l'usage des sources scientifiques. Être capable de structurer et présenter de manière claire et rigoureuse des informations scientifiques à différents publics.</p> <p><i>Be able to carry out a critical analysis of research work presented by experts, identifying the issues, methods and results.</i> <i>Know how to search for, select and use relevant, high-quality bibliographical sources relating to a given scientific topic.</i> <i>Be aware of the fundamental ethical rules governing the conduct of research and the use of scientific sources.</i> <i>Be able to structure and present scientific information clearly and rigorously to different audiences.</i></p>
Contenus	<p>Cours n°1 (2 heures) : Séminaire sur les procédés de fabrication additive Cours n°2 (2 heures) : Séminaire sur les alliages de titane dans l'aéronautique Cours n°3 (2 heures) : Séminaire sur les superalliages base nickel pour l'aéronautique Cours n°4 (2 heures) : Séminaire sur les alliages à mémoire de forme Cours n°5 (2 heures) : Séminaire sur les procédés de traitement de chromage à partir de chrome trivalent Cours n°6 (2 heures) : Selon les modalités d'une séance de cours inversé, les étudiants présentent de manière succincte un des thèmes qui leur ont été proposés dans les précédents séminaires</p> <p><i>Course 1 (2 hours): Seminar on additive manufacturing processes</i> <i>Course 2 (2 hours): Seminar on titanium alloys in aeronautics</i> <i>Course 3 (2 hours): Seminar on nickel-based superalloys for aerospace applications</i> <i>Course 4 (2 hours): Seminar on shape memory alloys</i> <i>Course 5 (2 hours): Seminar on chromium plating processes using trivalent chromium</i> <i>Course 6 (2 hours): In the form of a reversed lecture session, students give a brief presentation on one of the themes proposed to them in the previous seminars.</i></p>
Méthodes et/ou moyens pédagogiques	<p>Les séminaires sont réalisés par des enseignants-chercheurs et des acteurs du monde socio-économiques, experts dans le domaine de recherche</p> <p><i>Seminars are run by teacher-researchers and socio-economic players who are experts in their field of research.</i></p>

Prérequis pour l'EC

Prérequis	<p>EC de l'option Génie des Matériaux Structures et Procédés <i>EC in the Materials, Structures and Processes Engineering option</i></p>
------------------	--

Travail personnel hors présentiel

Volume horaire	<p>4 Heures</p>
Type de travail	<p>Rédaction d'un rapport bibliographique sur une des thématiques et préparation de la soutenance</p>

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Ressources bibliographiques

/

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Code EC	IGENI-EC0976MP
Code UE	IGENI-UE0907MP
Coefficient interne à l'EC	0,7

Coordinateur ENIT de l'EC	Malik YAHIAOUI
---------------------------	----------------

Présentation de l'EC

Nom de l'EC	Choix matériaux et procédés (8h projet tuteuré)
Nom(s) du/des enseignant(s)	Loïc LACROIX, Morgane MOKHTARI, Mohamed ABID, Xavier DAREIGNEZ, Bouchra HASSOUNE-RHABBOUR, France CHABERT, Aynur GULIYEVA

Volume Horaire/Format	Format	Heures
	CM	2 H
	TD	H
	TP	H
	Projet encadré	1 H
	Projet en autonomie	7 H
	Total	10 heures

Acquis d'apprentissage visés

Compétence(s)	<p>À l'issue de cet enseignement, les étudiants seront capables, dans le cadre de métiers liés à la conception et au développement de produits industriels, de sélectionner et d'intégrer de manière optimale les matériaux et les procédés de fabrication en tenant compte des exigences techniques, environnementales et économiques. Ils pourront notamment :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Concevoir des stratégies de sélection des matériaux et procédés en élaborant des méthodologies adaptées qui prennent en compte les propriétés des matériaux, les contraintes de conception, et les critères de performance définis pour un produit donné. • Appliquer la méthode d'Ashby et d'autres outils structurés pour analyser, comparer et justifier de manière objective le choix des matériaux et procédés. • Rédiger un cahier des charges complet détaillant les exigences fonctionnelles, techniques, environnementales et économiques nécessaires pour répondre aux besoins d'un projet. • Analyser les propriétés des matériaux et leurs performances (métaux, céramiques, polymères, composites) en fonction de leurs structures et des contraintes d'application. • Intégrer des contraintes de conception (durabilité, ergonomie, coûts, impact environnemental) pour proposer des solutions pertinentes. • Exploiter des outils numériques spécialisés, tels que le logiciel CES EduPack, pour réaliser des comparaisons précises et guider le choix des matériaux et procédés. • Réaliser une étude de cas complète en appliquant les concepts étudiés à des situations concrètes, puis synthétiser et présenter les résultats de manière claire et argumentée. <p>Cette compétence globale permettra aux étudiants d'assumer des responsabilités dans des secteurs industriels variés (automobile, aéronautique, énergie, etc.), où le choix judicieux des matériaux et procédés est essentiel à la réussite des projets.</p>
---------------	---

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

At the end of this course, students will be able, in the context of professions related to the design and development of industrial products, to optimally select and integrate materials and manufacturing processes, taking into account technical, environmental and economic requirements. In particular, they will be able to:

- Design strategies for selecting materials and processes by developing appropriate methodologies that take into account the properties of materials, design constraints and performance criteria defined for a given product.
- Apply the Ashby method and other structured tools to objectively analyze, compare and justify the choice of materials and processes.
- Write a complete specification detailing the functional, technical, environmental and economic requirements necessary to meet the needs of a project.
- Analyze the properties of materials and their performance (metals, ceramics, polymers, composites) according to their structures and application constraints.
- Integrate design constraints (sustainability, ergonomics, costs, environmental impact) to propose relevant solutions.
- Use specialized digital tools, such as CES EduPack software, to make precise comparisons and guide the choice of materials and processes.
- Carry out a complete case study by applying the concepts studied to concrete situations, then synthesize and present the results in a clear and reasoned manner.

This global skill will allow students to assume responsibilities in various industrial sectors (automotive, aeronautics, energy, etc.), where the judicious choice of materials and processes is essential to the success of projects.

Modalités d'évaluation

Formule d'évaluation

(1*PJ1)/1

Langue d'enseignement

Langue

Anglais/English

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Objectifs de la formation visés

Objectifs généraux

- Maîtrise de la sélection des matériaux et des procédés associés :**
Former les étudiants à concevoir et mettre en œuvre des stratégies efficaces de sélection de matériaux en utilisant des méthodologies reconnues, telles que la méthode d'Ashby, adaptées aux contraintes de conception d'un produit.
- Développement de compétences en analyse technique :**
Permettre aux étudiants de comprendre et d'évaluer les propriétés physiques, chimiques, et mécaniques des matériaux, ainsi que les caractéristiques des procédés de fabrication, dans une démarche scientifique et ingénierie.
- Acquisition d'une méthodologie de conception :**
Initier les étudiants à la rédaction d'un cahier des charges structuré, incluant des critères de performance, des contraintes environnementales, et des considérations de faisabilité technique.
- Utilisation d'outils numériques spécialisés :**
Familiariser les étudiants avec des bases de données performantes, telles que CES EduPack, afin de leur permettre de comparer et de sélectionner des matériaux et procédés de manière rigoureuse et objective.
- Approche de projet appliquée :**
Impliquer les étudiants dans des projets pratiques où ils définissent une problématique, appliquent des méthodes de sélection, et proposent des solutions innovantes, tout en prenant en compte les réalités industrielles et environnementales.
- Renforcement des compétences en communication technique :**
Former les étudiants à présenter des résultats d'analyse et de conception sous forme de rapports écrits et d'exposés oraux, adaptés à un public technique ou non technique.
- Préparation à des environnements industriels complexes :**
Donner aux étudiants les outils nécessaires pour naviguer dans un environnement professionnel où la diversité des matériaux et des procédés rend la prise de décision complexe, en tenant compte des contraintes économiques et de durabilité.

- Mastery of the selection of materials and associated processes: Train students to design and implement effective strategies for selecting materials using recognized methodologies, such as the Ashby method, adapted to the design constraints of a product.*
- Development of skills in technical analysis: Allow students to understand and evaluate the physical, chemical, and mechanical properties of materials, as well as the characteristics of manufacturing processes, in a scientific and engineering approach.*
- Acquisition of a design methodology: Introduce students to the writing of structured specifications, including performance criteria, environmental constraints, and technical feasibility considerations.*
- Use of specialized digital tools: Familiarize students with powerful databases, such as CES EduPack, to enable them to compare and select materials and processes in a rigorous and objective manner.*
- Applied Project Approach: Involve students in practical projects where they define a problem, apply selection methods, and propose innovative solutions, while taking into account industrial and environmental realities.*
- Strengthening Technical Communication Skills: Train students to present analysis and design results in the form of written reports and oral presentations, adapted to a technical or non-technical audience.*
- Preparation for Complex Industrial Environments: Give students the tools to navigate in a professional environment where the diversity of materials and processes makes decision-making complex, taking into account economic and sustainability constraints.*

Contenus

Cours n°1 : 2h

Introduction au projet choix des matériaux
Familiarisation avec le logiciel CES Edupack

Projet en autonomie sur le semestre

Evaluations par les tuteurs :

Réunion n°1 : Présentation du cahier des charges et planning
Réunion n°2 : Avancement du projet
Rapport de projet
Présentation du projet

Course n°1: 2h

Introduction to the project choice of materials
Familiarization with the CES Edupack software

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Independent project over the semester

Assessments by tutors:

Meeting n°1: Presentation of the specifications and schedule

Meeting n°2: Progress of the project

Project report

Presentation of the project

Méthodes pédagogiques

1. Approche théorique et pratique combinée :

- Introduction théorique aux concepts fondamentaux de la sélection des matériaux, des sciences des matériaux, et des procédés associés.
- Application pratique des concepts via des études de cas et des projets.

2. Apprentissage par projet :

- Mise en œuvre d'un projet d'étude qui constitue le cœur de l'apprentissage.
- Les étudiants définissent une problématique, élaborent un cahier des charges, et proposent une solution complète, renforçant ainsi leur autonomie et leur esprit critique.

3. Utilisation d'outils numériques spécialisés :

- Formation à l'utilisation du logiciel **CES EduPack**, une base de données performante pour la sélection des matériaux et des procédés.
- Travail sur des bases de données réelles pour résoudre des problématiques concrètes.

4. Étude de cas concrètes :

- Analyse et résolution de problématiques inspirées de situations industrielles réelles.
- Les étudiants apprennent à appliquer les méthodologies enseignées dans des contextes variés et réalistes.

5. Travail collaboratif :

- Encouragement du travail en groupe pour favoriser la coopération, la communication, et la gestion de projets en équipe.

6. Évaluation continue :

- Retour régulier sur les travaux intermédiaires et les présentations pour guider les étudiants dans leurs apprentissages.
- Utilisation de l'évaluation formative pour aider à corriger et améliorer les performances avant les livrables finaux.

Moyens pédagogiques

1. Supports numériques et bibliographiques :

- Utilisation de ressources comme **manuels spécialisés**, notamment ceux de M.F. Ashby et d'autres auteurs cités dans le syllabus.
- Distribution de supports de cours, tutoriels et fiches méthodologiques pour guider les étudiants.

2. Logiciels spécialisés :

- Formation et exercices sur **CES EduPack**, un logiciel permettant la sélection et l'analyse de matériaux.
- Intégration d'outils numériques pour la visualisation, la simulation, et la comparaison des options de conception.

3. Plateformes d'apprentissage :

- Accès à une plateforme en ligne pour le partage des ressources, le dépôt des travaux, et la communication avec les enseignants (Moodle).

4. Encadrement personnalisé :

- Séances de tutorat pour accompagner les étudiants dans la réalisation de leurs projets et répondre à leurs questions techniques.

5. Ateliers pratiques et démonstrations :

- Organisation de sessions pratiques pour explorer les propriétés des matériaux et les caractéristiques des procédés.
- Démonstration de cas réels pour relier la théorie à l'application.

6. Présentations orales et rapports écrits :

- Mise en place d'ateliers pour développer les compétences de communication technique, notamment à travers la rédaction de rapports et la présentation des résultats du projet devant un jury.

Teaching methods

1. Combined theoretical and practical approach:

- Theoretical introduction to the fundamental concepts of materials selection, materials science, and

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

associated processes.

- Practical application of concepts through case studies and projects.
- 2. Project-based learning:
 - Implementation of a study project that constitutes the heart of the learning.
 - Students define a problem, develop specifications, and propose a complete solution, thus strengthening their autonomy and critical thinking.
- 3. Use of specialized digital tools:
 - Training in the use of CES EduPack software, a powerful database for the selection of materials and processes.
 - Work on real databases to solve real problems.
- 4. Concrete case studies:
 - Analysis and resolution of problems inspired by real industrial situations.
 - Students learn to apply the methodologies taught in varied and realistic contexts.
- 5. Collaborative work:
 - Encouragement of group work to foster cooperation, communication, and team project management.
- 6. Continuous assessment:
 - Regular feedback on intermediate work and presentations to guide students in their learning.
 - Use of formative assessment to help correct and improve performance before final deliverables.

Teaching resources

1. Digital and bibliographical supports:
 - Use of resources such as specialized manuals, including those of M.F. Ashby and other authors cited in the syllabus.
 - Distribution of course materials, tutorials, and methodological sheets to guide students.
2. Specialized software:
 - Training and exercises on CES EduPack, a software allowing the selection and analysis of materials.
 - Integration of digital tools for visualization, simulation, and comparison of design options.
3. Learning platforms:
 - Access to an online platform for sharing resources, submitting work, and communicating with teachers (Moodle).
4. Personalized supervision:
 - Tutoring sessions to support students in carrying out their projects and answering their technical questions.
5. Practical workshops and demonstrations:
 - Organization of practical sessions to explore the properties of materials and the characteristics of processes.
 - Demonstration of real cases to link theory to application.
6. Oral presentations and written reports:
 - Setting up workshops to develop technical communication skills, in particular through writing reports and presenting the project results to a jury.

Prérequis pour l'EC

Prérequis

Connaissances scientifiques fondamentales

1. **Propriétés et structures des grandes familles de matériaux :**
 - Métaux : compréhension de leurs structures cristallines, propriétés mécaniques, et applications.
 - Céramiques et verres : connaissance de leurs caractéristiques (rigidité, fragilité) et domaines d'utilisation.
 - Polymères : analyse de leurs structures moléculaires, propriétés physiques, et usages.
2. **Sciences des matériaux :**
 - Compréhension des relations entre la structure, les propriétés, et les performances des matériaux.
 - Connaissance des comportements mécaniques, thermiques, et électriques des matériaux.
3. **Initiation aux matériaux composites :**
 - Notions de base sur les composites à matrice organique et leurs applications.

Connaissances spécifiques liées au cursus antérieur

Les unités d'enseignement et modules nécessaires pour acquérir ces bases incluent :

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

1. Modules de science et génie des matériaux :

- S3 UE0305SI : Initiation aux matériaux.
- S4 UE0405SI : Science des matériaux.
- S5 UE0505SI : Science des matériaux et matériaux composites.
- S7 UE0705SI : Relations structure & propriétés mécaniques 1.
- S8 UE0805SI : Relations structure & propriétés mécaniques 2.

2. Autres compétences utiles :

- Capacité à comprendre et analyser des documents techniques (cahiers des charges, rapports, études).
- Familiarité avec des outils numériques ou logiciels liés à l'ingénierie des matériaux (optionnel mais avantageux).

Compétences transversales

1. Lecture et compréhension en anglais :

Une partie des ressources et des concepts clés, comme la méthode d'Ashby, sont en anglais. Une maîtrise de base est donc indispensable.

2. Notions en méthodologie scientifique :

- Capacité à analyser une problématique technique et à structurer une démarche de résolution.
- Connaissance des étapes d'un projet, de la définition des objectifs à la synthèse des résultats.

3. Compétences en communication technique :

- Savoir rédiger des documents structurés (cahiers des charges, rapports).
- Aptitude à présenter des résultats de manière claire et synthétique.

Fundamental scientific knowledge

1. Properties and structures of the major families of materials:

- Metals: understanding their crystalline structures, mechanical properties, and applications.
- Ceramics and glasses: knowledge of their characteristics (rigidity, fragility) and areas of use.
- Polymers: analysis of their molecular structures, physical properties, and uses.

2. Materials science:

- Understanding the relationships between the structure, properties, and performance of materials.
- Knowledge of the mechanical, thermal, and electrical behaviors of materials.

3. Introduction to composite materials:

- Basic notions of organic matrix composites and their applications.

Specific knowledge related to the previous curriculum

- The teaching units and modules required to acquire these bases include:

1. Materials science and engineering modules:

- S3 UE0305SI: Introduction to materials.
- S4 UE0405SI: Materials science.
- S5 UE0505SI: Materials science and composite materials.
- S7 UE0705SI: Structure & mechanical properties relationships 1.
- S8 UE0805SI: Structure & mechanical properties relationships 2.

2. Other useful skills:

- Ability to understand and analyze technical documents (specifications, reports, studies).
- Familiarity with digital tools or software related to materials engineering (optional but advantageous).

Cross-disciplinary skills

1. Reading and understanding in English: Some of the resources and key concepts, such as the Ashby method, are in English. Basic mastery is therefore essential.

2. Notions in scientific methodology:

- Ability to analyze a technical problem and structure a resolution approach.
- Knowledge of the stages of a project, from defining objectives to summarizing results.

3. Technical communication skills:

- Know how to write structured documents (specifications, reports).
- Ability to present results in a clear and concise manner.
-

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Travail personnel hors présentiel

**Volume
horaire**

20 Heures/élève

**Type de
travail**

Temps de travail personnel estimé

- Étude des concepts théoriques :**
Les étudiants doivent assimiler les notions clés sur la sélection des matériaux, les propriétés des matériaux, et les caractéristiques des procédés.
 - Temps estimé :** 4 heures/élève (lecture des supports de cours, manuels, et articles référencés).
- Prise en main du logiciel CES EduPack :**
Une formation initiale et des exercices pratiques sont nécessaires pour maîtriser cet outil.
 - Temps estimé :** 2 heures/élève (manipulation du logiciel et exploration des bases de données).
- Rédaction du cahier des charges :**
Inclut la définition des objectifs, des contraintes, et des critères de performance pour le projet.
 - Temps estimé :** 2 heures/élève (travail individuel ou en groupe).
- Analyse et sélection des matériaux :**
Utilisation des bases de données, application de la méthode d'Ashby, et comparaison des options.
 - Temps estimé :** 4 heures/élève (analyse approfondie et justification des choix).
- Préparation et rédaction du rapport final :**
Compilation des résultats, mise en forme, et structuration d'un document technique.
 - Temps estimé :** 4 heures/élève.
- Préparation de la présentation orale :**
Synthèse des conclusions, création d'un support visuel, et répétitions.
 - Temps estimé :** 4 heures/élève.

Conseils pour gérer le temps de travail personnel

- Planifier les étapes du projet :**
Répartissez le travail sur plusieurs semaines pour éviter une surcharge en fin de formation.
- Travailler en groupe de manière efficace :**
Divisez les tâches pour maximiser le temps et favoriser la collaboration.
- Utiliser les ressources disponibles :**
Appuyez-vous sur les supports de cours, les manuels recommandés, et les séances de tutorat.

Estimated personal work time

- Study of theoretical concepts: Students must assimilate the key concepts on the selection of materials, the properties of materials, and the characteristics of processes.
Estimated time: 4 hours/student (reading course materials, manuals, and referenced articles).
- Getting to grips with the CES EduPack software: Initial training and practical exercises are necessary to master this tool.
Estimated time: 2 hours/student (handling the software and exploring databases).
- Writing the specifications: Includes the definition of objectives, constraints, and performance criteria for the project.
Estimated time: 2 hours/student (individual or group work).
- Analysis and selection of materials: Use of databases, application of the Ashby method, and comparison of options.
Estimated time: 4 hours/student (in-depth analysis and justification of choices).
- Preparation and writing of the final report: Compilation of results, formatting, and structuring of a technical document.
Estimated time: 4 hours/student.
- Preparation of the oral presentation: Synthesis of conclusions, creation of a visual support, and rehearsals.
Estimated time: 4 hours/student.

Tips for managing personal work time

- Plan the stages of the project: Spread the work over several weeks to avoid overload at the end of the training.
- Work in groups efficiently: Divide tasks to maximize time and promote collaboration.

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

3. Use available resources: Rely on course materials, recommended textbooks, and tutoring sessions.

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Ressources bibliographiques

Livres et manuels spécialisés

1. **Y. Bréchet, M. F. Ashby, M. Dupeux, F. Louchet (1996)**
Choix et usage des matériaux, Techniques de l'Ingénieur.
 - Un guide pratique pour comprendre les choix et applications des matériaux dans l'ingénierie.
2. **M. F. Ashby, D. R. H. Jones (1980)**
Matériaux 1 : Propriétés et applications, Dunod.
 - Introduction aux propriétés fondamentales des matériaux et à leurs utilisations pratiques.
3. **M. F. Ashby, D. R. H. Jones (1980)**
Matériaux 2 : Microstructure et mise en œuvre, Dunod.
 - Approfondissement sur la microstructure des matériaux et leur traitement.
4. **W. Kurz, J. P. Mercier, G. Zambelli (1995)**
Introduction à la science des matériaux, PPUR.
 - Un ouvrage généraliste pour comprendre les bases des sciences des matériaux.
5. **M. F. Ashby (2000)**
Choix des matériaux en conception mécanique, Dunod.
 - Présentation détaillée de la méthode d'Ashby pour la sélection des matériaux dans la conception mécanique.
6. **W. D. Callister (2001)**
Sciences et génie des matériaux, Modulo Éditeur.
 - Un manuel de référence largement utilisé pour les cours d'introduction aux matériaux.

Ressources numériques et logiciels

1. **CES EduPack**
 - Un outil de sélection des matériaux et des procédés, incluant une base de données complète et des fonctionnalités pédagogiques pour les ingénieurs.

Ressources complémentaires potentielles

Si non spécifiquement mentionnées dans le syllabus mais souvent utiles dans ce domaine :

- **M. F. Ashby** : *Materials Selection in Mechanical Design* (édition anglaise).
- **E. J. Markworth** : *Introduction to Materials Science and Engineering*.
- Articles scientifiques et revues spécialisées sur les matériaux et les procédés industriels.

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Code UE	IGENI-UE0907SI
Crédits ECTS	6
Coefficient interne à l'UE	7

Présentation de l'UE

Nom de l'UE	OPTION CONCEPTION DES SYSTEMES INTEGRES
Nom(s) du/des enseignant(s)	

Volume Horaire/Format	Format	Heures
	CM	56 H
	TD	2 H
	TP	45 H
	Projet encadré	0 H
	Projet en autonomie	0 H
	Total	103 heures

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Thèmes et Objectifs de la formation visés

Principaux thèmes abordés	<ul style="list-style-type: none">• Électronique de puissance et intégration des modules : matériaux, procédés, architectures de conversion, simulation et mise en œuvre pratique de convertisseurs.• Commande avancée des robots : modélisation géométrique, cinématique, dynamique, génération et suivi de trajectoires, lois de commande.• Commande basée sur la vision : asservissement visuel 2D/3D, algorithmes, intégration de capteurs de vision, tests et validation.• Surveillance et supervision des systèmes : détection, diagnostic, pronostic des défaillances, architectures de supervision, introduction à l'IA pour la maintenance.• Informatique temps réel : ordonnancement, gestion des priorités, programmation et validation de systèmes embarqués temps réel.• Évaluation des performances par simulation : modélisation, simulation discrète avec Witness, analyse et optimisation des systèmes complexes.
Principaux objectifs généraux visés	<ul style="list-style-type: none">• Comprendre les enjeux techniques et technologiques liés à la conception et à l'intégration des modules électroniques de puissance.• Savoir modéliser et commander des robots en tenant compte des aspects géométriques, dynamiques, et des contraintes de trajectoire.• Maîtriser les principes et techniques d'asservissement visuel pour la commande robotique en environnements dynamiques.• Acquérir les compétences pour spécifier, concevoir, et exploiter des systèmes de supervision et de diagnostic afin d'assurer la fiabilité des systèmes intégrés.• Comprendre et appliquer les concepts de programmation temps réel pour garantir les exigences fonctionnelles dans des systèmes embarqués.• Être capable d'utiliser la simulation discrète comme outil d'analyse et d'amélioration des performances des systèmes complexes.

Acquis d'apprentissage visés

Compétence(s)	<p>À l'issue de l'UE, les étudiants ingénieurs seront en mesure, dans le cadre de la conception et de la mise en œuvre de systèmes intégrés complexes, de :</p> <ul style="list-style-type: none">• Concevoir des modules de conversion électrique en intégrant des choix technologiques pertinents, en proposant des architectures adaptées et en validant leurs performances par simulation et expérimentation.• Modéliser et commander des systèmes robotisés en utilisant des modèles géométriques et dynamiques avancés, en générant et en suivant des trajectoires avec des lois de commande adaptées.• Implémenter des algorithmes d'asservissement visuel 2D/3D pour contrôler des robots manipulateurs avec précision et robustesse dans des environnements dynamiques.• Spécifier et exploiter des systèmes de supervision et de diagnostic pour assurer la détection, le diagnostic, et la prédiction des défaillances, en collaborant avec les équipes de maintenance.• Concevoir et valider des applications temps réel embarquées, en définissant des politiques d'ordonnancement et en garantissant les contraintes de performance temps réel.• Analyser et optimiser les performances des systèmes intégrés par la modélisation et la simulation discrète, en proposant des améliorations adaptées.
----------------------	--

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Code EC	IGENI-EC0971SI
Code UE	IGENI-UE0907SI
Coefficient interne à l'EC	1,5

Coordinateur ENIT de l'EC	Paul-Etienne Vidal
---------------------------	--------------------

Présentation de l'EC

Nom de l'EC	Conversion électrique et intégration <i>Integration and complex structure for power electronics</i>
Nom(s) du/des enseignant(s)	Paul-Etienne Vidal, Raphaël Riva

Volume Horaire/Format	Format	Heures
	CM	9 H
	TD	2 H
	TP	11 H
	Projet encadré	H
	Projet en autonomie	H
	Total	22 heures

Acquis d'apprentissage visés

Compétence(s)	<p>A l'issue de la première partie de l'enseignement, l'étudiant sera capable de comprendre les enjeux technologiques pour la conception des modules de puissance, par le choix des matériaux, leur positionnement au sein d'un module associé aux problématiques liées aux procédés pour leur assemblage.</p> <p>A l'issue de la deuxième partie de l'enseignement, les étudiants seront capables, de proposer une architecture cascadée de convertisseurs statiques, avec leurs commandes, pour répondre à une spécification.</p> <p>Dans les deux parties, les étudiants seront amenés à décrire des compromis, faire des choix, et à les appliquer par des mises en œuvre pratiques.</p> <p><i>At the end of the first part of the course, students will be able to understand the technological issues involved in the design of power modules, through the choice of materials, their positioning within a module and the problems associated with assembly processes.</i></p> <p><i>At the end of the second part of the course, students will be able to propose a cascaded architecture of static converters, with their controls, to meet a specification.</i></p> <p><i>In both parts, students will be required to describe compromises, make choices and apply them through practical implementation.</i></p>
----------------------	--

Modalités d'évaluation

Formule d'évaluation	$(1*CC1+1*SOUT)/2$
----------------------	--------------------

Langue d'enseignement

Langue	Français/French
--------	-----------------

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Objectifs de la formation visés

Objectifs généraux

Ce cours est divisé en 2 phases, chacune ayant ses objectifs.

Dans la première phase l'étudiant sera confronté aux problématiques de l'intégration en électronique de puissance. Après un exposé des méthodes pour le choix des matériaux et la conception de modules de puissance, il sera confronté dans les séances de travaux pratiques aux contraintes et mise en œuvre des procédés d'intégration des technologies.

Dans la seconde phase, l'étudiant expérimentera par la théorie, la simulation et la caractérisation expérimentale, des étapes nécessaires à la mise en œuvre d'un convertisseur et de son pilotage.

Les objectifs d'apprentissage sont :

- Savoir les matériaux et procédés usuel pour la conception d'un module de puissance
- Lister et mettre en œuvre certains procédés pour la réalisation d'un assemblage ;
- Comprendre l'effet des interrupteurs et des circuits électriques non parfaits ;
- Comprendre pourquoi un circuit d'aide à la commutation améliore l'énergie dissipée ;
- Comprendre l'intérêt des architectures multiniveaux ;
- Mettre en œuvre un schéma de modulation ;
- Utiliser des outils de simulations pour valider une architecture de conversion pour une application.

This course is divided into 2 phases, each with its own objectives.

In the first phase the student will be confronted with the problems of integration in power electronics. After a presentation of methods for choosing materials and designing power modules, they will be confronted in practical sessions with the constraints and implementation of technology integration processes.

In the second phase, the student will experiment with the theory, simulation and experimental characterisation of the stages required to implement a converter and its control.

The learning objectives are:

- *To know the materials and processes commonly used in the design of a power module*
- *List and implement certain processes for making an assembly;*
- *Understand the effect of non-perfect switches and electrical circuits;*
- *Understand why a switching aid circuit improves the energy dissipated;*
- *Understand the benefits of multi-level architectures;*
- *Implement a modulation scheme;*
- *Use simulation tools to validate a conversion architecture for an application.*

Contenus

Première phase : 2*3h cours et 4 heures de TP, le tout sur PRIMES

Deuxième phase : 3 heures de cours, 2 heures de TD et 7 heures de TP (2*2h + 3h labo électrotech).

Contenu du cours de la première phase : matériaux, technologies et procédés pour l'intégration en électronique de puissance.

Contenu du cours de la deuxième phase : travail spécifique pour la variation de vitesse : onduleurs et hacheurs commandés :

- Rappel structures et fonctionnement, des structures d'onduleurs multiniveaux, principe de la mli, définition d'une approche mathématique pour la mli.
- Les composants réels et leurs caractéristiques.

*First phase: 2*3 hours of lectures and 4 hours of practical work, all on PRIMES platform and facilities*

*Second phase: 3 hours of lectures, 2 hours of tutorials and 7 hours of practical work (2*2h + 3h electrotech lab).*

First phase course content: materials, technologies and processes for power electronics integration.

Second phase course content: specific work on speed variation: controlled inverters and choppers:

- *Reminder of structures and operation, multilevel inverter structures, mli principle, definition of a mathematical approach for PWM.*
- *Real components and their characteristics.*

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Méthodes et/ou moyens pédagogiques

Dans la première phase, les étudiants réaliseront des parties de modules de puissance, en utilisant les moyens de la plateforme PRIMES ? Et notamment les moyens de la salle blanche.

Dans la seconde phase, les étudiants utiliseront des logiciels de simulations (Matlab, Scilab, PSIM) et réaliseront une partie expérimentale contenant deux convertisseurs cascades.

In the first phase, the students will produce parts of power modules, using the resources of the PRIMES platform, in particular the clean room facilities.

In the second phase, the students will use simulation software (Matlab, Scilab, PSIM) and will produce an experimental part containing two cascaded converters.

Prérequis pour l'EC

Prérequis

Méthode d'analyse et de traitement pour la modélisation et le dimensionnement des circuits électriques
Convertisseurs statiques, notions élémentaires
Contrôle commandes machines et convertisseurs électriques
Convertisseurs statiques, notions avancées.

*Analysis and processing methods for modelling and sizing electrical circuits
Static converters, basic concepts
Control commands for electrical machines and converters
Static converters, advanced concepts.*

Travail personnel hors présentiel

Volume horaire

Cliquez ici et entrez le nombre d'heures de travail personnel **10Heures**

Type de travail

Révision, préparation d'un rapport de synthèse sur l'ensemble de TD/TP

Revision, preparation of a summary report on the TD/TP package

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Ressources bibliographiques

BIBLIOGRAPHIE CONSEILLÉE

- Henri FOCH et al, "Éléments constitutifs et synthèse des convertisseurs statiques", Technique de l'ingénieur , D3 152,
- Henri FOCH et al, "Commutation dans les convertisseurs statiques", Technique de l'ingénieur , D3 153,
- P. BARRADE, "Electronique de puissance, méthodologie et convertisseurs élémentaires", Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, ISBN 2-88074-566-7, 2006
- <https://doi.org/10.51257/a-v1-e3968> P.-E. Vidal, B. Trajin, "Le principe de la modulation pour les hacheurs et les onduleurs de tension en électronique de puissance", Technique de l'Ingénieur, E3968, PE. VIDAL Contrôle par modulation des convertisseurs statiques
- « Stratégie et technique pour le pilotage en modulation des convertisseurs statiques », Paul-Etienne VIDAL, Baptiste TRAJIN, Frédéric ROTELLA. E3969, Editions Techniques de l'Ingénieurs, décembre 2029.

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Code EC	IGENI-EC0972SI
Code UE	IGENI-UE0907SI
Coefficient interne à l'EC	1,1

Coordinateur ENIT de l'EC	Mourad Benoussaad
---------------------------	-------------------

Présentation de l'EC

Nom de l'EC	Commande Avancée des Robots
Nom(s) du/des enseignant(s)	Mourad Benoussaad

Volume Horaire/Format	Format	Heures
	CM	8 H
	TD	H
	TP	8 H
	Projet encadré	H
	Projet en autonomie	H
	Total	16 heures

Acquis d'apprentissage visés

Compétence(s)	<p>À l'issue de la formation l'élève-ingénieur de M2.1 (option CSI) est capable d'analyser une application robotique et de manipuler des outils permettant de commander des robots selon le niveau de besoin adéquat. À l'issue de cette formation, l'apprenant est capable également d'expliquer le fonctionnement des outils (modèles, générateur de trajectoire et loi de commande) et d'argumenter leurs choix pour une application donnée.</p> <p><i>At the end of the training, the M2.1 engineering student (CSI option) is able to analyze a robotics application and manipulate tools to control robots according to the appropriate level of need. At the end of this training, the learner is also able to explain how the tools work (models, trajectory generator and control law) and to argue their choices for a given application.</i></p>
---------------	---

Modalités d'évaluation

Formule d'évaluation	$(1*CC1+1*DS1)/2$
----------------------	-------------------

Langue d'enseignement

Langue	Anglais/English
--------	-----------------

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Objectifs de la formation visés

Objectifs généraux

Domaine cognitif (connaissances et compétences intellectuelles)

- Comprendre et utiliser les modèles géométriques, cinématiques et dynamiques (directs et inverses) des robots en tant qu'outils pour analyser et résoudre des problèmes de commande robotique.
- Expliquer les notions de singularité et de redondance cinématique, et interpréter leur impact sur les performances et la faisabilité des tâches robotiques.
- Justifier le besoin de générer des trajectoires articulaires ou opérationnelles, argumenter le choix entre ces deux approches, et expliquer le passage entre elles en fonction des objectifs.
- Identifier et appliquer des trajectoires de base utilisées en robotique pour des tâches spécifiques en tenant compte des contraintes des systèmes.
- Décrire et appliquer des lois de commande avancées permettant à un robot de suivre une trajectoire désirée, tout en expliquant le rôle et les principes de la commande en effort.

Domaine pragmatique (compétences pratiques et applications)

- Exploiter les modèles géométriques, cinématiques et dynamiques disponibles pour simuler et résoudre des problématiques de commande robotique.
- Utiliser des algorithmes pour générer des trajectoires articulaires et opérationnelles, en tenant compte des singularités, en utilisant des outils logiciels de type Matlab.
- Participer activement aux phases pratiques des APPs pour résoudre des problématiques concrètes, en collaborant efficacement au sein de l'équipe et en mettant en œuvre les outils fournis.

Domaine affectif (valeurs, attitudes et engagement)

- Valoriser la réflexion critique sur les choix de trajectoires et de lois de commande, en tenant compte des contraintes opérationnelles et des performances.
- Développer une attitude proactive dans l'utilisation des modèles et outils pour résoudre des problèmes complexes.
- Encourager la collaboration active et le partage de connaissances pendant les phases aller et retour des APPs, en respectant les contributions de chaque membre.
- Stimuler la créativité dans l'utilisation des modèles et des lois de commande pour concevoir des solutions adaptées aux problématiques posées.
- Renforcer l'engagement dans l'apprentissage autonome et collaboratif, tout en cultivant une curiosité pour les applications robotiques industrielles avancées.

Cognitive domain (knowledge and intellectual skills)

- Understand and use geometric, kinematic and dynamic models (direct and inverse) of robots as tools to analyze and solve robotic control problems.
- Explain the concepts of singularity and kinematic redundancy, and interpret their impact on the performance and feasibility of robotic tasks.
- Justify the need to generate joint or operational trajectories, argue the choice between these two approaches, and explain the transition between them depending on the objectives.
- Identify and apply basic trajectories used in robotics for specific tasks, taking into account system constraints.
- Describe and apply advanced control laws allowing a robot to follow a desired trajectory, while explaining the role and principles of force control.

Pragmatic domain (practical skills and applications)

- Use available geometric, kinematic and dynamic models to simulate and solve robotic control problems.
- Use algorithms to generate joint and operational trajectories, taking into account singularities, using Matlab-type software tools.
- Actively participate in the practical phases of APPs to solve concrete problems, by collaborating effectively within the team and implementing the tools provided.

Emotional domain (values, attitudes and commitment)

- Promote critical thinking on the choices of trajectories and control laws, taking into account operational constraints and performance.
- Develop a proactive attitude in the use of models and tools to solve complex problems.
- Encourage active collaboration and knowledge sharing during the outward and return phases of APPs, respecting the contributions of each member.
- Stimulate creativity in the use of models and control laws to design solutions adapted to the problems posed.
- Strengthen commitment to autonomous and collaborative learning, while cultivating curiosity for advanced industrial robotic applications.

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Contenus

Cours introductif général (1h)

- Vue générale de l'apprentissage et des objectifs de l'apprentissage
- Présentation des Apprentissages Par Problème (APP)

APP 1 : Modélisation des robots manipulateurs (2 h)

- 1.1 Modèles géométriques et cinématiques (directs et inverses)
- 1.2 Modèles dynamiques : principes et utilisation dans le contrôle
- 1.3 Singularité et redondance cinématique : analyse et implications

APP 2 : Génération des trajectoires robotiques (2h)

- 2.1 Types de trajectoires : articulaire et opérationnelle
- 2.2 Passage entre les trajectoires articulaires et opérationnelles : principes et contraintes
- 2.3 Trajectoires de base en robotique : exemples et implémentations

APP 3 : Commande et suivi des trajectoires (2h)

- 3.1 Lois de commande pour suivre une trajectoire désirée
- 3.2 Commande en effort : principes et applications
- 3.3 Ajustement des commandes en fonction des trajectoires et contraintes dynamiques

Cours de restructuration (1h)

- Synthèse globale des APPs et des concepts abordés
- Discussions autour des questions soulevées lors des phases retour des APPs
- Bilan des apprentissages visés (AAVs).

General introducing lecture (1h)

- Overview of learning and learning objectives
- Presentation of Problem-Based Learning (PBL)

PBL 1: Modeling of manipulator robots (2h)

- 1.1 Geometric and kinematic models (direct and inverse)
- 1.2 Dynamic models: principles and use in control
- 1.3 Kinematic singularity and redundancy: analysis and implications

PBL 2: Motion and trajectory planning (2h)

- 2.1 Types of trajectories: joint and operational
- 2.2 Transition between Joint and operational trajectories: principles and constraints
- 2.3 Basic trajectories in robotics: examples and implementations

PBL 3: Control and tracking of trajectories (2h)

- 3.1 Control laws to follow a desired trajectory
- 3.2 Force control: principles and applications
- 3.3 Adjustment of controls according to trajectories and dynamic constraints

Restructuring course (1h)

- Overall synthesis of the APPs and concepts covered
- Discussions around the questions raised during the return phases of the APPs
- Assessment of the targeted learning (AAVs).

Apprentissage par Problème et par Projet (APP) :

Chaque APP est structuré en trois phases :

1. Phase aller (1h) : Travail en petit groupe tutoré par un enseignant pour introduire la problématique
2. Travail personnel individuel (≈ 4h) : Étude autonome pour approfondir les notions et résoudre les problématiques posées
3. Phase retour (1h) : Travail en petit groupe avec un enseignant pour présenter les résultats, discuter et valider les apprentissages

- Séances en petit groupe, encadrées par un tuteur, pour favoriser les échanges et la réflexion collaborative.
- Utilisation de carnets d'apprentissage pour documenter les activités, les analyses et les apprentissages visés.
- Cours de restructuration (1h) pour synthétiser les concepts clés et répondre aux questions soulevées lors des APPs.

Méthodes et/ou moyens pédagogiques

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Problem-Based and Project-Based Learning (PBL):

Each PBL is structured in three phases:

1. *Outbound phase (1 hour): Work in a small group tutored by a teacher to introduce the problem*
 2. *Individual personal work (≈ 4 hours): Independent study to deepen the concepts and resolve the problems posed*
 3. *Return phase (1 hour): Work in a small group with a teacher to present the results, discuss and validate the learning*
- *Small group sessions, supervised by a tutor, to encourage exchanges and collaborative reflection.*
 - *Use of learning notebooks to document the activities, analyses and targeted learning.*
 - *Restructuring course (1 hour) to summarize the key concepts and answer the questions raised during the PBLs.*

Prérequis pour l'EC

Prérequis

- Introduction à la robotique
- Notions de modèle géométrique
- Notion des espaces en robotique (articulaire, opérationnel)

- *Introduction to robotics*
- *Concepts of kinematic model*
- *Concept of spaces in robotics (joint, operational)*

Travail personnel hors présentiel

Volume horaire

12 Heures

Type de travail

- Travail de groupe en collaboration : Discussions, échange, argumentation
- Travail en autonomie pour préparer les séances retours
- présentation de synthèse de travail de groupe

- *Collaborative group work: Discussions, exchange, argumentation*
- *Independent work to prepare the feedback sessions*
- *Presentation of group work summary*

Ressources bibliographiques

1. Khalil W, Dombre E. Modeling, identification and control of robots. Butterworth-Heinemann Ed., Rev. 2004.
2. L. Sciavicco, B. Siciliano, *Modelling and control of robot manipulators*, Springer Science & Business Media, 2012.
3. Online resources given during the PBL sessions : <https://petercorke.com/resources/robot-academy/>, http://www.diag.uniroma1.it/deluca/rob1_en/material_rob1_en.html, ...

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Code EC	IGENI-EC0973SI
Code UE	IGENI-UE0907SI
Coefficient interne à l'EC	1,1

Coordinateur ENIT de l'EC	Mourad Benoussaad
---------------------------	-------------------

Présentation de l'EC

Nom de l'EC	Commande Basée-Vision
Nom(s) du/des enseignant(s)	Mourad Benoussaad

Volume Horaire/Format	Format	Heures
	CM	8 H
	TD	H
	TP	8 H
	Projet encadré	H
	Projet en autonomie	H
	Total	16 heures

Acquis d'apprentissage visés

Compétence(s)	<p>À l'issue de l'EC, les étudiants seront capables, dans leur futur métier, d'implémenter des techniques d'asservissement visuel basées sur des approches 2D et 3D en robotique, en utilisant des données issues de caméras pour commander les mouvements de robots manipulateurs, en montrant qu'ils peuvent garantir la précision et la stabilité dans des environnements dynamiques.</p> <p><i>At the end of the course unit, students will be able, in their future careers, to implement visual servoing techniques based on 2D and 3D approaches in robotics, using camera data to control the movements of robotic manipulators, demonstrating their ability to ensure precision and stability in dynamic environments.</i></p>
----------------------	---

Modalités d'évaluation

Formule d'évaluation	$(1*DS1+1*TP1)/2$
----------------------	-------------------

Langue d'enseignement

Langue	Français/French
--------	-----------------

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Objectifs de la formation visés

Objectifs généraux

Domaine cognitif :

- Comprendre les principes fondamentaux de l'asservissement visuel en robotique, incluant les approches 2D et 3D.
- Identifier les différences entre les techniques d'asservissement visuel en position (PBVS) et en image (IBVS), et comprendre leur impact sur les performances robotiques.
- Acquérir des notions de modèle d'interaction (Jacobienne d'interaction) entre l'espace image et l'espace réel (3D) : cas d'étude d'un point.

Domaine pragmatique :

- Savoir implémenter des algorithmes d'asservissement visuel, à partir de bibliothèques existantes, dans des environnements de simulation
- Réaliser des tests pour valider les algorithmes d'asservissement visuel et évaluer leur efficacité dans le suivi de trajectoires ou la manipulation d'objets.
- Intégrer des capteurs de vision dans un système robotique et les exploiter pour des applications de commande dynamique du robot.

Domaine affectif :

- Être conscient des enjeux liés à l'utilisation de l'asservissement visuel dans des environnements industriels, notamment en termes de précision, sécurité et robustesse.
- Développer une attitude critique et une réflexion sur les choix méthodologiques et technologiques dans la conception des systèmes de commande basés sur la vision.
- Avoir conscience des implications pratiques des décisions techniques pour la stabilité et la performance des systèmes robotiques en environnement dynamique.

Cognitive domain:

- *Understand the fundamental principles of visual servoing in robotics, including 2D and 3D approaches.*
- *Identify the differences between position visual servoing (PBVS) and image visual servoing (IBVS) techniques, and understand their impact on robotic performance.*
- *Acquire notions of interaction model (Jacobian interaction) between image space and real space (3D): case study of a point.*

Pragmatic domain:

- *Know how to implement visual servoing algorithms, from existing libraries, in simulation environments*
- *Carry out tests to validate visual servoing algorithms and evaluate their effectiveness in tracking trajectories or manipulating objects.*
- *Integrate vision sensors into a robotic system and use them for dynamic robot control applications.*

Affective domain:

- *Be aware of the issues related to the use of visual servoing in industrial environments, particularly in terms of precision, safety and robustness.*
- *Develop a critical attitude and reflection on the methodological and technological choices in the design of vision-based control systems.*
- *Be aware of the practical implications of technical decisions for the stability and performance of robotic systems in dynamic environments.*

Contenus

Cours introductif général (1h)

- Vue générale de l'apprentissage et des objectifs du cours
- Présentation des Apprentissages Par Problème (APP)
- Introduction aux principes de la commande basée vision et à ses applications en robotique

APP 1 : Introduction à l'asservissement visuel (2h)

- 1.1 Principes fondamentaux de l'asservissement visuel : définitions et concepts clés
- 1.2 Différences entre l'asservissement en image (IBVS) et en position (PBVS)
- 1.3 Configurations possibles des systèmes de vision pour l'asservissement visuel

APP 2 : Techniques d'asservissement visuel 3D (2h)

- 3.1 Approches d'asservissement visuel 3D : principes et intégration des coordonnées spatiales
- 3.2 Suivi de trajectoires basé sur l'asservissement visuel 3D : conception et implémentation
- 3.3 Exemple de formalisation d'une matrice d'interaction (lien image-3D) d'un point

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

APP 3 : Techniques d'asservissement visuel 2D (2h)

- 2.1 Asservissement visuel basé sur des caractéristiques 2D : principes et algorithmes
- 2.2 Mise en œuvre de l'asservissement visuel 2D pour le suivi de trajectoires
- 2.3 Analyse des limites et des performances des approches 2D
- 2.4 Comparaison des performances des techniques 3D par rapport aux approches 2D : précision, robustesse et applications

Cours de restructuration (1h)

- Synthèse globale des APPs et des concepts abordés
- Discussions et réponses aux questions soulevées lors des phases de retour des APPs
- Évaluation des acquis d'apprentissage visés (AAVs) et perspectives d'applications professionnelles

TP n°1 : Implémentation de l'asservissement visuel 3D (4h TP)

Utilisation de Matlab/Simulink pour programmer un asservissement visuel 3D (Toolbox de P. Corke)

Test de suivi de 4 points (carré comme *feature*)

Tests de point de départ différents, de taille de *feature* différentes,

TP n°2 : Implémentation de l'asservissement visuel 2D (4h TP)

Utilisation de Matlab/Simulink pour programmer un asservissement visuel 2D (Toolbox de P. Corke)

Test d'un programme sous forme de schéma block (Simulink)

Test de configuration différentes de l'asservissement visuel 2D (différents départ, taille de *feature*,...)

Test de la robustesse de l'asservissement visuel 2D : Mauvaise initialisation de la profondeur, perte de la vision,...

General introduction course (1h)

- Overview of the learning and course objectives
- Presentation of Problem-Based Learning (PBL)
- Introduction to the principles of vision-based control and its applications in robotics

PBL 1: Introduction to visual servoing (2h)

1.1 Fundamental principles of visual servoing: definitions and key concepts

1.2 Differences between image servoing (IBVS) and position servoing (PBVS)

1.3 Possible configurations of vision systems for visual servoing

PBL 2: 3D visual servoing techniques (2h)

3.1 3D visual servoing approaches: principles and integration of spatial coordinates

3.2 Trajectory tracking based on 3D visual servoing: design and implementation

3.3 Example of formalization of an interaction matrix (image-3D relationship) of a point

PBL 3: 2D visual servoing techniques (2h)

2.1 Visual servoing based on 2D features: principles and algorithms

2.2 Implementation of 2D visual servoing for trajectory tracking

2.3 Analysis of the limits and performances of 2D approaches

2.4 Comparison of the performances of 3D techniques compared to 2D approaches: precision, robustness and applications

Restructuration course (1h)

- Overall synthesis of APPs and concepts covered
- Discussions and answers to questions raised during the APPs feedback phases
- Assessment of targeted learning outcomes (AAVs) and prospects for professional applications

PT n°1: Implementation of 3D visual servoing (4h)

Use of Matlab/Simulink to program a 3D visual servoing (Toolbox by P. Corke)

4-point tracking test (square as a *feature*)

Tests of different starting points, different *feature* sizes,

PT n°2: Implementation of 2D visual servoing (4h)

Using Matlab/Simulink to program a 2D visual servoing (Toolbox by P. Corke)

Testing a program in the form of a block diagram (Simulink)

Testing different configurations of the 2D visual servoing (different starts, *feature* size, etc.)

Testing the robustness of the 2D visual servoing: Bad initialization of depth, loss of vision, etc.

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Méthodes et/ou moyens pédagogiques

Apprentissage par Problème et par Projet (APP) :

Chaque APP est structuré en trois phases :

1. Phase aller (1h) : Travail en petit groupe tutoré par un enseignant pour introduire la problématique
2. Travail personnel individuel (\approx 4h) : Étude autonome pour approfondir les notions et résoudre les problématiques posées
3. Phase retour (1h) : Travail en petit groupe avec un enseignant pour présenter les résultats, discuter et valider les apprentissages

- Séances en petit groupe, encadrées par un tuteur, pour favoriser les échanges et la réflexion collaborative.
- Utilisation de carnets d'apprentissage pour documenter les activités, les analyses et les apprentissages visés.
- Cours de restructuration (1h) pour synthétiser les concepts clés et répondre aux questions soulevées lors des APPs.

Problem-Based and Project-Based Learning (PBL):

Each PBL is structured in three phases:

1. *Outbound phase (1 hour): Work in a small group tutored by a teacher to introduce the problem*
2. *Individual personal work (\approx 4 hours): Independent study to deepen the concepts and resolve the problems posed*
3. *Return phase (1 hour): Work in a small group with a teacher to present the results, discuss and validate the learning*

- *Small group sessions, supervised by a tutor, to encourage exchanges and collaborative reflection.*
- *Use of learning notebooks to document the activities, analyses and targeted learning.*
- *Restructuring course (1 hour) to summarize the key concepts and answer the questions raised during the PBLs.*

Prérequis pour l'EC

Prérequis

- Introduction à la robotique
- Notions de modèle géométrique
- Principe de planification et de commande dans les espaces robotique (articulaire, opérationnel)
- Connaissance des principes de commande automatique (PID,...)
- *Introduction to robotics*
- *Concepts of kinematic model*
- *Principle of planning and control in robotic spaces (Joint, operational)*
- *Knowledge of automatic control principles (PID,...)*

Travail personnel hors présentiel

Volume horaire

12 Heures

Type de travail

- Travail de groupe en collaboration : Discussions, échange, argumentation
- Travail en autonomie pour préparer les séances retours
- présentation de synthèse de travail de groupe
- *Collaborative group work: Discussions, exchange, argumentation*
- *Independent work to prepare the feedback sessions*
- *Presentation of group work summary*

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Ressources bibliographiques

1. Peter I. Corke. 1997. Visual Control of Robots: High-Performance Visual Serving. John Wiley & Sons, Inc., USA.
2. Online resources given during the PBL sessions:
 - a. Cours de Alessandro De Luca : http://www.diag.uniroma1.it/deluca/rob2_en/17_VisualServoing.pdf
 - b. Cours de François Chaumette (GdR Robotique) : https://www.gdr-robotique.org/cours_de_robotique/online/Chaumette_Visual-Servoing/Chaumette_Visual-Servoing.pdf
 - c. Cours de Philippe Martinet (GdR Robotique) : https://www.gdr-robotique.org/cours_de_robotique/online/Martinet_Visual-Servoings/Martinet_Visual-Servoings_slides.pdf,
 - d. Cours de Jaques Gangloff (GdR Robotique) : https://www.gdr-robotique.org/cours_de_robotique/?id=42d45e5762b80afd925329f86b992718

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Code EC	IGENI-EC0974SI
Code UE	IGENI-UE0907SI
Coefficient interne à l'EC	1

Coordinateur ENIT de l'EC	Xavier Desforges
---------------------------	------------------

Présentation de l'EC

Nom de l'EC	Surveillance, diagnostic, pronostic, supervision
Nom(s) du/des enseignant(s)	Xavier Desforges

Volume Horaire/Format	Format	Heures
	CM	15 H
	TD	H
	TP	H
	Projet encadré	H
	Projet en autonomie	H
	Total	15 heures

Acquis d'apprentissage visés

Compétence(s)	<p>Au terme des séances les étudiants auront acquis les compétences nécessaires à la mise en œuvre et l'exploitation d'un système de supervision d'un système technique permettant de détecter les fautes, établir le diagnostic, gérer les modes de fonctionnement pour répondre au mieux aux objectifs et prévoir les interventions de maintenance.</p> <p>Ce niveau de compétence doit permettre à minima de spécifier des besoins en termes de supervision de système mais aussi d'en effectuer les tests et d'interagir avec les partenaires assurant leur déploiement ou mise à niveau.</p> <p><i>At the end of the sessions, students will have acquired the skills needed to implement and to operate a technical system supervision system, enabling them to detect faults, establish diagnoses, manage operating modes to best meet objectives and plan maintenance interventions.</i></p> <p><i>At the very least, this level of skills should enable them to specify requirements in terms of system supervision, but also to carry out tests and interact with the other stakeholders in charge of their deployment or upgrading.</i></p>
----------------------	--

Modalités d'évaluation

Formule d'évaluation	(1*DS1)/1
----------------------	-----------

Langue d'enseignement

Langue	English friendly
--------	------------------

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Objectifs de la formation visés

Objectifs généraux	<p>L'objectif de ce cours consiste en l'acquisition des compétences nécessaires ou au dialogue avec les partenaires pour la mise en œuvre et l'exploitation d'un système de supervision d'un système technique permettant de détecter les fautes, établir le diagnostic, gérer les modes de fonctionnement pour répondre au mieux aux objectifs et prévoir les interventions de maintenance.</p> <p><i>The aim of this course is to acquire the skills needed to implement and operate a technical system supervision system, to detect faults, diagnose problems, manage operating modes to best meet objectives and plan maintenance interventions.</i></p>
Contenus	<p>Le cours comprend :</p> <ul style="list-style-type: none">• Conduite de processus techniques• Enjeux et rôle de la supervision• Méthodes de détection de faute• Méthodes pour le diagnostic de défaillance• Méthodes pour le pronostic de défaillance• Architectures de supervision <p>Parmi les méthodes abordées, certaines sont issues de l'IA (Intelligence Artificielle).</p> <p><i>The courses program consists of the following points :</i></p> <ul style="list-style-type: none">• <i>Technical process command</i>• <i>Stakes and role of supervision</i>• <i>Fault detection methods</i>• <i>Failure diagnostic methods</i>• <i>Failure prognostic methods</i>• <i>Architectures for supervision</i> <p><i>Some of the methods covered are based on AI (Artificial Intelligence).</i></p>
Méthodes et/ou moyens pédagogiques	<p>Cours magistral comportant des illustrations et quelques applications directes.</p> <p><i>Lecture with illustrations and some direct applications.</i></p>

Prérequis pour l'EC

Prérequis	<p>Des connaissances en automatique (systèmes continus, échantillonnés et événementiels) et traitement du signal sont souhaitées pour aborder ce cours.</p> <p><i>Knowledge of automatic control (continuous, sampled and event-driven systems) and signal processing is desirable for this course.</i></p>
------------------	---

Travail personnel hors présentiel

Volume horaire	8 Heures
Type de travail	<p>révision, exercices supplémentaires.</p> <p><i>revision, additional exercises.</i></p>

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Ressources bibliographiques

J. Brunet, M. Labarrere, D. Jaume, A. Rault, M. Vergé. Détection et diagnostic de pannes approche par modélisation. Ed. Hermès, 1990.

G. Zwingelstein. Diagnostic des défaillances théorie et pratique pour les systèmes industriels. Ed. Hermès, 1995.

J.M. Chatain. Diagnostic par système expert. Ed. Hermès, 1993.

J. Richalet. Pratique de l'identification. Ed. Hermès, 1991.

E. Davalo, P. Naïm. Des Réseaux de Neurones. Ed. Eyrolles, 1992.

J. Hérault, C. Jutten. Réseaux neuronaux et traitement de signal. Ed. Hermès, 1994.

G. Vachtsevanos, F.L. Lewis, M. Roemer, A. Hess, B. Wu. Intelligent fault diagnosis and prognosis for engineering systems. Ed. John Wiley & Sons, 2006.

Web :

<https://fidle.cnrs.fr/w3/>

<https://www.youtube.com/@CNRS-FIDLE>

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Code EC	IGENI-EC0974SI
Code UE	IGENI-UE0907SI
Coefficient interne à l'EC	1

Coordinateur ENIT de l'EC	Xavier Desforges
---------------------------	------------------

Présentation de l'EC

Nom de l'EC	Surveillance, diagnostic, pronostic, supervision
Nom(s) du/des enseignant(s)	Xavier Desforges

Volume Horaire/Format	Format	Heures
	CM	15 H
	TD	H
	TP	H
	Projet encadré	H
	Projet en autonomie	H
	Total	15 heures

Acquis d'apprentissage visés

Compétence(s)	<p>Au terme des séances les étudiants auront acquis les compétences nécessaires à la mise en œuvre et l'exploitation d'un système de supervision d'un système technique permettant de détecter les fautes, établir le diagnostic, gérer les modes de fonctionnement pour répondre au mieux aux objectifs et prévoir les interventions de maintenance.</p> <p>Ce niveau de compétence doit permettre à minima de spécifier des besoins en termes de supervision de système mais aussi d'en effectuer les tests et d'interagir avec les partenaires assurant leur déploiement ou mise à niveau.</p> <p><i>At the end of the sessions, students will have acquired the skills needed to implement and to operate a technical system supervision system, enabling them to detect faults, establish diagnoses, manage operating modes to best meet objectives and plan maintenance interventions.</i></p> <p><i>At the very least, this level of skills should enable them to specify requirements in terms of system supervision, but also to carry out tests and interact with the other stakeholders in charge of their deployment or upgrading.</i></p>
----------------------	--

Modalités d'évaluation

Formule d'évaluation	(1*DS1)/1
----------------------	-----------

Langue d'enseignement

Langue	English friendly
--------	------------------

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Objectifs de la formation visés

Objectifs généraux	<p>L'objectif de ce cours consiste en l'acquisition des compétences nécessaires ou au dialogue avec les partenaires pour la mise en œuvre et l'exploitation d'un système de supervision d'un système technique permettant de détecter les fautes, établir le diagnostic, gérer les modes de fonctionnement pour répondre au mieux aux objectifs et prévoir les interventions de maintenance.</p> <p><i>The aim of this course is to acquire the skills needed to implement and operate a technical system supervision system, to detect faults, diagnose problems, manage operating modes to best meet objectives and plan maintenance interventions.</i></p>
Contenus	<p>Le cours comprend :</p> <ul style="list-style-type: none">• Conduite de processus techniques• Enjeux et rôle de la supervision• Méthodes de détection de faute• Méthodes pour le diagnostic de défaillance• Méthodes pour le pronostic de défaillance• Architectures de supervision <p>Parmi les méthodes abordées, certaines sont issues de l'IA (Intelligence Artificielle).</p> <p><i>The courses program consists of the following points :</i></p> <ul style="list-style-type: none">• <i>Technical process command</i>• <i>Stakes and role of supervision</i>• <i>Fault detection methods</i>• <i>Failure diagnostic methods</i>• <i>Failure prognostic methods</i>• <i>Architectures for supervision</i> <p><i>Some of the methods covered are based on AI (Artificial Intelligence).</i></p>
Méthodes et/ou moyens pédagogiques	<p>Cours magistral comportant des illustrations et quelques applications directes.</p> <p><i>Lecture with illustrations and some direct applications.</i></p>

Prérequis pour l'EC

Prérequis	<p>Des connaissances en automatique (systèmes continus, échantillonnés et événementiels) et traitement du signal sont souhaitées pour aborder ce cours.</p> <p><i>Knowledge of automatic control (continuous, sampled and event-driven systems) and signal processing is desirable for this course.</i></p>
------------------	---

Travail personnel hors présentiel

Volume horaire	8 Heures
Type de travail	<p>révision, exercices supplémentaires.</p> <p><i>revision, additional exercises.</i></p>

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Ressources bibliographiques

J. Brunet, M. Labarrere, D. Jaume, A. Rault, M. Vergé. Détection et diagnostic de pannes approche par modélisation. Ed. Hermès, 1990.

G. Zwingelstein. Diagnostic des défaillances théorie et pratique pour les systèmes industriels. Ed. Hermès, 1995.

J.M. Chatain. Diagnostic par système expert. Ed. Hermès, 1993.

J. Richalet. Pratique de l'identification. Ed. Hermès, 1991.

E. Davalo, P. Naïm. Des Réseaux de Neurones. Ed. Eyrolles, 1992.

J. Hérault, C. Jutten. Réseaux neuronaux et traitement de signal. Ed. Hermès, 1994.

G. Vachtsevanos, F.L. Lewis, M. Roemer, A. Hess, B. Wu. Intelligent fault diagnosis and prognosis for engineering systems. Ed. John Wiley & Sons, 2006.

Web :

<https://fidle.cnrs.fr/w3/>

<https://www.youtube.com/@CNRS-FIDLE>

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Code EC	IGENI-EC0976SI
Code UE	IGENI-UE0907SI
Coefficient interne à l'EC	1

Coordinateur ENIT de l'EC	Philippe FILLATREAU
---------------------------	---------------------

Présentation de l'EC

Nom de l'EC	Real time computing
Nom(s) du/des enseignant(s)	Philippe FILLATREAU, Thierry LOUGE

Volume Horaire/Format	Format	Heures
	CM	6 H
	TD	H
	TP	9 H
	Projet encadré	H
	Projet en autonomie	H
	Total	15 heures

Acquis d'apprentissage visés

Compétence(s)	<p>Après cet enseignement, les étudiants seront capables de comprendre les défis et les points critiques spécifiques au développement d'applications « temps réel ». Ils auront acquis les bases de cette programmation, et sauront concevoir un système embarqué temps-réel en garantissant les exigences imposées par un cahier des charges.</p> <p>After completing this course, students will be able to understand the challenges and critical aspects specific to the development of "real-time" applications. They will have acquired the fundamentals of this type of programming and will be able to design a real-time embedded system while ensuring compliance with the requirements set forth in a specification document.</p>
---------------	---

Modalités d'évaluation

Formule d'évaluation	$(1 \cdot \text{RAP1}) + (1 \cdot \text{TP1}) / 2$
----------------------	--

Langue d'enseignement

Langue	Anglais/English
--------	-----------------

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Objectifs de la formation visés

Objectifs généraux	<p>Connaître les mécanismes spécifiques aux systèmes temps réel (ordonnancement de tâches, temps de recouvrement, latence...), savoir définir une politique de priorités entre les différents processus et choisir une politique d'ordonnancement. Être conscient des limitations des équipements mis en oeuvre, effectuer la conception d'un système temps-réel, réaliser l'implémentation de ce système, être capable de définir et de mener les tests de validation des performances.</p> <p><i>Understand the specific mechanisms of real-time systems (task scheduling, recovery time, latency, etc.), know how to define a priority policy among different processes, and select a scheduling policy. Be aware of the limitations of the equipment used, design a real-time system, implement the system, and be able to define and carry out performance validation tests.</i></p>
Contenus	<p>Contenu du cours :</p> <ul style="list-style-type: none">• Définition du temps réel en informatique• Définition des temps de latence et de recouvrement• Politiques d'ordonnancement de tâches• Mécanismes de communication et de synchronisation inter-processus• Découverte d'un OS temps réel sur microcontrôleur Atmel• Présentation d'un cahier des charges et conception d'un système y répondant <p><i>The course content is as follows:</i></p> <ul style="list-style-type: none">• <i>Definition of real-time computing</i>• <i>Definition of latency and recovery times</i>• <i>Task scheduling policies</i>• <i>Inter-process communication and synchronization mechanisms</i>• <i>Introduction to a real-time operating system on an Atmel microcontroller</i>• <i>Presentation of a specification document and design of a system to meet its requirements</i>
Méthodes et/ou moyens pédagogiques	<p>La mise en application des concepts étudiés sera réalisée sur une maquette de maison autonome comprenant différents capteurs (luminosité, présence, humidité...) et actionneurs (moteurs, LED analogiques, écran LCD...), à partir d'un cahier des charges définissant une mise en oeuvre en temps réel de ces équipements.</p> <p><i>The application of the studied concepts will be implemented on a model of an autonomous house, featuring various sensors (light, presence, humidity, etc.) and actuators (motors, analog LEDs, LCD screen, etc.). This will be based on a specification document defining the real-time implementation of these devices.</i></p>

Prérequis pour l'EC

Prérequis	<p>Langage C, programmation de microcontrôleurs.</p> <p><i>C language, microcontroller programming.</i></p>
------------------	---

Travail personnel hors présentiel

Volume horaire	<p>5 Heures</p>
Type de travail	<p>S'approprier les notions du cours propres au domaine. Finaliser la conception. Finaliser l'implémentation et faire un rapport de tests.</p> <p><i>Master the course concepts specific to the field. Finalize the design. Complete the implementation and prepare a test report.</i></p>

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Ressources bibliographiques

Hands-On RTOS with Microcontrollers - Second Edition, [Brian Amos](#), [Jim Yuill](#), [Penn Linder](#), February 2024, Packt Publishing
ISBN: 9781803237725

Designing Embedded Systems with Arduino, Tianhong Pan, Yi Zhu, <https://doi.org/10.1007/978-981-10-4418-2>, ISBN978-981-10-4417-5
Published: 24 May 2017, Springer Nature Singapore Pte Ltd. 2018

FreeRTOS: A Practical Approach with Arduino, [Max Back](#), Amazon Digital Services LLC - KDP Print US, 2018 - 371 pages

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Code EC	IGENI-EC0977SI
Code UE	IGENI-UE0907SI
Coefficient interne à l'EC	1,3

Coordinateur ENIT de l'EC	Bernard ARCHIMEDE
---------------------------	-------------------

Présentation de l'EC

Nom de l'EC	Evaluation des performances
Nom(s) du/des enseignant(s)	Bernard ARCHIMEDE

Volume Horaire/Format	Format	Heures
	CM	10 H
	TD	H
	TP	9 H
	Projet encadré	H
	Projet en autonomie	H
	Total	19 heures

Acquis d'apprentissage visés

Compétence(s)	<p>A l'issue de cet enseignement, l'étudiant sera initié à la modélisation et à la simulation des systèmes complexes ainsi qu'à l'analyse et à l'amélioration des performances des systèmes.</p> <p><i>At the end of this course, students will be introduced to the modelling and simulation of complex systems and to the analysis and improvement of system performance.</i></p>
---------------	---

Modalités d'évaluation

Formule d'évaluation	(1*TP1)/1
----------------------	-----------

Langue d'enseignement

Langue	Français/French
--------	-----------------

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Objectifs de la formation visés

Objectifs généraux

Initiation à la simulation discrète et au Logiciel de Simulation Witness

Objectifs du Cours

- Comprendre les principes de base de la simulation discrète.
- Utiliser le logiciel Witness pour modéliser et analyser des systèmes de production.
- Interpréter les résultats de simulation et proposer des améliorations.

Introduction to Discrete Simulation and Witness Simulation Software

Course objectives

- Understand the basic principles of discrete simulation.
- Use the Witness software to model and analyze production systems.
- Interpret simulation results and suggest improvements.

Contenus

Cours n° 1 : Introduction à la simulation (2 heures)

Objectifs :

- Comprendre les concepts fondamentaux de la simulation discrète.

Contenu :

1. **Introduction à la simulation discrète**
 - Définition et importance de la simulation discrète.
 - Applications dans l'industrie et les services.
2. **Objectifs & Applications de la simulation**
 - Objectifs.
 - Amélioration de système existant.
 - Conception des systèmes.
 - Aide au Pilotage et à la conduite.
 - Aide à la surveillance.
3. **Le processus la simulation**
 - Les grandes étapes du processus.
 - Processus de modélisation-programmation-simulation.
 - Validation du modèle.
4. **Approches de la Modélisation**
 - Concepts de Base.
 - Approches de modélisation dynamique.
 - Langages et outils Informatiques.

Cours n° 2 : Présentation de Witness (2 heures)

Objectifs :

- Découvrir l'interface et les fonctionnalités de base de Witness.

Contenu :

1. **Présentation de Witness**
 - Eléments normaux de simulation
 - Eléments prédéfinis/système
 - Manipulation des éléments
 - Les étapes de modélisation
 - Présentation de l'outil & Démonstrations (Branch.mod, Maintenance.mod)
 - Exercice de Simulation
2. **Eléments de Modélisation de base**
 - Articles
 - Machines.
 - Stocks.
 - Représentation Visuelle et Code Couleur des Eléments
3. **Les Lois de routage de base**
 - WAIT.
 - PULL.
 - PUSH
 - <Exemples d'utilisation combinée (WAIT, PUSH, PULL)
4. **Exemple Illustratif**
 - Démo d'un modèle simple de simulation.

Cours n° 3 : Analyse Avancée et Optimisation (2 heures)

Objectifs :

- Approfondir les concepts de base et analyser les résultats de simulation.
- Proposer des améliorations basées sur les résultats.

Contenu :

1. **Prise en Compte des Gammes**
 - Présentation des gammes.
 - Articles actifs
 - L'élément spécial : Route et loi de routage Buffer
 - Exemples

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

2. Variables, Attributs et Ressources
3. Les autres lois de routage
4. Assemblage permanent et temporaire
5. Machine de production et machines multi-cycles.
6. Exemple Illustratif
 - Démo d'un modèle simple de simulation.

Travaux Pratiques (TP)

Les TP n° 1 et TP n° 2 sont basés sur un cas d'étude incrémental proposé par l'enseignant. Le TP n° 3 est une évaluation, des principes et concepts de modélisation acquis, sur un petit cas d'étude issu d'un système réel tiré aléatoirement d'un portefeuille de cas d'études.

TP n° 1 : Création d'un Modèle de Base (3 heures)

Objectifs :

- Mettre en pratique les connaissances acquises pour créer un modèle simple proposé par l'enseignant.

Activités :

- Création d'un modèle de production avec des concepts d'articles passifs et actifs, de machines et de stocks.
- Configuration des paramètres de base.
- Exécution et analyse des résultats.
- Sensibilisation à la validation de modèle, mise en évidence de flots, de capacités et de goulots d'étranglement

TP n° 2 : Enrichissement du Modèle de Base (3 heures)

Objectifs :

- Intégrer les concepts de modélisation (gammes, ressources, machines d'assemblage, machines de production et de machines multicycles) au système créé au TP n°1.

Activités :

- Intégrer la notion de gammes de production et analyser leurs apports pour l'amélioration du routage des articles.
- Intégrer ressources et comprendre les différences entre ressources d'activités et ressources de processus.
- Intégrer les concepts de machines d'assemblage, machines de production et de machines multicycles et comprendre les différences entre types de machines.
- Exécution et analyse des résultats pour chaque type d'éléments intégré.
-

TP n° 3 : Modélisation d'un Système Réel (3 heures)

Objectifs :

- Appliquer les concepts de modélisation et la démarche de simulation à un petit cas d'étude issu d'un système réel.

Activités :

- Choix du cas d'étude à modéliser au tirage au sort dans un portefeuille de cas d'étude.
- Création du modèle en utilisant les fonctionnalités avancées de Witness.

Analyse des résultats et proposition d'améliorations.

Lesson 1: Introduction to simulation (2 hours)

Objectives:

- To understand the fundamental concepts of discrete simulation.

Content:

1. Introduction to discrete simulation

- Definition and importance of discrete simulation.
- Applications in industry and services.

2. Objectives & Applications of simulation

- Objectives.
- Improvement of existing systems.
- System design.
- Steering and control assistance.
- Monitoring assistance.

3. The simulation process

- The main stages in the process.
- Modelling-programming-simulation process.
- Model validation.

4. Modelling approaches

- Basic concepts.

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

- Dynamic modelling approaches.
- Computer languages and tools.

Lesson 2: Presentation of Witness (2 hours)

Objectives:

- To discover the interface and basic functions of Witness.

Content :

1. Presentation of Witness

- Normal simulation elements
- Predefined/system elements
- Element manipulation
- Modelling steps
- Presentation of the tool & Demonstrations (Branch.mod, Maintenance.mod)
- Simulation exercise

2. Basic Modelling Elements

- Articles
- Machines.
- Stocks.
- Visual Representation and Colour Code of Elements

3. Basic Routing Laws

- WAIT.
- PULL.
- PUSH
- Examples of combined use (WAIT, PUSH, PULL)

4. Illustrative example

- Demo of a simple simulation model.

Course 3: Advanced Analysis and Optimisation (2 hours)

Objectives:

- Deepen the basic concepts and analyse simulation results.
- Suggest improvements based on the results.

Content:

1. Taking ranges into account

- Presentation of ranges.
- Active items
- The special item: Route and Buffer routing law
- Examples

2. Variables, Attributes and Resources

3. Other routing laws

4. Permanent and temporary assembly

5. Production and multi-cycle machines.

6. Illustrative example

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

- Demo of a simple simulation model.

Practical work

Practical exercises 1 and 2 are based on an incremental case study proposed by the teacher. Practical exercise 3 is an evaluation of the modelling principles and concepts acquired, on a small case study based on a real system drawn randomly from a portfolio of case studies.

Practical exercise 1: Creation of a Basic Model (3 hours)

Aims:

- To put into practice the knowledge acquired to create a simple model proposed by the teacher.

Activities:

- Creation of a production model with concepts of passive and active items, machines and stocks.
- Configuration of basic parameters.
- Run and analyse the results.
- Raising awareness of model validation, highlighting flows, capacities and bottlenecks.

Practical exercise 2: Enhancing the Basic Model (3 hours)

Aims:

- Integrate the modelling concepts (routings, resources, assembly machines, production machines and multi-cycle machines) into the system created in TP n°1.

Activities :

- Integrate the concept of production routings and analyse their contribution to improving the routing of items.
- Integrate resources and understand the differences between activity resources and process resources.
- Integrate the concepts of assembly machines, production machines and multi-cycle machines and understand the differences between types of machine.
- Execute and analyse the results for each type of integrated element.

Practical exercise 3: Modelling a real system (3 hours)

Objectives:

- To apply the concepts of modelling and the simulation approach to a small case study based on a real system.

Activities:

- Choosing the case study to be modelled by drawing lots from a portfolio of case studies.
- Creation of the model using the advanced features of Witness.
- Analysis of the results and suggestions for improvements.

Méthodes et/ou moyens
pédagogiques

Prérequis pour l'EC

Prérequis

Cours d'évaluation des performances (Réseaux de Petri) vu en Tronc Commun du S7.

Performance evaluation course (Petri nets) seen in S7 Common Core.

Travail personnel hors présentiel

Volume horaire

Cliquez ici et entrez le nombre d'heures de travail personnel **Heures**

Type de travail

Lecture du cours, préparation des TD

Reading the course, preparing TD

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Ressources bibliographiques

- Witness : logiciel de simulation de systèmes de production. LANNER.
- *Witness : Production systems simulation software. LANNER*

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Code UE	IGENI-UE0907TP
Crédits ECTS	6
Coefficient interne à l'UE	7

Présentation de l'UE

Nom de l'UE	OPTION BATIMENT ET TRAVAUX PUBLICS
Nom(s) du/des enseignant(s)	L. Ballut, A. Biasi, S. Ciesielski, F. Duco, J.-P. Faye, L. Gros, C. Martin, M. Yedra

Volume Horaire/Format	Format	Heures
	CM	56 H
	TD	44 H
	TP	0 H
	Projet encadré	0 H
	Projet en autonomie	0 H
	Total	100 heures

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Thèmes et Objectifs de la formation visés

Principaux thèmes abordés

L'option Bâtiment et Travaux Publics vise à faciliter l'intégration des ingénieurs ENIT généralistes dans ce secteur d'activité. Pour cela, elle se base sur la formation polyvalente de l'école en Génie Mécanique et Génie Industriel et offre aux étudiants un champ de compétences complémentaires en Génie Civil au travers d'Unités d'Enseignements spécifiques à ce domaine. Cette UE est ainsi spécifiquement dédiée aux matériaux, techniques et organisations du secteur du BTP.

The Building and Civil Engineering option is designed to facilitate the integration of generalist ENIT engineers into this sector. To achieve this, it builds on the school's multi-faceted training in Mechanical Engineering and Industrial Engineering, and offers students a range of complementary skills in Civil Engineering through teaching units specific to this field. This UE is specifically dedicated to materials, techniques and organizations in the construction sector.

Principaux objectifs généraux visés

Cette Unité d'Enseignement a pour objectif d'intégrer les notions introduites dans l'UE0707TP à l'échelle des matériaux pour aborder l'étude d'ouvrages de grande envergure. L'attention est notamment portée aux interactions sols-structures pour la réalisation des travaux de terrassements et de chaussées ainsi **qu'aux questions de réglementation thermique dans les bâtiments**. Les aspects spécifiques de la gestion de projets de Génie Civil et de l'économie de la construction seront également présentés et mis en œuvre sur des projets réels.

*The aim of this teaching unit is to integrate the concepts introduced in UE0707TP at the scale of materials in order to approach the study of large-scale structures. Particular attention is paid to soil-structure interactions for earthworks and pavements, as well as to **thermal regulation issues in buildings**. Specific aspects of civil engineering project management and construction economics will also be presented and applied to real case studies.*

Acquis d'apprentissage visés

Compétence(s)

A l'issue de cette UE, les étudiants élargiront leurs compétences en conception géotechnique et seront capables de définir une campagne de reconnaissance de sols puis d'interpréter les résultats de caractérisation pour le dimensionnement des fondations des ouvrages, la réalisation de terrassements et la construction de chaussées. Sur un plan organisationnel, ils seront en mesure d'établir des phasages de ces travaux d'envergure, d'identifier les ressources (matériaux, matériel, personnels) nécessaires et d'établir un planning. Ils acquerront également des connaissances en économie de la construction et réaliseront le chiffrage de projets. **Les étudiants connaîtront enfin les technologies permettant d'assurer le confort thermique, acoustique et l'économie d'énergie d'un bâtiment dans un cadre soutenable. Ils seront capables de réaliser l'optimisation d'un projet réel vis-à-vis de la réglementation thermique RE2020 à l'aide de simulations numériques pour l'écoconception et l'analyse du cycle de vie.**

*At this end of this teaching unit, students will have broadened their skills in geotechnical design and will be able to define a soil investigation campaign and then interpret the characterisation results for the design of foundations for structures, earthworks and the construction of pavements. From an organisational point of view, they will be able to establish the phasing of these large-scale works, identify the resources (materials, equipment, personnel) required and draw up a schedule. They will also acquire knowledge of construction economics and be able to cost projects. **Lastly, students will be familiar with the technologies used to ensure the thermal and acoustic comfort and energy savings of a building within a sustainable framework. They will be able to optimise a real project with regard to the RE2020 thermal regulations using digital simulations for eco-design and life cycle analysis.***

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Code EC	IGENI-EC0971TP
Code UE	IGENI-UE0907TP
Coefficient interne à l'EC	2

Coordinateur ENIT de l'EC	Mme Hélène Weleman
---------------------------	--------------------

Présentation de l'EC

Nom de l'EC	Géotechnique / Geotechnics
Nom(s) du/des enseignant(s)	Mme Carmen Martin, Mr Laurent Ballut, Mr Stéphane Ciesielski

Volume Horaire/Format	Format	Heures
	CM	
TD		14 H
TP		H
Projet encadré		H
Projet en autonomie		H
	Total	28 heures

Acquis d'apprentissage visés

Compétence(s)	<p>A l'issue de l'EC, les étudiants seront capables dans leur futur métier de dimensionner des fondations superficielles et profondes en tenant compte de la nature des sols et des exigences structurales des projets de BTP. Ils sauront également calculer les tassements du sol sous des charges données et estimer le temps nécessaire à leur consolidation. Les étudiants auront par ailleurs des notions quant à la stabilité des talus, les possibles défaillances et les techniques de conception et de réalisation de ces ouvrages. Ils seront enfin en mesure d'identifier les missions de l'ingénieur géotechnicien et le cadre de ses interventions. Ils seront capables de définir un programme de reconnaissance de sols et d'investigations géotechniques en vue de la réalisation d'un projet de construction.</p>
	<p><i>At the end of the course, students will be able to design surface and deep foundations, taking into account the nature of the soil and the structural requirements of public works projects. They will also be able to calculate soil settlements under given loads and estimate the time required for consolidation. Students will also learn about slope stability, possible failures and techniques for designing and building these structures. Finally, they will be able to identify the tasks of geotechnical engineers and the scope of their work. They will be able to define a program of soil drilling and geotechnical investigations with a view to carrying out a construction project.</i></p>

Modalités d'évaluation

Formule d'évaluation	$(0,5*CC1+0,5*PJ1)/1$
----------------------	-----------------------

Langue d'enseignement

Langue	Français/French
--------	-----------------

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Objectifs de la formation visés

Objectifs généraux

- Comprendre les principes de dimensionnement des fondations superficielles et profondes en fonction des caractéristiques des sols et des contraintes des structures de BTP,
 - Maîtriser les méthodes de calcul des tassements des sols sous charge et les techniques d'estimation de la durée de consolidation,
 - Avoir des connaissances sur la conception et le dimensionnement de talus ainsi que sur les techniques de renforcement,
 - Connaître les différentes natures de missions géotechniques et le cadre des interventions de l'ingénieur géotechnicien selon les phases d'un projet de construction,
 - Définir un programme de reconnaissance et caractérisation géotechnique sur un cas réel d'étude.
-
- *Understand the principles of dimensioning shallow and deep foundations according to the characteristics of soils and the constraints of public works structures,*
 - *Apply the methods for calculating soil settlements under load and the techniques for estimating consolidation time,*
 - *Understand the principles of embankment design, as well as reinforcement techniques,*
 - *Be familiar with the different types of geotechnical assignments and the framework for the geotechnical engineer's involvement in the various phases of a construction project,*
 - *Define a geotechnical reconnaissance and characterization program based on a real case study.*

Contenus

- Chapitre 1 : 2h (CM) + 2h (TD)
Fondations superficielles
- Fonctions et dispositions constructives
 - Portance d'un sol
 - Dimensionnement
 - TD de conception de fondations superficielles
- Chapitre 2 : 2h (CM) + 3h (TD)
Fondations profondes
- Fonctions et dispositions constructives
 - Portance d'un sol
 - Dimensionnement
 - TD de conception de fondations profondes
- Chapitre 3 : 2h (CM) + 3h (TD)
Tassements – Consolidation
- Objectifs
 - Calculs de Tassements
 - Calculs de Consolidation
 - TD de calcul de tassements
- Chapitre 4 : 4h (CM)
Stabilité des pentes
- types d'instabilités : désordres : éboulements rocheux de terrain, glissements de terrain,
 - causes des glissements : nature des terrains, action de l'eau, autres actions externes,
 - conception et dimensionnement, processus d'une étude de glissement de terrain, calculs de stabilité,
 - techniques de renforcement : actions rhéologiques, actions mécaniques
 - présentation d'un cas d'étude : le barrage de la Gimone.
- Chapitre 5 : 4h (CM) + 8h (TD)
Missions de l'ingénieur géotechnicien
- phases d'un projet, champs d'applications, cadre des interventions selon la norme NFP94-500, responsabilités
 - les ouvrages géotechniques élémentaires,
 - Définition d'un programme d'investigations : choix des analyses, implantations d'essais et nature des essais à effectuer selon le contexte,
 - TD d'application sur la définition d'un programme d'investigation d'un projet réel.

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Chapter 1: 2h (L) + 2h (PT)

Surface foundations

- Constructive functions and provisions
- Soil bearing capacity
- Design
- Practical tutorial on surface foundations design

Chapter 2: 2h (L) + 3h (PT)

Deep foundations

- Functions and constructive provisions
- Soil bearing capacity
- Design
- Practical tutorial on deep foundations design

Chapter 3: 2h (L) + 3h (PT)

Settlement - Consolidation

- Objectives
- Settlement calculations
- Consolidation calculations
- Practical tutorial on settlement calculation

Chapter 4: 4h (L)

Slope stability

- types of instability: disorders: rockfalls, landslides,
- causes of landslides: nature of the terrain, action of water, other external actions,
- design, process of a landslide study, stability calculations,
- reinforcement techniques: rheological actions, mechanical actions
- presentation of a case study : the Gimone dam.

Chapter 5: 4h (L) + 8h (PT)

Tasks of the geotechnical engineer

- phases of a project, fields of application, scope of work in accordance with standard NFP94-500, responsibilities
- basic geotechnical works,
- Definition of an investigation program: choice of analyses, test locations and nature of tests to be carried out according to the context,
- Practical tutorial on the definition of an investigation program for a real case study.

Méthodes et/ou moyens pédagogiques

- **Cours en présentiel** : Les séances de Cours Magistral (CM) sont dispensées en classe pour favoriser les interactions directes entre l'enseignant et les étudiants.
 - **Supports pédagogiques** : Un support papier est distribué pour accompagner les cours, regroupant les concepts théoriques et les exemples pratiques abordés.
 - **Exercices pratiques** : Des travaux dirigés (TD) sont réalisés en classe pour appliquer les notions vues, et ces exercices, ainsi que des ressources complémentaires, sont également disponibles sur la plateforme Moodle.
 - **Évaluation continue** : Un suivi régulier des acquis est assuré tout au long des séances à travers des évaluations progressives intégrées aux activités pédagogiques.
 - **Etude de projets réels** : Les études de cas sont issues de projets réels apportés par les intervenants industriels.
-
- **Face-to-face tuition**: Lectures (L) are given in class to encourage direct interaction between teacher and students.
 - **Teaching aids**: A paper support is distributed to accompany the lessons, bringing together the theoretical concepts and practical examples covered.

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

- **Practical exercises:** Practical tutorial (PT) are carried out in class to apply the concepts covered, and these exercises, along with additional resources, are also available on the Moodle platform.
- **Ongoing assessment:** Learning is regularly monitored throughout the course by means of progressive assessments integrated into the teaching activities.
- **Study of real projects:** Case studies are based on real-life projects submitted by industrial experts.

Prérequis pour l'EC

Prérequis

- Ingénierie du BTP (IGENI-EC0533)
 - Béton armé (IGENI-EC0774TP)
 - Mécanique des sols (IGENI-EC0771TP)
-
- Introduction to civil engineering (IGENI-EC0533)
 - Reinforced concrete (IGENI-EC0774TP)
 - Soil mechanics (IGENI-EC0771TP)

Travail personnel hors présentiel

Volume horaire

7 heures / 7 hours

Type de travail

Révision des exercices faits en cours, préparation des Contrôles Continus, reprise et finalisation de l'étude de cas

Revision of exercises and preparation Continuous Auditing, reviewing and completing case study

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Ressources bibliographiques

Éléments de mécanique des sols, F. Schlosser, Ed. Presses des Ponts et Chaussées, 2003.
Fondations et ouvrages en terre, G. Philipponnat, B. Hubert, Ed. Eyrolles, 2005.
Mécanique des sols, D. Cordary, Ed. Lavoisier-Tech & Doc, 1994.
Norme NFP94-500 "Missions d'ingénierie géotechnique - Classifications et spécifications".
Recommandations sur la consistance des investigations géotechniques pour la construction de bâtiments, document édité par l'USG.

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Code EC	IGENI-EC0972TP
Code UE	IGENI-UE0907TP
Coefficient interne à l'EC	0,8

Coordinateur ENIT de l'EC	Fabien DUCO
---------------------------	-------------

Présentation de l'EC

Nom de l'EC	Terrassements
Nom(s) du/des enseignant(s)	Fabien DUCO

Volume Horaire/Format	Format	Heures
	CM	6 H
	TD	6 H
	TP	H
	Projet encadré	H
	Projet en autonomie	H
	Total	12 heures

Acquis d'apprentissage visés

Compétence(s)	<p>À l'issue de l'enseignement, les étudiants seront capables d'identifier les typologies de chantiers de terrassements (petite masse, grande masse). Ils seront également en mesure de choisir les moyens matériels (engins de chantier), humains et financiers conformément à la législation en vigueur (urbanisme, transport routier, etc.). De manière globale, ils seront capables d'étudier tout type de terrassement, en respectant les contraintes administratives, environnementales (évolutions climatiques, ACV) et techniques de tout projet.</p> <p><i>At the end of the course, students will be able to identify the types of earthworks site (small mass, large mass). They will also be able to choose the material (site machinery), human and financial resources in accordance with current legislation (town planning, road transport, etc.). Overall, they will be able to study all types of earthworks, while complying with the administrative, environmental (climate change, LCA) and technical constraints of any project.</i></p>
---------------	--

Modalités d'évaluation

Formule d'évaluation	(1*CC1)/1
----------------------	-----------

Langue d'enseignement

Langue	Français/French
--------	-----------------

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Objectifs de la formation visés

Objectifs généraux

- Connaître les principaux types de terrassements, **en ayant des notions de l'impact environnemental associé** ;
Connaître et choisir les engins de terrassement conformément aux contraintes techniques et économiques d'un chantier
- Classer des matériaux et granulats selon les guides réglementaires
- Calculer les mouvements de terre d'un chantier en réalisant les cubatures et les profils en long associés
Préparer un chantier de terrassements et déclarer tout type de travaux à proximité d'un réseau (D.I.C.T., A.I.P.R.)
- *Know the main types of earthworks, with an understanding of the associated environmental impact*
- *Know and choose earthmoving machinery in accordance with the technical and economic constraints of a site*
- *Classify materials and aggregates in accordance with regulatory guides*
- *Prepare an earthworks site and declare any type of work near a network (D.I.C.T., A.I.P.R.);*

Contenus

Chapitre 1 : 2h (CM)
Introduction aux terrassements
1.1. Notions de base (plateforme, site pollué, terrain naturel)
1.2. Types de terrassements
1.3. Terrassements en petite masse (fouilles, remblais contigus aux ouvrages)
1.4. Terrassements en grande masse (route, autoroute, plateformes industrielles, stades, hôpitaux, centres logistiques, plateformes ferroviaires)

Chapitre 2 : 2h (CM)
Les engins et la législation
2.1. Engins courants (pelle hydraulique, dumper, tombereau articulé, bulldozer, niveleuse, scaper, compacteur)
2.2. Législation du transport routier (2 à plusieurs essieux)

Chapitre 3 : 2h (CM) + 2h (TD)
Terrassement, de l'étude à la réception des travaux
3.1. Etudes techniques (classification des matériaux, saison/météo, contraintes environnementales et économiques, référentiel réglementaire, DICT)
3.2. Planification et phasage (mouvement des terres, cubatures, profils en long)
3.3. Exécution des travaux (engins, type de déplacements, traitement des sols, réglage et compactage)
3.4. Réception des travaux
3.5. Bilan financier d'un chantier
Exercices et vidéos d'application

Visite d'un chantier de terrassement (4h TD) en cours d'exécution en Occitanie.

Chapter 1: 2h (CM)
Introduction to earthworks
1.1 Basic concepts (platform, polluted site, natural ground)
1.2 Types of earthworks
1.3. Small-scale earthworks (excavations, backfill adjacent to structures)
1.4. Large-scale earthworks (roads, motorways, industrial platforms, stadiums, hospitals, logistics centres, railway platforms)

Chapter 2: 2h (CM)
Machinery and legislation
2.1. Common machinery (hydraulic shovel, dumper, articulated dumper, bulldozer, grader, scaper, compactor)
2.2. Road transport legislation (2 to several axles)

Chapter 3: 2h (CM) + 2h (TD)
Earthworks, from design to acceptance of work
3.1 Technical studies (classification of materials, season/weather, environmental and economic constraints, regulatory references, DICT)
3.2. Planning and phasing (movement of earth, cubic metres, longitudinal profiles)
3.3 Carrying out the work (machinery, type of movements, soil treatment, adjustment and compaction)

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

	<p>3.4. Acceptance of work 3.5. Financial assessment of a site Exercises and application videos</p> <p>Visit to an earthworks site (4h TD) in progress in Occitanie.</p>
<p>Méthodes et/ou moyens pédagogiques</p>	<p>L'enseignement est dispensé sous la forme de présentations en Cours Magistral (CM) suivies d'exercices d'applications lors de Travaux Dirigés (TD) et d'une visite de chantier à la fin de l'enseignement.</p> <p>Teaching takes the form of lectures followed by practical exercises during tutorials and a site visit at the end of the course.</p>

Prérequis pour l'EC

<p>Prérequis</p>	<p>Mécanique des sols (IGENI-EC0771TP) Méthodes de construction DAO (IGENI-EC0772TP)</p> <p>Soil mechanics (IGENI-EC0771TP) CAD construction methods (IGENI-EC0772TP)</p>
------------------	---

Travail personnel hors présentiel

<p>Volume horaire</p>	<p>2 heures</p>
<p>Type de travail</p>	<p>Apprentissage du cours, révision des exercices</p> <p>Learning the course and revising exercises</p>

Ressources bibliographiques

Guide des terrassements des remblais et des couches de forme : les principes généraux et les annexes techniques – Edition Cerema 2024 IDRRIM

Guide technique, Conception et dimensionnement des structures de chaussées – Edition Cerema 1994

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Code EC	IGENI-EC0973TP
Code UE	IGENI-UE0907TP
Coefficient interne à l'EC	1,3

Coordinateur ENIT de l'EC	DUCO Fabien
---------------------------	-------------

Présentation de l'EC

Nom de l'EC	Infrastructures des transports
Nom(s) du/des enseignant(s)	GROS Laurent

Volume Horaire/Format	Format	Heures
	CM	10 H
	TD	8 H
	TP	H
	Projet encadré	H
	Projet en autonomie	H
	Total	18 heures

Acquis d'apprentissage visés

Compétence(s)	<p>À l'issue de cet enseignement, les étudiants seront capables, en respectant les normes en vigueur, de répondre à un appel d'offre de travaux en infrastructures routières, qu'il soit public ou privé. Ils seront également en mesure de superviser la réalisation d'un chantier de travaux routiers, en tant qu'aide conducteur de travaux.</p> <p>Ils seront également capables de proposer des variantes environnementales que ce soit au niveau des revêtements de sol ou de la gestion intégrée des eaux pluviales (GIEP).</p>
	<p><i>On completion of this course, students will be able to respond to a call for tenders for road infrastructure work, whether public or private, in compliance with current standards. They will also be able to supervise the execution of a roadworks site, as an assistant works supervisor.</i></p> <p><i>They will also be able to propose environmental alternatives, whether in terms of paving or integrated rainwater management.</i></p>

Modalités d'évaluation

Formule d'évaluation	(1*PJ1)/1
----------------------	-----------

Langue d'enseignement

Langue	Français/French
--------	-----------------

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Objectifs de la formation visés

Objectifs généraux

- Analyser un dossier d'appel d'offre de travaux en infrastructures routières aussi bien sur le plan administratif que sur le plan technique
- Comprendre, planifier et superviser la préparation et la réalisation d'un chantier
- **Intégrer à la préparation de chantier les notions de sécurité, de respect de l'environnement et de développement durable**
- Connaître la classification des matériaux routiers
- Savoir analyser une structure de chaussée
- Participer au dimensionnement des différentes couches de chaussée : Arase Terrassement, Couche de Forme, Couche de Fondation, Couche de Base, Couche de Roulement
- Apprendre à travailler en équipe

- *Analyse a call for tenders for road infrastructure works from both an administrative and a technical point of view*
- *Understand, plan and supervise the preparation and execution of a worksite*
- ***Incorporate the concepts of safety, respect for the environment and sustainable development into site preparation***
- *Know the classification of road materials*
- *Know how to analyse a pavement structure*
- *Participate in the design of the various pavement layers: Earthwork base, Form course, Foundation course, Base course, Bearing course, etc.*
- *Learn to work in a team*

Contenus

COURS

Chapitre 1 : PRESENTATION GENERALE SUR LES TRAVAUX PUBLICS : 1 heure

Chapitre 2 : ASSAINISSEMENT EN MILIEU URBAIN : 1 heure

Chapitre 3 : TERRASSEMENT ET TRAITEMENT DE SOL : 2 heures

Chapitre 4 : COUCHES DE FORMES : 2 heures

Chapitre 5 : FABRICATION ET MISE EN ŒUVRE DES ENROBES : 2 heures

Chapitre 6 : REVETEMENTS ARCHITECTONIQUES ET REVETEMENTS STABILISES : 1 heure

Chapitre 7 : BETONS URBAINS ET PAVAGES : 1 heure

TRAVAUX DIRIGES

REALISATION D'UNE REPONSE A UN APPEL D'OFFRE D'UN PROJET EN INFRASTRUCTURE ROUTIERE : 8 Heures
PROJET réalisé en groupe de 4 à 6 personnes

COURSE

Chapter 1: GENERAL PRESENTATION OF PUBLIC WORKS: 1 hour

Chapter 2: SANITATION IN URBAN AREAS: 1 hour

Chapter 3: GROUND WORKING AND SOIL TREATMENT: 2 hours

Chapter 4: FORM COATINGS: 2 hours

Chapter 5: CONCRETE MATERIAL MANUFACTURE AND LAYOUT: 2 hours

Chapter 6: ARCHITECTONIC AND STABILIZED PAVEMENTS: 1 hour

Chapter 7: URBAN CONCRETE AND PAVEMENTS: 1 hour

TUTORIAL WORK

MAKING A RESPONSE TO A TENDER FOR A ROAD INFRASTRUCTURE PROJECT: 8 hours
PROJECT carried out in groups of 4 to 6 people

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Méthodes et/ou moyens pédagogiques

Apports théoriques dispensés en cours magistraux, illustrés d'exemples et de cas concrets rencontrés en entreprise

Activité pédagogique avec production d'un cas concret : Réponse à un appel d'offre d'un chantier récent pendant les 8H de TD

Theoretical input provided in lectures, illustrated by examples and practical cases encountered in companies

Teaching activity with production of a real case study: responding to a call for tenders on a recent building site during the 8 hours of tutorials.

Prérequis pour l'EC

Prérequis

IGENI-EC0771TP Mécanique des sols
IGENI-EC0971TP Géotechnique
IGENI-EC0972TP Terrassement

Travail personnel hors présentiel

Volume horaire

8 Heures

Type de travail

Finalisation du projet de réponse à un appel d'offre débuté pendant les 8h de TD. Cette réponse est réalisée en groupes de 4 à 6 personnes

Finalisation of the project to respond to a call for tenders started during the 8 hours of tutorial classes. This response is carried out in groups of 4 to 6 people.

Ressources bibliographiques

GUIDES TECHNIQUES :

GTR 2000 (Guide technique de réalisation des remblais et des couches de forme)

GTS 2000 (Guide technique d'amélioration des sols par traitement)

NORMES :

NF P 11-300 : Classification d'un matériau pour couche de forme

NF EN 13285 : Spécification des Graves Non Traitées (GNT)

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Code EC	IGENI-EC0974TP
Code UE	IGENI-UE0907TP
Coefficient interne à l'EC	2,1

Coordinateur ENIT de l'EC	Fabien DUCO
---------------------------	-------------

Présentation de l'EC

Nom de l'EC	Habitat et énergie
Nom(s) du/des enseignant(s)	Fabien DUCO (18h cours, 4h TD), Jean-Pierre FAYE (2h cours, 6h TD)

Volume Horaire/Format	Format	Heures
	CM	20 H
	TD	10 H
	TP	H
	Projet encadré	H
	Projet en autonomie	H
	Total	30 heures

Acquis d'apprentissage visés

Compétence(s)	<p>À l'issue de cet enseignement, les étudiants seront capables, en respectant les normes en vigueur, de concevoir un projet de construction neuve ou de rénovation énergétique sobres en énergie et en matériaux. Plus précisément, ils seront en mesure de prescrire le recours à des matériaux à faible impact environnemental, de proposer des stratégies d'optimisation du confort des usagers en minimisant les besoins énergétiques, de préconiser des systèmes énergétiques performants adaptés pour garantir le confort des usagers et de réaliser l'évaluation environnementale d'un projet.</p> <p>At the end of this course, students will be able, while complying with current standards, to design a new construction or energy renovation project that is efficient in terms of energy and materials. More specifically, they will be able to recommend the use of low environmental impact materials, propose strategies to optimize user comfort while minimizing energy needs, suggest efficient energy systems adapted to ensure user comfort, and carry out the environmental assessment of a project.</p>
---------------	---

Modalités d'évaluation

Formule d'évaluation	$(1*PJ1+1*PJ2)/2$
----------------------	-------------------

Langue d'enseignement

Langue	Français/French
--------	-----------------

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Objectifs de la formation visés

Objectifs généraux

- Avoir conscience des **impacts environnementaux** (**consommation énergétique, épuisement des ressources, émission de gaz à effet de serre, production de déchets, etc.**) du secteur du bâtiment ;
- Réaliser une **Analyse du Cycle de Vie** pour comparer des solutions constructives sur le plan environnemental ;
- Optimiser la **conception des bâtiments pour limiter les besoins énergétiques**, en appliquant les **principes de l'architecture bioclimatique** et en sélectionnant des **matériaux de construction sobres, performants et durables** ;
- Appliquer la **Règlementation Environnementale RE2020**, en connaissant les indicateurs et leur méthode de calcul ;
- Concevoir et mettre en œuvre une **stratégie de rénovation énergétique** ;
- Utiliser un **logiciel d'éco-conception** pour analyser et optimiser les **performances énergétiques d'un projet de construction ou de rénovation** ;

- *Be aware of the **environmental impacts** (**energy consumption, resource depletion, greenhouse gas emissions, waste production, etc.**) of the building sector.*
- *Conduct a **Life Cycle Assessment** to compare construction solutions from an environmental perspective.*
- *Optimize **building design to reduce energy needs** by applying **bioclimatic architecture** principles and selecting **efficient, sustainable, and low-impact construction materials**.*
- *Apply the **RE2020 Environmental Regulation**, understanding its indicators and calculation methods.*
- *Design and implement an **energy renovation strategy**.*
- *Use **eco-design software** to analyze and optimize **the energy performance of a construction or renovation project**.*

Contenus

Introduction

- Impacts environnementaux des bâtiments
- Engagements pour la réduction des impacts
- Stratégies d'application du secteur

Chapitre 1. Résilience des bâtiments

- 1.1. Impacts actuels et futurs du changement climatique sur les bâtiments
- 1.2. Vulnérabilité des bâtiments
- 1.3. Stratégie d'adaptation nécessaires
- 1.4. Évolutions réglementaires

Chapitre 2. Analyse du cycle de vie

- 2.1. Outils d'évaluation environnementale
- 2.2. Méthodologie de l'ACV
- 2.3. Bases de données pour le BTP
- 2.4. Résultats et interprétation d'une analyse
- 2.5. Étude de cas : réalisation d'une ACV comparative de solutions constructives répondant à une même fonction

Chapitre 3. Confort des usagers et qualité de l'air intérieur

- 3.1. Critères de confort hygrothermique
- 3.2. Critères de confort acoustique
- 3.3. Critères de confort lumineux
- 3.4. Qualité de l'air intérieur
- 3.5. Évaluation du confort et simulations

Chapitre 4. Conception bioclimatique

- 4.1. Principes de minimisation des besoins énergétiques
- 4.2. Influence de la forme et de l'implantation du bâtiment
- 4.3. Gestion des ouvertures et protections solaires
- 4.4. Intégration des principes bioclimatiques dans la conception technique

Chapitre 5. Matériaux de construction sobres et performants

- 5.1. Intérêts et performances des matériaux biosourcés
- 5.2. Intérêts et performances des matériaux géosourcés

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

- 5.3. Économie circulaire : réparation, réemploi et recyclage
- 5.4. Durabilité des matériaux
- 5.5. Freins encore présents

Chapitre 6. Systèmes énergétiques des bâtiments

- 6.1. Typologie des besoins énergétiques dans un bâtiment
- 6.2. Production de chaleur et de froid
- 6.3. Distribution et régulation des systèmes énergétiques
- 6.4. Eau chaude sanitaire et gestion de l'eau
- 6.5. Ventilation
- 6.6. Énergies renouvelables et autoconsommation

Chapitre 7. Réglementation Environnementale 2020 (RE2020)

- 7.1. Évolutions réglementaires
- 7.2. Objectifs majeurs de la RE2020
- 7.3. Indicateurs et méthodologie

Chapitre 8. Rénovation énergétique des bâtiments

- 8.1. Analyse des besoins et objectifs de la rénovation
- 8.2. Typologie des bâtiments existants et niveaux de performances
- 8.3. Diagnostic de Performance Énergétique : méthodes et outils
- 8.4. Optimisation de l'enveloppe du bâtiment
- 8.5. Modernisation des systèmes énergétiques
- 8.6. Réglementations, certifications et aides financières

Chapitre 9. Prise en main d'un logiciel d'éco-conception : Pléiades

- 9.1. Architecture logicielle et modules de calcul
- 9.2. Initiation à la saisie
- 9.3. Simulation thermique dynamique
- 9.4. Dimensionnement des équipements
- 9.5. Réalisation d'une Analyse du Cycle de Vie

Projet : Analyse d'un bâtiment existant ou conception d'un projet de construction neuve conforme aux exigences de la RE2020

Introduction

- *Environmental impacts of buildings*
- *Commitments to reducing impacts*
- *Sector application strategies*

Chapter 1: Building Resilience

- 1.1. *Current and future impacts of climate change on buildings*
- 1.2. *Building vulnerability*
- 1.3. *Necessary adaptation strategies*
- 1.4. *Regulatory developments*

Chapter 2: Life Cycle Assessment (LCA)

- 2.1. *Environmental assessment tools*
- 2.2. *LCA methodology*
- 2.3. *Databases for the construction sector*
- 2.4. *Results and interpretation of an analysis*
- 2.5. *Case study: Conducting a comparative LCA of construction solutions fulfilling the same function*

Chapter 3: User Comfort and Indoor Air Quality

- 3.1. *Hygrothermal comfort criteria*
- 3.2. *Acoustic comfort criteria*
- 3.3. *Lighting comfort criteria*

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

- 3.4. Indoor air quality
- 3.5. Comfort evaluation and simulations

Chapter 4: Bioclimatic Design

- 4.1. Principles of minimizing energy needs
- 4.2. Influence of building shape and orientation
- 4.3. Management of openings and solar protections
- 4.4. Integration of bioclimatic principles in technical design

Chapter 5: Sustainable and High-Performance Construction Materials

- 5.1. Benefits and performance of bio-based materials
- 5.2. Benefits and performance of geo-based materials
- 5.3. Circular economy: repair, reuse, and recycling
- 5.4. Material durability
- 5.5. Existing barriers

Chapter 6: Building Energy Systems

- 6.1. Types of energy needs in a building
- 6.2. Heating and cooling production
- 6.3. Distribution and regulation of energy systems
- 6.4. Domestic hot water and water management
- 6.5. Ventilation
- 6.6. Renewable energy and self-consumption

Chapter 7: 2020 Environmental Regulation (RE2020)

- 7.1. Regulatory developments
- 7.2. Major objectives of RE2020
- 7.3. Indicators and methodology

Chapter 8: Energy Renovation of Buildings

- 8.1. Needs analysis and renovation objectives
- 8.2. Typology of existing buildings and performance levels
- 8.3. Energy Performance Diagnosis: methods and tools
- 8.4. Optimization of the building envelope
- 8.5. Modernization of energy systems
- 8.6. Regulations, certifications, and financial incentives

Chapter 9: Introduction to an Eco-Design Software - Pléiades

- 9.1. Software architecture and calculation modules
- 9.2. Data input basic
- 9.3. Dynamic thermal simulation
- 9.4. Equipment sizing
- 9.5. Conducting a Life Cycle Assessment

Project: Analysis of an existing building or design of a new construction project compliant with RE2020 requirements.

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Méthodes et/ou moyens pédagogiques

Apports théoriques en cours magistraux enrichis d'exemples concrets
Apprentissage par projet

*Theoretical input in lectures, enriched with practical examples
Project-based learning.*

Prérequis pour l'EC

Prérequis

RAS

Travail personnel hors présentiel

Volume horaire

10 Heures

Type de travail

Révision, finalisation du projet et rédaction de livrables

Ressources bibliographiques

Alain Liébard et André De Herde (1996-2003). « *Guide de l'architecture bioclimatique* ». Observ'ER

ADEME (2022). « *État des lieux et étude prospective sur les impacts du changement climatique pour le bâtiment aux horizons 2050 et 2100* ».

Nicolas Cabassud et al. (2024) « *Guide RE2020 – Éco-construire pour le confort de tous* ».

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Code EC	IGENI-EC0975TP
Code UE	IGENI-UE0907TP
Coefficient interne à l'EC	0,8

Coordinateur ENIT de l'EC	H. Weleman
---------------------------	------------

Présentation de l'EC

Nom de l'EC	OPC et économie de la construction
Nom(s) du/des enseignant(s)	A. Biasi, M. Yedra

Volume Horaire/Format	Format	Heures
	CM	6 H
	TD	6 H
	TP	H
	Projet encadré	H
	Projet en autonomie	H
	Total	12 heures

Acquis d'apprentissage visés

Compétence(s)	<p>A l'issue de cet EC, les étudiants seront capables d'identifier les missions de l'économiste de la construction. Ils acquerront des connaissances sur la constitution d'un prix et sauront réaliser les métrés d'un projet et un chiffrage. Ils acquerront également des connaissances sur les missions d'ordonnancement, planification et coordination pour la gestion d'un projet et seront en mesure de réaliser un planning.</p> <p><i>At the end of this CE, students will be able to identify the tasks of the construction economist. They will acquire knowledge of how to compile a price and will be able to carry out project quantity surveys and costing. They will also acquire knowledge of scheduling, planning and coordination tasks for project management, and be able to draw up a schedule.</i></p>
---------------	--

Modalités d'évaluation

Formule d'évaluation	(1*PJ1)/1
----------------------	-----------

Langue d'enseignement

Langue	Français/French
--------	-----------------

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Objectifs de la formation visés

<p>Objectifs généraux</p>	<p>Connaître les phases détaillées d'une opération de construction et le rôle des acteurs associés, Connaître les missions de l'économiste de la construction, Réaliser un métré sur un projet, Réaliser le chiffrage d'un projet, Connaître les missions OPC, Réaliser le planning d'un projet.</p> <p><i>Understand the detailed phases of a construction project and the roles of the various players involved, Understand the role of the construction economist, Carry out a quantity survey on a project, Cost a project, Know the OPC missions, Draw up a project schedule.</i></p>
<p>Contenus</p>	<p>Chapitre 1 : 3h (CM) + 3h (TD) Economie de la construction</p> <ul style="list-style-type: none"> - Les opérations de construction dans le bâtiment : phases et intervenants, missions de l'économiste de la construction, - métrés : acquis nécessaires, méthodes, recommandations, - étude de prix : composition d'un prix, déboursé sec, prix de revient, prix de vente, - TD d'application sur l'étude de prix d'un projet. <p>Chapitre 2 : 3h (CM) + 3h (TD) La mission OPC</p> <ul style="list-style-type: none"> - Cadre : loi MOP, missions d'une maîtrise d'œuvre, le métier d'ingénieur en MOE, - Planning : objectifs, recommandations, documents nécessaires, modes de représentation, - TD d'application sur l'établissement d'un planning. <p>Chapter 1: 3h (CM) + 3h (TD) Construction economics</p> <ul style="list-style-type: none"> - Construction operations in the building industry: phases and participants, tasks of the construction economist, - quantity surveys: necessary knowledge, methods, recommendations, - price study: composition of a price, dry disbursement, cost price, selling price, - Application TD on a project price study. <p>Chapter 2: 3h (CM) + 3h (TD) The OPC mission</p> <ul style="list-style-type: none"> - Framework: MOP law, project management missions, the engineering profession in project management, - Planning: objectives, recommendations, documents required, representation methods, - Tutorial on drawing up a schedule.
<p>Méthodes et/ou moyens pédagogiques</p>	<p>L'enseignement est dispensé sous la forme de présentations en Cours Magistral (CM) suivies d'exercices d'applications lors de Travaux Dirigés (TD). Les études de cas sont issues de projets réels apportés par l'intervenant industriel.</p> <p><i>Teaching takes the form of lectures, followed by application exercises during tutorials. Case studies are based on real-life projects provided by the industrial lecturer.</i></p>

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Prérequis pour l'EC

Prérequis	Méthodes de construction - DAO (IGENI-EC0772TP) Construction métallique (IGENI-EC0773TP) Béton armé (IGENI-EC0774P) Construction methods - CAD (IGENI-EC0772TP) Steel construction (IGENI-EC0773TP) Reinforced concrete (IGENI-EC0774P)
------------------	--

Travail personnel hors présentiel

Volume horaire	3 heures
Type de travail	Apprentissage du cours, révision des exercices <i>Learning the course, reviewing exercises</i>

Syllabus (Français) Titre d'Ingénieur

Ressources bibliographiques

Manuel de l'étude de prix - Entreprises du BTP - Contexte, cours, exercices corrigés, études de cas, Yves Widloecher, David Cusant, Eyrolles, 2023.

<https://methodesbtp.com/>

Coordonner une opération de travaux : missions de l'OPC, documents et contrats types, Jacques Armand, Pierre Haxaire, Le Moniteur, 1999.